



ПОЛИТЕХ
Инженерно-строительный институт



ПОЛИТЕХ
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого



ПОЛИТЕХ-ПРЕСС

НЕДЕЛЯ НАУКИ ИСИ

Сборник материалов
Всероссийской конференции
26–30 апреля 2021 года

Часть 1



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

НЕДЕЛЯ НАУКИ ИСИ

Сборник материалов
Всероссийской конференции

26–30 апреля 2021 года

Часть 1



ПОЛИТЕХ-ПРЕСС

Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Санкт-Петербург

2021

УДК 69:624:625:626:627

ББК 38

Н42

Неделя науки ИСИ : сборник материалов Всероссийской конференции, 26–30 апреля 2021 г. В 3 ч. Ч. 1. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021. – 455 с.

В сборник включены статьи студентов, аспирантов, молодых ученых и сотрудников Инженерно-строительного института Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, университетов, научных организаций и предприятий Санкт-Петербурга, России, зарубежных стран по материалам докладов, принятых на секционные заседания конференции «Неделя науки ИСИ» Высшей школы гидротехнического и энергетического строительства Инженерно-строительного института. Статьи отражают современный уровень научно-исследовательской работы участников конференции в области строительства.

Представляет интерес для специалистов в различных областях знаний, учащихся и работников системы высшего образования и Российской академии наук.

Материалы сборника подготовлены и изданы при поддержке Научно-образовательного центра «Возобновляемые виды энергии и установки на их основе».

Редакционная коллегия
Инженерно-строительного института СПбПУ:

Г. Л. Козинец (и. о. директора института),
М. Ю. Андрианова, Н. Д. Беляев (отв. ред.), *В. В. Елистратов* (отв. ред.),
И. Г. Кудряшева, М. И. Куколев, В. В. Терлеев, О. Ю. Цветков

Печатается по решению
Совета по издательской деятельности Ученого совета
Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

ISBN 978-5-7422-7296-0 (ч. 1)
ISBN 978-5-7422-7290-8

© Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого, 2021

**ВЫСШАЯ ШКОЛА
ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

СЕКЦИЯ ГИДРАВЛИКА

УДК 621.644, 621.22

Д.Р. Мифтахова, Е.Ю. Ярославцева, Е.А. Локтионова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

**ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ТРУБОПРОВОДОВ,
БЫВШИХ В ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Как известно, в период эксплуатации различных инженерных систем пропускная способность трубопроводов значительно снижается вследствие коррозии и образования отложений на их внутренней поверхности. Имеется множество исследований, подтверждающих изменение пропускной способности трубопровода с течением времени и описывающих негативные последствия образования отложений на стенках трубопроводов [1, 2]. Однако, недостаточно изучен вопрос о возможности прогноза изменения гидравлических характеристик бывшего в эксплуатации трубопровода на основе универсальных, практически удобных критериев (коэффициента скорости, коэффициента гидравлического сопротивления, расхода).

Ранее авторами был предложен переход от теории сопротивлений к теории фильтрации и, таким образом, к рассмотрению потока жидкости по трубопроводу с засорением в виде фильтрационного потока сквозь пористую среду [3, 4]. Данный переход обоснован тем, что коэффициенты фильтрации, в отличие от коэффициентов сопротивления, имеют размерность скорости, а также порядок значений, соизмеримый со скоростью в чистой трубе.

Цель работы – экспериментальное исследование влияния степени засорения трубопровода на его пропускную способность.

Задачи работы – определение зависимости относительного расхода трубопровода от степени его засорения; сопоставление степени засорения трубопровода и продолжительности его эксплуатации.

Для определения пропускной способности трубопроводов при увеличении их срока службы известны единичные исследования [2,5], согласно которым относительная пропускная способность трубопроводов водоснабжения от длительности их эксплуатации, свойств транспортируемой воды и диаметра трубопровода выражается формулой:

$$Q/Q_0 = 1 - 0,01n_t t_t^m,$$

где Q/Q_0 – относительная пропускная способность трубопровода (отношение искомой пропускной способности к расчетной), t_t – продолжительность эксплуатации в годах, n_t и m – параметры, зависящие от физико-химических свойств транспортируемой воды [2, табл. 2-1].

На графике (рис. 1) левая плоскость графика – зависимость $Q/Q_0 = f(t/t_{\max})$ – иллюстрирует изменение пропускной способности трубопровода при увеличении продолжительности его эксплуатации для групп воды различного качества. Здесь t/t_{\max} – отношение продолжительности эксплуатации трубопровода к максимально возможной продолжительности в реальных условиях, принято $t_{\max} = 50$ лет.

Данная плоскость графика позволяет сделать следующие выводы:

1. При одинаковой продолжительности эксплуатации трубопровода и при транспортировании воды одного и того же качества относительная пропускная способность ниже для трубопроводов меньших диаметров.
2. С уменьшением диаметра трубопровода интенсивность снижения пропускной способности в ходе его эксплуатации возрастает.
3. Во всех приведенных случаях наиболее существенное изменение пропускной способности трубы имеет место в первые годы ее эксплуатации.

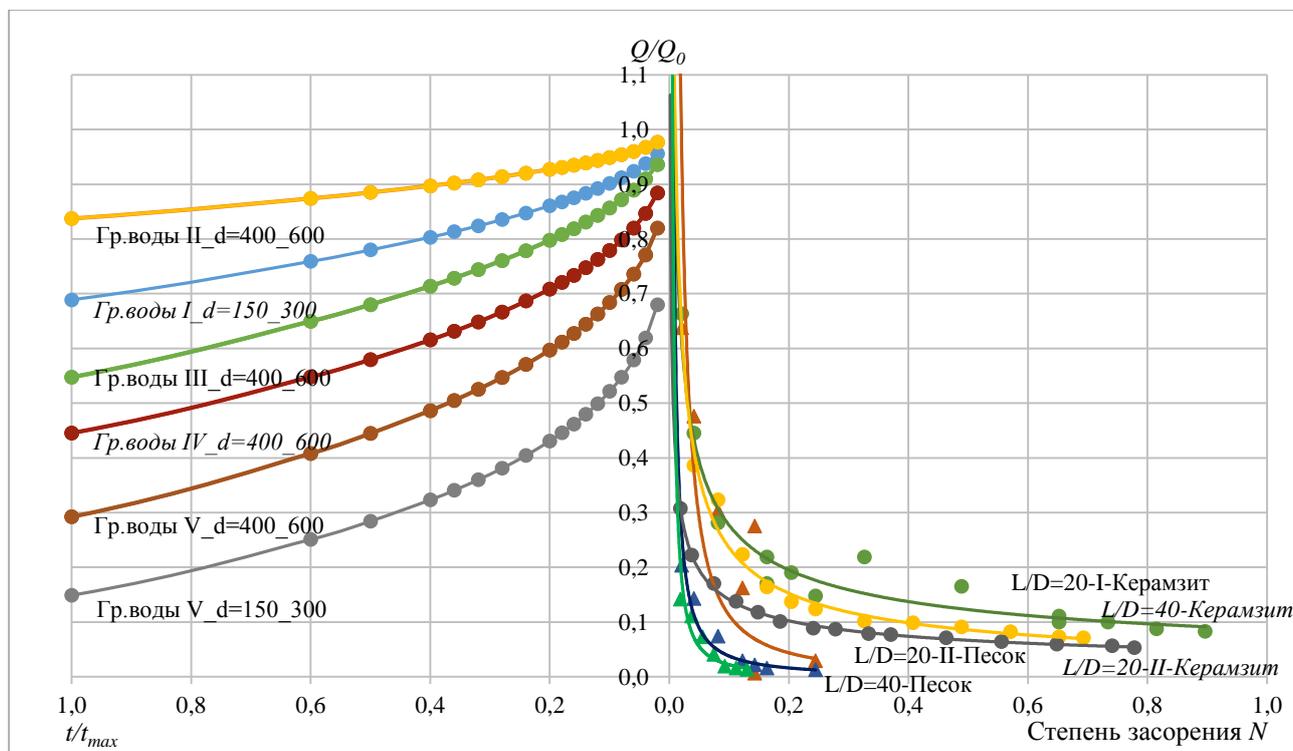


Рис. 1. График зависимости $Q/Q_0 = f(t/t_{max})$ (левая плоскость) и $Q/Q_0 = f(N)$ (правая плоскость)

Таким образом, левая плоскость графика показывает влияние диаметра трубопровода и качества транспортируемой воды на изменение пропускной способности трубопровода в процессе его эксплуатации.

Для исследования изменения пропускной способности трубопровода в ходе его эксплуатации были проведены серии опытов с имитацией засорения с помощью керамзита и песка для трубопроводов, отличающихся друг от друга отношением длины к L/D и начальным гидравлическим сопротивлением.

Основным параметром, определяющим изменение пропускной способности исследованных участков, являлась степень их засорения $n = V_{нап} / V_0$, где $V_{нап}$ – объем наполнителя, V_0 – объем исследуемого участка трубы без наполнителя.

Расход вычисляется по формуле $Q = V / t$, где V – мерный объем, t – время наполнения.

На рис. 1 правая плоскость графика – зависимость $Q/Q_0 = f(N)$ – позволяет оценить изменение пропускной способности трубопровода при его засорении керамзитом и песком для всех серий проведенных опытов с различными степенями засорения. Здесь Q_0 – расход в «чистой» трубе, Q – расход в трубе с наполнителем, N – степень засорения в долях от целого.

Зависимость $Q/Q_0 = f(N)$ показывает влияние типа засорения (качества воды) трубопровода на изменение пропускной способности при постоянном (малом) диаметре трубопровода.

Опытные точки для каждой серии экспериментов аппроксимированы осредненными степенными функциями. Очевидно качественное сходство данных кривых с кривыми $Q/Q_0 = f(t/t_{\max})$, описывающими изменение пропускной способности трубопровода при увеличении его срока эксплуатации. Отображение результатов экспериментов на левую плоскость графика позволяет распространить имеющиеся в литературных источниках данные на область малых диаметров.

Выводы:

1. Совмещенный график зависимости $Q/Q_0 = f(t/t_{\max})$ и $Q/Q_0 = f(N)$ дает наглядное представление об идентичности степени засорения трубопровода и относительной продолжительности его эксплуатации. Данный факт допускает возможность прогноза изменения пропускной способности трубопровода при увеличении его срока службы с помощью исследований влияния на пропускную способность искусственного засорения.

2. Представленная зависимость позволяет приближенно определять степень засорения трубопровода при известном падении расхода в нем в процессе эксплуатации, а также находить предельное засорение трубы, при котором поток жидкости в трубе практически отсутствует.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления. М.: Недра, 1982. 224 с.
2. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.
3. Локтионова Е.А., Мифтахова Д.Р. Фильтрация жидкости в засоренных напорных трубопроводах / Е.А. Локтионова, Д.Р. Мифтахова // Инженерно-строительный журнал. – 2017. – № 8(76). – С. 214–224.
4. Loktionova E., Miftakhova D., Yaroslavtseva E. Filtration characteristics of pressure pipelines previous being in operation. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 883. 012014. doi:10.1088/1757-899X/883/1/012014.
5. Теплов А.В. О закономерностях напорного движения жидкости в трубах // Теория подобия и ее применение в теплотехнике / Труды Моск. ин-та инж. ж.-д. транспорта. М., 1961. С. 72-78.

УДК 621.6

А.А. Шумихина, Е.Н. Прибыткова, Е.А. Локтионова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ В ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

На практике часто используются напорные трубопроводы сложной конфигурации с большим количеством элементов, наличие которых ведет к появлению местных сопротивлений. Примером таких трубопроводов может быть напорный трубопровод системы внутреннего водоснабжения, насосной станции, гидроэлектростанции и так далее, где из-за относительно большого диаметра и малой длины местные потери напора незначительно отличаются от потерь напора по длине.

Обычно величина местных потерь напора определяется по принципу суперпозиции путем суммирования коэффициентов местных сопротивлений, принимаемых по данным справочной литературы.

Однако при плотной компоновке местных гидравлических сопротивлений, их гидравлические характеристики перестают соответствовать справочным. Справочные данные

относятся к потокам жидкости со стабилизированным полем скорости, а в случае близкого расположения сопротивлений, поток между ними не успевает стабилизироваться [1, 5]. Взаимное влияние местных сопротивлений и характер изменения структуры потока в отдельных элементах в настоящее время достаточно хорошо изучены лишь для ограниченного набора местных сопротивлений [2-4, 6], для которых проведены обширные теоретические и экспериментальные исследования.

В настоящей работе экспериментально изучается взаимное влияние соосных жиклеров, плавного поворота и тройника, установленных в трубопроводе постоянного сечения. Проводится анализ полученных результатов и их качественное сравнение с имеющимися в литературе данными сходных испытаний.

Цель работы состоит в определении длины влияния местных сопротивлений и численных значений коэффициентов гидравлического сопротивления участка трубопровода при различном взаимном расположении устройств. Полученные опытным путем данные исследований предполагается аппроксимировать эмпирическими зависимостями.

Короткий участок трубопровода, на котором происходит резкое изменение скорости по величине и направлению, представляет собой местное гидравлическое сопротивление. В области местного сопротивления поток претерпевает значительную деформацию, и уравнение Бернулли становится неприменимым. Граница зоны влияния, после которой поток можно считать плавно изменяющимся, трудно определяется как при использовании аналитических методов, так и при проведении экспериментов. В литературе приводятся лишь оценочные (для первого приближения) критерии [2] или расчетные зависимости [5] для определения длины влияния местных сопротивлений.

Для трубопроводов, имеющих несколько местных сопротивлений, удаленных друг от друга на значительное расстояние, полную потерю напора можно вычислить как сумму потерь напора на единичных сопротивлениях, то есть по принципу суперпозиции. Например, для участка, содержащего n местных сопротивлений, суммарный коэффициент местных потерь напора ζ_f будет равен

$$\zeta_f = \sum_{j=1}^n \zeta_j,$$

и в соответствии с формулой Вейсбаха суммарная местная потеря напора h_f на участке составит

$$h_f = \sum_{j=1}^n h_j = \sum_{j=1}^n \left(\zeta_j \frac{v^2}{2g} \right),$$

здесь ζ_j – коэффициент сопротивления j -ого элемента, v – средняя по сечению трубопровода скорость, к которой отнесены потери напора на всех имеющихся местных сопротивлениях.

Каждое местное сопротивление изменяет поток, увеличивает пульсацию давления и, как следствие, скорости по сечению перераспределяются. Если расстояние между местными сопротивлениями меньше зоны влияния, то принцип наложения потерь дает ошибочные результаты.

В зависимости от расстояния между местными сопротивлениями, суммарный коэффициент местного сопротивления может быть либо больше, либо меньше коэффициента местного сопротивления [3, 4], получаемого по принципу суперпозиции.

Например, при малом расстоянии l между двумя диафрагмами порядка $l = 1,25 d$ (d – диаметр трубопровода) суммарный коэффициент местного сопротивления получается значительно меньше, чем коэффициент получаемый, как сумма двух отдельных коэффициентов местного сопротивления каждой диафрагмы. При увеличении расстояния между ними до $l = (5 \div 7) d$ суммарный коэффициент местного сопротивления резко увеличивается и достигает максимума, тем самым превышая на 3-7% коэффициент местного

сопротивления, получаемый как сумма двух отдельных коэффициентов. Затем с увеличением расстояния до $l = (10 \div 30)d$ между сопротивлениями, он плавно снижается до 0, и полученный коэффициент становится равный коэффициенту местного сопротивления, получаемого по принципу суперпозиции [1].

Для двух поворотов на 45° суммарный коэффициент местного сопротивления будет минимальным при $l = (1,5 \div 2,5)d$. Повышенные гидравлические потери наблюдаются при $l < 1,5d$, а стабилизация потока происходит при $l > 5d$ [2].

Таким образом, при малом расстоянии между местными сопротивлениями, величина коэффициента местного сопротивления может снижаться до 20%.

В данной работе исследуются: жиклёры 10 и 20 мм, плавный поворот на 90° , плавный поворот на 45° и тройник, представленные на рисунке (рис. 1).

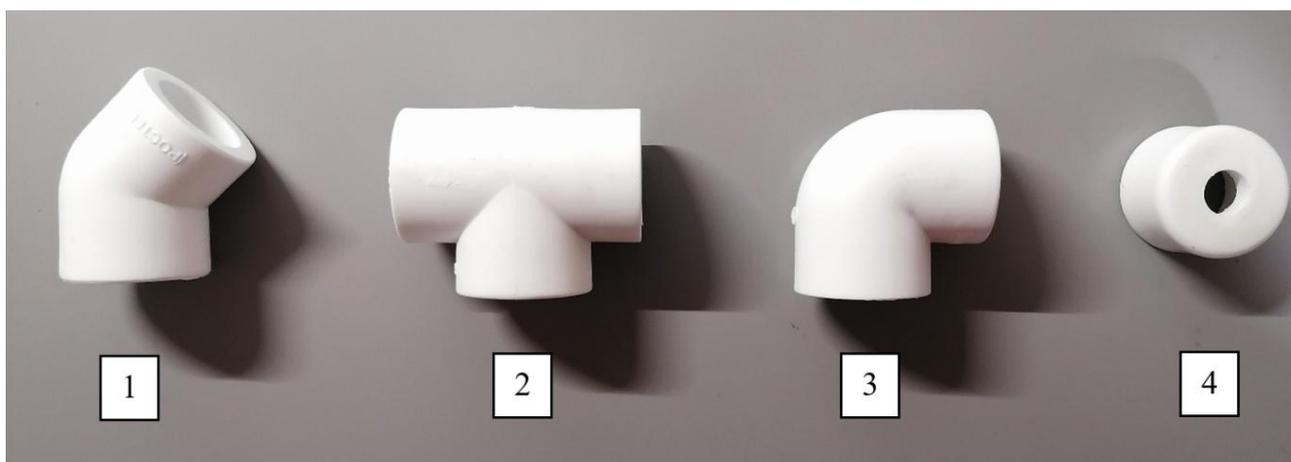


Рис. 1. Виды исследуемых сопротивлений:

1 – поворот на 45° ; 2 – тройник; 3 – поворот на 90° ; 4 – жиклёр $\varnothing 10$ мм

Устройства устанавливаются на участке напорного водовода в различных комбинациях. При этом происходит варьирование расстояния между ними, что позволяет дать оценку длины зоны их влияния. В ходе опытов объемным способом измеряется расход жидкости Q на исследуемом участке, и вычисляются коэффициенты расхода μ и сопротивления ζ_f комплекса местных сопротивлений для каждой серии испытаний:

$$Q = \mu \sqrt{2gH},$$

H – напор над центром выходного сечения трубопровода;

$$\zeta_f = \frac{1}{\mu^2 - 1}.$$

Качественно результаты опытов представляются в виде зависимостей: $\zeta_f = f(l/d)$ и $\zeta_f = f(Re_d)$ (Re_d – число Рейнольдса).

Предварительные экспериментальные испытания показали, что:

1. Коэффициенты сопротивления комплекса исследуемых устройств равны сумме коэффициентов сопротивления отдельных элементов только в ограниченном диапазоне относительного расстояния между ними l/d ;
2. Длина влияния местных сопротивлений зависит от их типа и от числа Рейнольдса.
3. Достоверная количественная оценка длины влияния различных комбинаций местных сопротивлений требует представительного набора серий опытов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. Под ред. Штейнберга М.О., 3-е изд., перераб. и дополн., М.: «Машиностроение», 1992, 672 с.
2. Альтштуль А.Д. Гидравлические сопротивления – М.: Москва НЕДРА, 1982. – 224 с.
3. Левитан Е.Ю., Шейпак А.А. Численное моделирование взаимного влияния элементов гидравлических систем // Известия МГИУ. 2009. №4. С. 50–55.
4. Паливец, М.С. Взаимное влияние в арматурных элементах и узлах напорных водоводов [Текст]: монография / М.С. Паливец. – Saarbrücken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 216 с.
5. Гидравлические расчеты водосбросных гидротехнических сооружений. Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 624. с.
6. Боровков В.С., Майрановский Ф.Г. Аэродинамика систем вентиляции и кондиционирования воздуха. М.: Стройиздат, 1978. – 116с.

УДК 691.175

Р.Ф. Гатауллина, О.Н. Столяров

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СТУПЕНЧАТЫХ ИЗОТЕРМ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОЛЗУЧЕСТИ МАТЕРИАЛОВ ПОЛИМЕРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Цель работы – прогнозирование ползучести материалов полимерных трубопроводов с помощью ускоренных методов испытаний.

На сегодняшний день полимерные материалы обретают все большую популярность в строительстве, нефтегазовой сфере и других областях, поскольку они обладают рядом преимуществ в сравнении с металлами. Одной из областей применения полимеров в строительстве является использование их в качестве материалов трубопроводов. Основным преимуществом таких труб по сравнению с металлическими является их коррозионная стойкость и долговечность. Однако вследствие вязкоупругих свойств полимерных материалов трубопроводов они со временем начинают реагировать на приложенное напряжение. Пластиковая труба под воздействием длительной приложенной нагрузки может значительно деформироваться, т.е. испытывает ползучесть. При достаточно существенных воздействиях это может привести к разрушению. Указанные недостатки необходимо учитывать при определении расчетного срока службы трубопроводов из полимерных материалов. Поэтому в данной работе мы рассматриваем ускоренный метод испытания образцов пластмассовой трубы – метод ступенчатых напряжений. Сущность данного метода состоит в пошаговом увеличении температуры для проявления значительной ползучести образца за короткий период времени [1]. В полимерных материалах помимо упругих и пластичных свойств, также проявляются вязкоупругие свойства, что приводит к сложности в их эксплуатации. В вязкоупругих материалах напряжение является не только функцией деформации, но также и функцией времени и температуры, что в дальнейшем может сказаться на длительной прочности материала трубопровода:

$$\sigma = f(\varepsilon, T, t) \quad (1)$$

где σ – напряжение; ε – деформация; T – температура и t – время.

Основная проблема при определении деформации ползучести состоит в длительности таких измерений. Поскольку продолжительность эксплуатации трубопроводов составляет годы и десятки лет, то для надежного прогноза требуется проведение длительных измерений (недели и месяцы). Альтернативой могут служить ускоренные методы испытаний, в которых деформация ползучести наращивается за счет активирующего действия нагрузки или температуры. Для термопластичных пластмасс наиболее интересен метод ступенчатых изотерм, который используется для прогнозирования долгосрочного поведения ползучести на

основе кратковременных испытаний. Все испытания проводятся на одиночном образце, который подвергается серии краткосрочных испытаний на ползучесть с определенным температурным шагом (для полиолефинов 7°C). Данный метод хорошо зарекомендовал себя при исследовании ползучести геосинтетических материалов [2, 3]. Метод также апробирован и на материалах трубопроводов [4-5]. Так, в работе [4] проводилось сравнение метода ступенчатых изотерм обычных испытаний на ползучесть и разрыв при ползучести полипропилена, используемого в гофрированных дренажных трубах. Результаты показали хорошее соответствие между сериями испытаний при разных нагрузках.

В настоящей работе были проведены исследования образцов полиэтиленовой трубы. Образцы вырезались в форме двойной лопатки по ГОСТ 11262. Испытания проводились на универсальной измерительной установке Инстрон 5965, оснащённой термокамерой. На рис. 1 представлена измеренная кривая ползучести при $0,25$ от σ_{max} в зависимости от температурного шага (7°C). Наблюдается существенный рост ползучести при растяжении, что наглядно иллюстрируется изменением угла наклона касательной к начальному и конечному участкам.

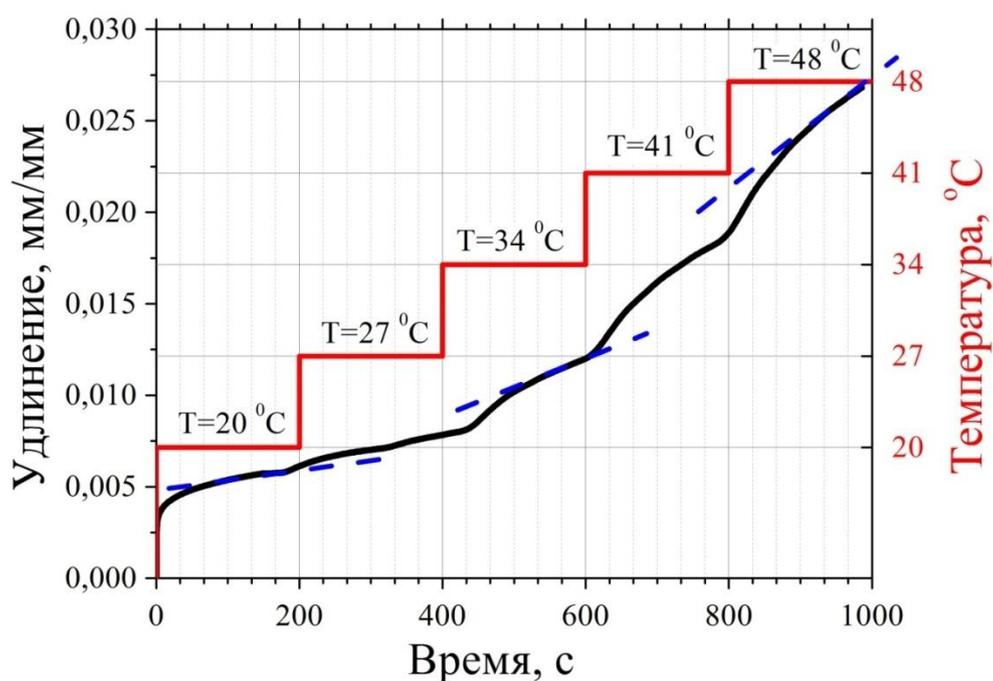


Рис. 1. Измеренная кривая ползучести в зависимости от температурного шага

Проведенные измерения показали применимость метода ступенчатых изотерм для прогнозирования ползучести и позволили сформулировать основные задачи для адекватного прогнозирования длительной прочности. К таковым относятся: величина температурного шага, время достижения участка установившейся ползучести и параметры сдвига участков кривой.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Achereiner F., Engelsing K., Bastian M., Heidemeyer P. Accelerated creep testing of polymers using the stepped isothermal method // Polymer Testing, 2013, 32(3):447–454
2. Алексеев Н.Н., Коваленко И.А., Столяров О.Н., Мельников Б.Е. Вязкоупругие свойства геосинтетических материалов, Строительство уникальных зданий и сооружений, 2017, №5 (56). С. 17-32.
3. Срунгерс С., Алексеев Н.Н., Коваленко И.А., Столяров О.Н. Ползучесть геосинтетических материалов при ускоренных температурных испытаниях // Инженерно-строительный журнал. 2017. № 8(76). С. 255–265.

4. Vanhooise B.R., Nelson J.A., McNish C.K., Thomas R.W. Comparison Between the Stepped Isothermal Method (SIM) and Conventional Creep and Creep Rupture Tests on Polypropylene used in Corrugated Drainage Pipe / Proceedings of the 17th Plastic Pipes Conference, September 22-24, 2014, Chicago, USA.

5. Thomas R. The Use of the Stepped Isothermal Method for Estimating the Long-Term Creep Modulus, Creep Strain and Strength of Polyethylene Pipe Resins Proceedings of the 15th Plastic Pipes Conference, September 20-22, 2010, Vancouver, Canada.

УДК 691.328.43

А.Е. Донцова, В.Я. Ольшевский, О.Н. Столяров
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КОМПОЗИТНЫЕ ТРУБЫ ИЗ ТЕКСТИЛЬНО-АРМИРОВАННОГО БЕТОНА В ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМАХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Цель работы – разработка и изготовление армирующего каркаса и бетонных композитных труб.

Текстильно-армированный бетон является перспективным материалов в различных областях строительства, где необходимо обеспечение высоких эксплуатационных характеристик наряду с требованиями экономичности[1]. Последнее достигается за счет значительного снижения расхода бетона благодаря уникальной возможности изготовления тонкостенных конструкций. Бетон, армированный высокопрочным текстилем, имеет ряд областей применения в гражданском строительстве. Особый интерес представляет его использование в инженерных системах зданий и сооружений и элементах обустройства городского хозяйства. К таким примерам можно отнести водоотводные лотки, трубы, накопительные емкости и др. В работах [2, 3] приводится пример изготовления бетонных труб из текстильно-армированного бетона. Конструкция трубы включает в себя внутреннюю полимерную трубу, изготовленную из поливинилхлорида (ПВХ), и внешний слой бетона с текстильным армированием. Такая труба используется для транспортировки воды, а также удаления сточных вод. Сердечник данной конструкции из ПВХ трубы осуществляет транспортировку воды, не проницаем и обладает стойкостью к агрессивным средам. Внешняя армированная бетонная оболочка обеспечивает сопротивление внутреннему давлению, внешним нагрузкам и способствует предотвращению возможных внешних механических повреждений. В [4] рассматривается возможность использования текстильного бетона при строительстве децентрализованных очистных сооружений сточных вод. С помощью ТАБ решаются прикладные энергетические задачи с использованием возобновляемых источников энергии. В [5] предложена ТАБ конструкция, устанавливаемая на крыше здания, с встроеными трубками для нагрева воды и передачи тепла в здание.

В данной работе изготовлен прототип текстильно-армированной трубы. В качестве арматуры использовалось основовязаное полотно из щелочестойких (ЩС) стеклянных нитей и мелкозернистый бетон с максимальным размером зерна в 2 мм. Армирующий каркас трубопровода представлен на рис. 1.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

1. Придание жёсткости армирующему каркасу из стекловолоконного полотна для фиксации сетки во время бетонирования.

2. Подбор цементно-песчаной смеси с наименьшей фракции песка для обеспечения сцепления полотна с бетонной матрицей.

Из стекловолоконного полотна было сформировано несколько цилиндрических прототипов армирующих каркасов, отличающихся диаметром окружности. Максимальная длина окружности основания цилиндра была ограничена шириной имеющегося полотна и составила 325 мм. Максимально возможный диаметр армирующего каркаса составил 100 мм.

Диаметры армирующих каркасов составили 50, 70 и 90 мм. Ровинги полотен были переплетены в единую цилиндрическую конструкцию при помощи вязального крючка для фиксации нахлеста полотна. Величина нахлеста составила 125 мм для армирующего каркаса $d_1 = 50$ мм, 65 мм для армирующего каркаса $d_2 = 70$ мм и 45 мм для армирующего каркаса $d_3 = 90$ мм. Переплетение краёв полотна представлено на рис. 2.

Для придания жесткости армирующему каркасу цилиндры были обработаны раствором силиката натрия (натриевого жидкого стекла). Обработка стеклянных волокон жидким стеклом улучшает механические характеристики полотен [6]. Цилиндры диаметрами 50 и 70 мм при этом были зафиксированы на жестких полимерных цилиндрических каркасах для предотвращения деформации образцов при застывании раствора. Цилиндр диаметром 90 мм был обработан в отсутствие каркаса.

После обработки силикатом натрия стеклянное полотно приобрело пространственную жесткость и устойчивость. Каркас, обработанный раствором силиката натрия, представлен на рис. 3.



Рис. 1



Рис. 3

В качестве внутренней опалубки бетонной трубы из композитного бетона была принята полимерная ПВХ труба диаметром 50 мм, в качестве внешней съемной опалубки была использована аналогичная труба диаметром 110 мм, внутренним диаметром 103 мм. Толщина слоя бетона составила 26,5 мм. Несъемная внутренняя труба была зачищена наждачной бумагой для улучшения сцепления бетонной матрицы с полимерным материалом. Съемная внешняя труба была обработана масляным составом для облегчения процесса снятия опалубки с образца.

Таким образом, в работе был разработан и проанализирован прототип бетонной композитной трубы с армирующим полотном из стекловолокна. В качестве рабочего образца для последующих исследований была выбрана труба с армирующим каркасом диаметром 70 мм, обработанная силикатом натрия.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Peled A. / Textile reinforced concrete: монография / A. Peled, A. Bentur, B. Mobasher – Boca Raton: CRC Press. Taylor and Francis Group, 2017. – 473 с.
2. Lieboldt M. Development and testing of new innovative composite pipes (plastic – textile concrete – composite system) including their production technology / M. Lieboldt, R. Hempel, H. Schorn, et al. // Proceedings of the Fib Symposium: 'Keep Concrete Attractive, Budapest, Hungary. – 2005. – С. 339–344.
3. Lieboldt M. Textile reinforced concrete multi-layer composite pipes / M. Lieboldt, U. Helbig, T. Engler // Proceedings of the 1st International RILEM Symposium Textile Reinforced Concrete, Aachen, Germany. – 2006. – С. 369–378.

4. Hegger J. Decentralized wastewater treatment plants made of textile reinforced concrete / J. Hegger, O. Bruckermann, S. Voss, W. Brameshuber // 12th International Techtextil Symposium for Technical Textiles, Nonwovens and Textile Reinforced Materials, 2003, Frankfurt am Main, Germany. –2003.
5. Herman-Czezuch A. Modelling and validation of a textile reinforced concrete absorber roof for investigating its energetic potential / A. Herman-Czezuch, M. Brüntjen, M. Brunk, C. van Treeck // Proceedings of BauSIM 2014, 5th German-Austrian Conference of the International Building Performance Simulation Association. International Building Performance Simulation Association, Aachen, Germany. – 2014. – С. 687–694.
6. Quadflieg, T. Effect of coating type on the mechanical performance of warp-knitted fabrics and cement-based composites / T. Quadflieg, S. Leimbrink, T. Gries, O. Stolyarov // Journal of Composite Materials. – 2018. – №19. – С. 2563–2576.

УДК 627.85

И.В. Зинкевич, П.С. Мостовых
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Т.И. Каримов
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РЕЧНЫХ ВОЛНООБРАЗНЫХ СТРУКТУР

Цель работы – исследование связи между параметрами препятствий на пути водного потока в руслах рек (высота, угол наклона и др. геометрические параметры), характеристиками потока (скорость, расход) и параметрами стоячих волнообразных возмущений потока [2, 3], а также возможности их искусственного возбуждения в целях занятий водными видами спорта (фристайл на бурной воде, рис. 1).



Рис. 1. Фристайл

Введение. Для большинства гидравлических исследований используются гидравлические лотки. Типичная конструкция современного гидравлического лотка [4] представлена на Рис. 2 и состоит из: прозрачного полимерного корпуса лотка 1, насосного агрегата 2, электронного расходомера 3, пульта (щита) управления питанием 4, устройства регулирования угла наклона лотка 5, ламинатора течения 6, регулируемого затвора 7, резервуара с рабочей жидкостью (водой). Исследование волнообразных возмущений речных потоков является весьма узкоспециализированной задачей, не имеет готовых решений и требует разработки специального лабораторного стенда. Стенд был разработан на базе существующего гидравлического лотка.

Приблизительная геометрия препятствий, возбуждающих волнообразные возмущения потока воды в лотке, была получена эмпирическим путем и представлена на рис. 3. Препятствие под номером 1 в дальнейшем общем случае называется «дамба», а препятствие под номером 2 «отскок».

Корпус гидравлического лотка выполнен из листов полиметилметакрилата, его шероховатость стремится к нулю, скорость принимается равномерно распределенной по сечению. Шероховатостью реальных русел рек в данной работе предлагается пренебречь, моделирование волнообразных возмущений производится для центра русла, где скорость принимается равномерно распределенной по ширине. Таким образом, при существенном

воздействии на воду только внешних сил, сопоставление параметров гидравлических процессов, протекающих в гидравлическом лотке, с процессами, имеющими место быть в руслах реальных рек, происходит с использованием критерия Фруда [1, 5]. Число Фруда выражает отношение кинетической и потенциальной энергии жидкости и определяется по следующей формуле:

$$Fr = \frac{V^2}{gL},$$

где V – характерный масштаб скорости, g – ускорение, характеризующее действие внешней силы (ускорение свободного падения), L – характерный размер области, в которой рассматривается течение.

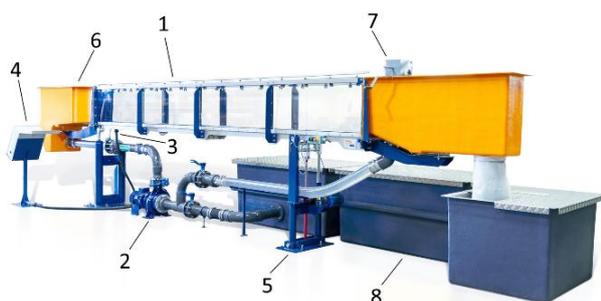


Рис. 2. Гидравлический лоток

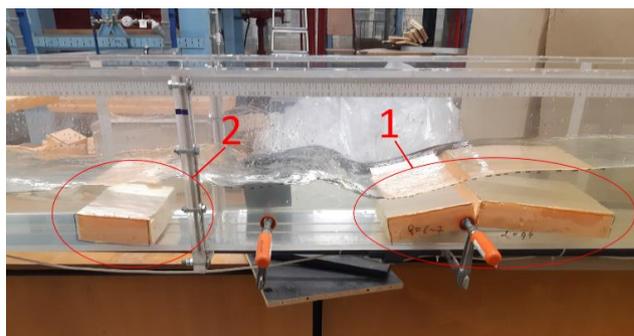


Рис. 3. Геометрия препятствий

Течения в русле реальной реки и в гидравлическом лотке можно считать подобными, если для них обеспечено равенство чисел Фруда, а равенство чисел Фруда в свою очередь обеспечивается при выполнении следующих равенств:

$$n = \frac{H_{\text{реал}}}{H_{\text{лотка}}} = \left(\frac{W_{\text{реал}}}{W_{\text{лотка}}}\right)^2 = \left(\frac{Q_{\text{реал}}}{Q_{\text{лотка}}}\right)^{\frac{2}{5}},$$

где $H_{\text{лотка}}$ – глубина потока в гидравлическом лотке; $H_{\text{реал}}$ – глубина потока в русле реальной реки, соответствующей глубине потока в гидравлическом лотке; $W_{\text{лотка}}$ – скорость потока в гидравлическом лотке; $W_{\text{реал}}$ – скорость потока в русле реальной реки, соответствующей скорости потока в гидравлическом лотке; $Q_{\text{лотка}}$ – расход потока в гидравлическом лотке; $Q_{\text{реал}}$ – расход потока в русле реальной реки, соответствующий расходу потока в гидравлическом лотке.

Конструкция стенда. Опираясь на знания о приблизительной геометрии препятствий на пути потока, приводящих к образованию волнообразных возмущений, необходимых для занятия водными видами спорта, с использованием САПР «Autodesk Fusion 360» была разработана 3D-модель лабораторного стенда, представленная на рис. 4, где 1 – «дамба», 2 – «отскок», 3 – фрагмент корпуса гидравлического лотка, 4 – рельсы для передвижения «дамбы» и «отскока».

В модели лабораторного стенда предусмотрена модульная конструкция «дамбы» и «отскока», оба элемента состоят из взаимозаменяемых фрагментов различной длины, соединяемых друг с другом при помощи соединения типа «шип-паз». В местах перегиба «дамбы» и «отскока» предусмотрено соединение при помощи стержня, вложенного в ответный паз, обеспечивающие возможность изменения углов их раскрытия. Фиксация стержня происходит путем прижима его винтами к одной из стенок паза.

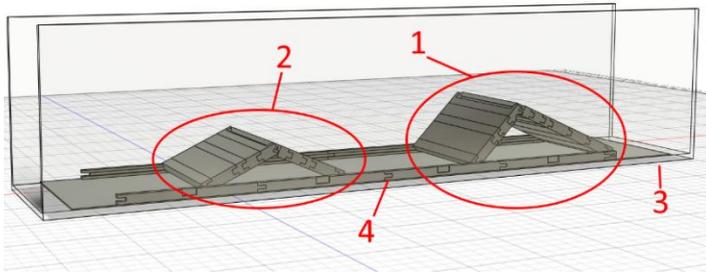


Рис. 4. 3-D модель стенда

Для монтажа лабораторного в корпусе гидравлического лотка была предварительно организована прокладка из ПВХ-пластика толщиной 2 мм, закрепленная в лотке при помощи клеевого состава из синтетического каучука. На прокладке, также при помощи клеевого состава, закреплены рельсы лабораторного стенда, подвижность остальных элементов вдоль которых обеспечена скольжением в рельсовых пазах латунных стержней диаметром 6мм, закрепленных в основаниях «дамбы» и «отскока».

Для фиксации положения «дамбы» и «отскока» вдоль рельс применены стопоры трубчатного типа. После монтажа лабораторного стенда были проведены тестовые испытания, подтвердившие его работоспособность: наблюдаются требуемые волнообразные возмущения водяного потока, при этом обеспечена возможность изменения геометрии «дамбы» и «отскока», в закрепленном состоянии стенд остается неподвижным и абсолютно жестко сохраняет свою геометрию под давлением потока.

Выводы. При помощи специально разработанного лабораторного стенда, интегрированного в существующий гидравлический лоток и позволяющего моделировать волнообразные возмущения водяного потока при помощи двух препятствий на его пути, с возможностью изменения геометрии (габаритов, углов наклона сегментов), было проведено исследование связи между параметрами препятствий на пути водного потока в руслах рек (высота, угол наклона и др. геометрические параметры), характеристиками потока (скорость, расход) и параметрами стоячих волнообразных возмущений потока [2, 3], а также возможности их искусственного возбуждения в целях занятий водными видами спорта.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Физическая энциклопедия. В 5-ти томах. Главный редактор А.М. Прохоров. — М.: Советская энциклопедия. 1988.
2. Триккер Р. Бор, прибой, волнение и корабельные волны. — Л.: Гидрометеиздат, 1969. — 288 с.
3. Узем Дж. Линейный и нелинейные волны — М.: Мир, 1977. — 638 с.
4. Перовская Е.П., Складнев М.Ф., Самострелов П.В. Гидравлические и гидротехнические лаборатории США. — Санкт-Петербург, изд-во «Энергия», 1965. — 129 с.
5. Гиргидов А.Д. Техническая механика жидкости и газа. — Санкт-Петербург, изд-во СПбГТУ, 1999 — 394 с.

Была произведена сборка конструкции в САПР и проведена проверка на взаимоподвижность элементов и соответствие габаритам имеющегося гидравлического лотка. Изготовление лабораторного стенда произведено с применением технологии 3D-печати из PETG-пластика. Получившаяся конструкция лабораторного стенда, интегрированная в гидравлический лоток, представлена на рис. 5.



Рис. 5. Стенд в лотке

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА РЕГУЛИРОВАНИЯ

Целью работы является моделирование рабочей характеристики системы теплотребления в зависимости от способа регулирования.

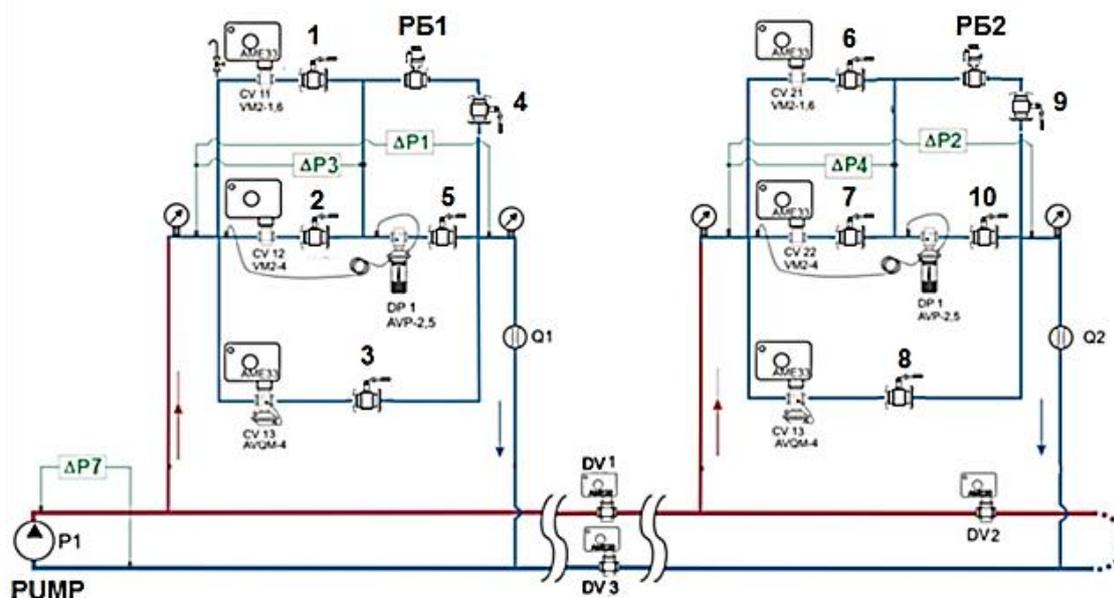


Рис. 1. Принципиальная схема демонстрационной панели

Для достижения поставленной цели было изучено основное оборудование, влияющее на регулирование систем теплотребления, сделаны эксперименты на демонстрационной панели Danfoss (рис. 1) и смоделированы рабочие характеристики системы в зависимости от различных компонентов, включенных в данную систему [1-5].

Демонстрационная панель отражает любые колебания сети, поэтому с ее помощью можно смоделировать и сравнить по свойствам и эффективности основные комбинации регулирующих клапанов в совокупности с балансировочными клапанами и регуляторами прямого действия в различных системах [1-2].

В данной работе будут заданы степени открытия регулирующего клапана (10%, 25%, 40%, 55%, 70%, 85%, 100%) при помощи программы.

Далее, после установки определенной степени открытия, электрический привод, получающий сигнал от программы начинает приводить в движение штоки клапана и, таким образом, изменять его проходное сечение.

При разных степенях открытия в сети образуются различные расходы и то, какой расход стабилизируется в системе напрямую зависит от характеристики клапана. Рассмотрим два случая регулирования и смоделируем две характеристики сети.

В первом случае рассмотрим ситуацию, в которой работающими компонентами являются регулирующий клапан (РК) VM2 и балансировочный клапан (БК) MVT.

Задаем степени открытия и фиксируем расходы в системе при помощи графика в программе (рис. 2).

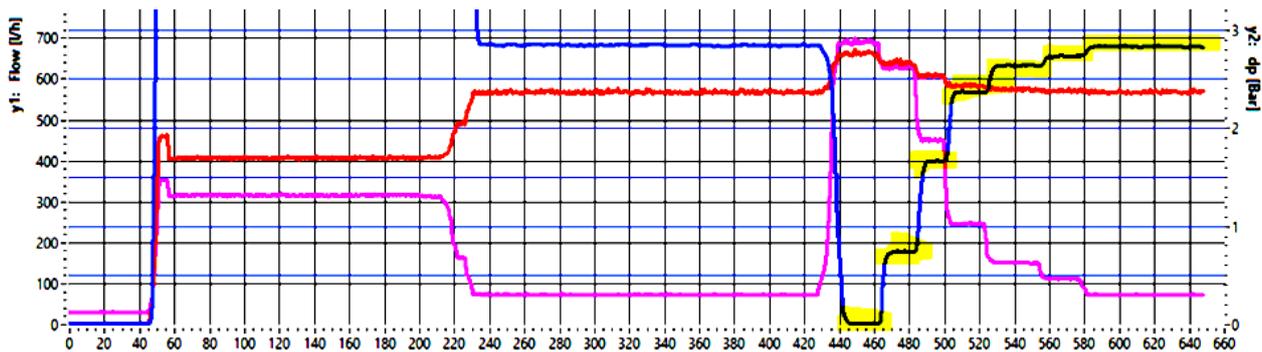


Рис. 2. График зависимости расхода в сети от степени открытия клапана

При помощи полученных данных (таблица 1) строим первую характеристику (рис. 3).

Таблица 1 – Полученные данные

Степень открытия X , %	100	85	70	55	40	25	10
Расход G , л/час	680	650	620	570	400	180	0

По полученной характеристике можно заметить, что регулирование в зоне со степенью открытия 55-100% будет происходить недостаточно корректно, так как на данном участке графика происходит неравноценное изменение степени открытия и расхода.

Во втором случае рассмотрим ситуацию, в которой работающими компонентами являются регулирующий клапан (РК) VM2 и регулятор перепада давления (РПД) DPR.

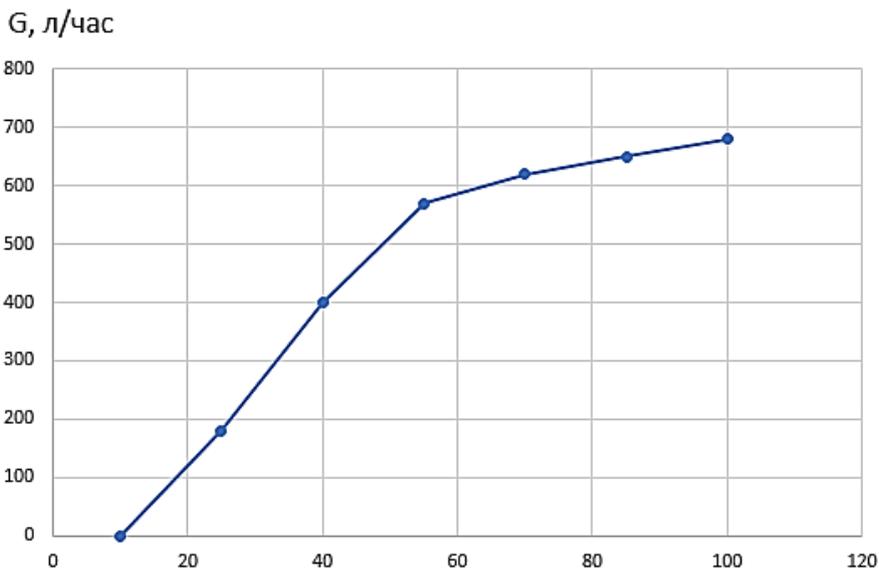


Рис. 3. График зависимости расхода в сети от степени открытия клапана

Аналогично первому случаю задаем степени открытия и фиксируем расходы в системе при помощи графика в программе (рис. 4).

При помощи полученных данных (таблица 2) строим вторую характеристику (рис. 5).

Таблица 2 – Полученные данные

Степень открытия X , %	100	85	70	55	40	25	10
Расход G , л/час	680	500	400	270	110	50	0

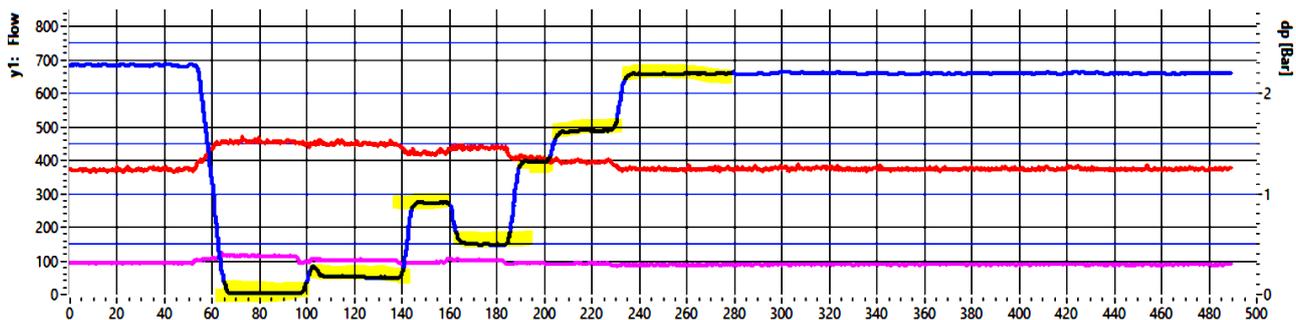


Рис. 4. График зависимости расхода в сети от степени открытия клапана

По полученной характеристике из эксперимента можно заметить, что регулирование происходит более равномерно на всем участке открытия клапана. Такая характеристика является более благоприятной для работы сети.

При выполнении данной работы было смоделировано две системы с различными случаями регулирования. Проанализировав полученные результаты, можно прийти к выводу, что регулирование при помощи регулирующего клапана и регулятора перепада давления является более качественным, чем регулирование при балансировочном клапане.

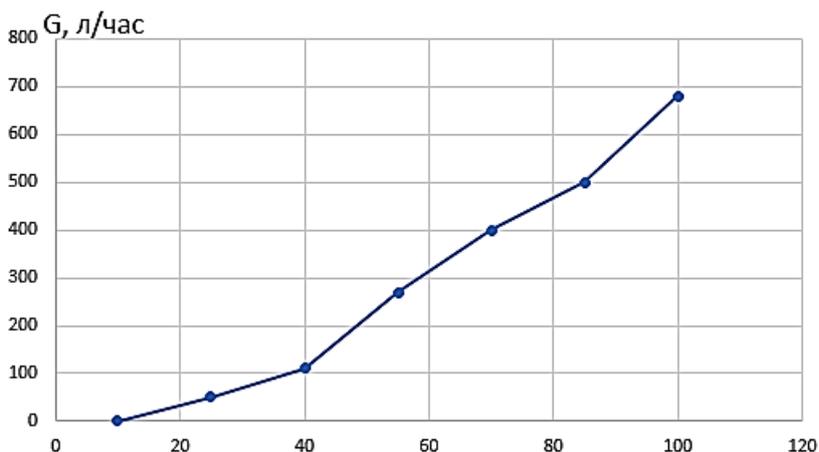


Рис. 5. График зависимости расхода в сети от степени открытия клапана

На практике не существует идеальных характеристик. Чем ниже точность расходных характеристик клапана, тем хуже будет работать система автоматизации. На этапе проектирования глубокое знание работы оборудования позволяет выбрать именно такой набор оборудования с такими характеристиками, которые бы имели наименьшую вероятность некачественной работы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Зиновьев А.А. Особенности проектирования тепловых пунктов систем централизованного теплоснабжения зданий с применением приборов и устройств Danfoss. Москва, 2012 г. 150 с.
2. Пырков В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование. II ДП «Такисправи», 2007. 252 с.
3. Лебедев Н.И. Балансировка гидравлических систем с переменным расходом.
4. Беляйкина И.В., Витальев В.П., Громов Н.К. Водяные тепловые сети. Справочное пособие по проектированию. М.: Энергтоатомиздат, 1988 г.
5. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.: Машиностроение, 1992 г. 672 с.

СОПРОТИВЛЕНИЕ ТРУБ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

В настоящее время на российском рынке имеется множество труб из разных материалов (сталь, чугун, медь, полимеры). В данной работе подробно рассматривается такой материал, как сшитый полиэтилен. Этот материал широко используется в Европе и Америке, но в Россию пришел сравнительно недавно. По этой причине для него пока нет достоверной справочной информации и остается только пользоваться показателями, которые предоставляют сами производители. Так же на российском рынке представлены трубы из сшитого полиэтилена только зарубежного изготовления (трубы сделаны в соответствии с Европейскими стандартами). Структура трубы изображена на рис. 1. И поскольку нормативная база России и стран Европы отличается, то изучение свойств труб из вышеупомянутого материала является актуальным.

Цель работы – изучение свойств труб из сшитого полиэтилена и проведение эксперимента для установления гидравлического сопротивления данного вида труб.

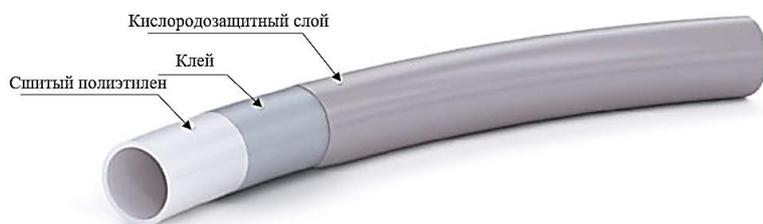


Рис. 1. Структура трубы из сшитого полиэтилена

Существует четыре типа труб из данного материала: РЕХ-а, РЕХ-б, РЕХ-с, РЕХ-д. Для исследования взяты трубы типа РЕХ-а, сшитых пероксидом [1, 2].

РЕХ-а – самый первый из изобретенных типов. С помощью обработки пероксидом образуются свободные радикалы, которые отрывают атомы водорода, оставляя РЕ-радикал. И эти радикалы, соединяясь между собой, образуют связи – сшивку. У данного типа труб самая высокая степень сшивки (до 70-75%).

Степень сшивки – это отношение массы сшитого полиэтилена к общей массе исследованного образца. При сравнении показателей она имеет преимущество перед другими типами, так как она обладает большей гибкостью и хорошим эффектом памяти (молекулярная память). Это позволяет в процессе монтажа исправлять различные недочеты. Например, при образовании перегиба достаточно просто нагреть трубу термофеном, и она вернется к исходному состоянию (рис. 3). По сравнению с обычным полиэтиленом, сшитый устойчив к высоким температурам, следовательно, их можно применять в системах ГВС и отоплении [3-5].

На первом этапе работы была составлена общая характеристика труб из сшитого полиэтилена и проведено их предварительное сравнение с трубами из других материалов.

Главное отличие сшитого полиэтилена от обычного – его молекулярная структура, она отображена на рис. 2.

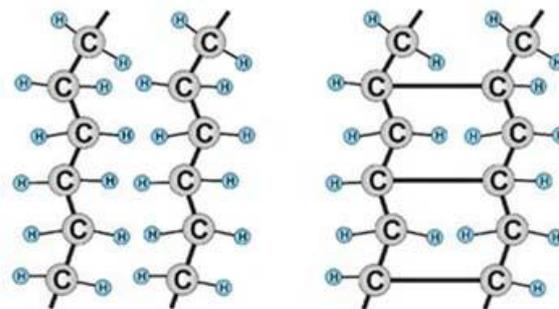


Рис. 2. Структура обычного полиэтилена (слева) и сшитого (справа)



Рис. 3. Молекулярная память труб из сшитого полиэтилена

Оптимальная температура для обеспечения максимального срока службы 70 °С. Срок службы таких труб достигает 50 лет. Так же трубы имеют низкую шероховатость и устойчивость к коррозии. Но данный тип имеет высокую рыночную стоимость, обусловленную сложностью производства, уязвим к ультрафиолету, нельзя их использовать при экстремально больших температурах, они имеют высокий коэффициент теплового линейного расширения [3-7].

Трубы из данного материала нашли к настоящему времени широкое применение. Их используют во внутридомовых системах горячего, холодного водоснабжения и отопления (в том числе теплые полы), пассивные солнечные нагреватели, системы дренажа и т.д. [5-6].

На основе анализа различных характеристик сшитого полиэтилена и ряда труб из других материалов (медь, сталь, металлопластик) была составлена сравнительная таблица (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристики труб из различных материалов

Характеристика	Сшитый полиэтилен	Медь	Сталь	Металлопластик
Плотность, г/см ³	0,938	8,92	7,850	-
Модуль упругости E , Н/мм ²	800-900	128	200000	-
Ударная вязкость, МДж/м ²	Не разрушается	1,7	0,24	Не разрушается
Шероховатость, мм	0,0005	0,002	0,2	0,007
Диапазон температур	от -40 до +95°С	от -200 до +250°С	от -70 до +425°С	до +95°С
Коэффициент линейного расширения, м/м°С	$1,4 \times 10^{-4}$	$0,168 \times 10^{-4}$	-	$0,26 \times 10^{-4}$
Удельная теплоемкость, кДж/кг·°С	2,3	0,38	0,5	-
Коэффициент теплопроводности, Вт/м°С	0,35	305-339	52	0,43

Для оценки гидравлического сопротивления труб из сшитого полиэтилена в сравнении с трубами из других материалов был произведен расчет коэффициента гидравлического трения для области квадратичного сопротивления.

Для области квадратичного сопротивления коэффициент гидравлического трения определяется по формуле (1)

$$\lambda = 0,114 \sqrt{\Delta r}, \quad (1)$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления; Δr – относительная шероховатость.

Относительная шероховатость определяется по формуле (2)

$$\Delta r = \Delta / D, \quad (2)$$

где D – диаметр трубопровода, мм; Δ – абсолютная шероховатость, мм.

Расчет был проведен для труб из всех материалов, представленных в табл. 1, диаметрами 16 мм, 20 мм, 25 мм и 32 мм. Результаты приведены в таблице 2 и на рис. 4.

Таблица 2 – Коэффициент гидравлического сопротивления в области квадратичного сопротивления

Сшитый полиэтилен			Сталь			Медь			Металлопластик		
D	Δr	λ	D	Δr	λ	D	Δr	λ	D	Δr	λ
16	0,000031	0,0082	16	0,0125	0,0368	16	0,00013	0,012	16	0,000044	0,008946
20	0,000025	0,0078	20	0,0100	0,0348	20	0,00010	0,011	20	0,000035	0,008461
25	0,000020	0,0074	25	0,0080	0,0329	25	0,00008	0,010	25	0,000028	0,008002
32	0,000016	0,0069	32	0,0063	0,0309	32	0,00006	0,010	32	0,000022	0,007523

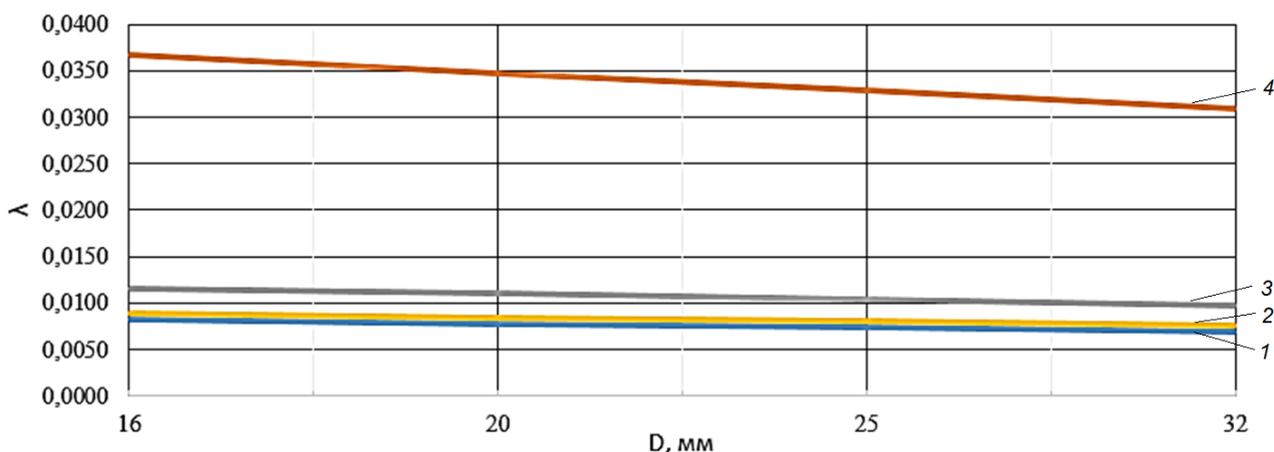


Рис. 4. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления для различных материалов труб в области квадратичного сопротивления:
1 – сшитый полиэтилен; 2 – металлопластик; 3 – медь; 4 – сталь

На основе информации, представленной выше, можно сделать следующие выводы. Сшитый полиэтилен по сравнению с другими материалами показал лучшие показатели по критерию «гидравлическое сопротивление». Использование трубопроводов из данного материала приведет к уменьшению потерь напора, и, как следствие, к снижению энергетических затрат при транспортировке жидкости. Поскольку исходные данные для расчетов были взяты из материалов, предоставленных производителем, то для установления более точных показателей требуется проведение физического эксперимента в лабораторных условиях.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Султанов О.П. Сшитый полиэтилен: технология производств и сравнение с полипропиленом // Полимергаз. 2004. №1. С. 34-37.
2. Жигалов Д.В. Мифы о трубах из сшитого полиэтилена // VALTEC. Инженерная сантехника / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://valtec.ru/document/article/miphs_about_pex.html (дата обращения: 17.10.20).
3. Бобровникова Л.И. Обоснование применения гибких полимерных теплоизолированных труб для распределительных сетей горячего водоснабжения и отопления // Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского. 2020. С. 18-22.
4. Жерлыкина М.Н., Кононова М.С. Техничко-экономическое сравнение различных материалов труб, применяемых при поквартирной разводке системы отопления // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2018. №1. С. 96-103.
5. Kang, T.K., Ha, C.S. Effect of processing variables on the crosslinking of HDPE by peroxide. Polymer Testing. 2000. Vol. 19. No. 7. Pp. 773–783.
6. Jee, W.G., Carter, S.J. Crosslinked polyethylene (PEX) pipe: An alternative to copper tubing. Annual Technical Conference – ANTEC, Conference Proceedings. 1997. Vol. 3. Pp. 3798–3800.

РАЦИОНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА
АЭРОДРОМОВ, СОДЕРЖАЩИЕ АНТИГОЛОЛЕДНЫЕ РЕАГЕНТЫ

Цель работы – определение современных требований к рациональной системе очистки поверхностного стока аэродрома, содержащего антигололедные реагенты.

Большие объемы противообледенительных и антигололедных жидкостей используются на территории аэропортов для того, чтобы обеспечить безопасность полетов в зимнее время. Необходимость в ней обусловлена значительным влиянием замёрзших осадков на аэродинамические свойства поверхностей. В частности, находящиеся на верхней поверхности крыла самолёта снег, иней и лёд снижают критический угол атаки, увеличивают скорость сваливания [1]. На протяжении уже многих лет состав и количество выбросов в России стремительно меняется. Сфера авиаперевозок продолжает сталкиваться с рядом ограничений для того, чтобы обезопасить окружающую среду от последствий технологического прогресса человека. Необходимость в новых способах нейтрализации загрязнений в России приобретает всю большую актуальность, в частности это связано из-за отставания технической базы от природоохранного законодательства.

Для своевременного отвода воды с крупных объектов, к которым относится и аэропорт, необходимо выполнять обустройство поверхностного дренажа, предназначенного для сбора и отвода дождевой и талой воды с поверхности дороги в ливневую канализацию. Дренаж является инженерной системой, позволяющей защитить постройки и прилегающую территорию от воды, благодаря чему удается в несколько раз продлить срок службы дорожных покрытий, фундамента зданий и прочих объектов, находящихся на территории аэропорта [2].

На территории аэродрома образуются два типа сточных вод:

- Производственные сточные воды, образующиеся в результате противообледенительной обработки воздушных судов (ВС), и сточные воды, образующиеся в процессе внешней мойки ВС.
- Собственно, поверхностный сток с искусственных и грунтовых покрытий аэродрома, образующийся в результате выпадения атмосферных осадков.

Необходимость строительства и эксплуатации специальных сооружений (установок) для обезвреживания, глубокой очистки или регенерации отработанных растворов ПОЖ является общепризнанной экологической задачей для аэропортов (аэродромов) во всем мире. В то же время эта необходимость была осознана относительно недавно: в США, Канаде, Европе проблема и задача локальной обработки отработанных растворов ПОЖ была актуализирована только в начале 1990-х годов.

В зависимости от загрязняющих веществ существует ряд технологий очистки сточных вод, включая поверхностный сток:

1. Крупные включения, удаляемые на процеживающих решетках: ветошь, пластиковая тара, фрагменты искусственного покрытия и шин, т.п.;
2. Загрязняющие вещества, удаляемые посредством гравитационного осаждения (отстаивание в емкостных сооружениях).
3. Загрязняющие вещества, удаляемые посредством самопроизвольной флотации (отстаивание в емкостных сооружениях): плавающие вещества и всплывающие примеси: неэмульгированные нефтепродукты, растительные остатки, органический (хозяйственно-бытовой) мусор.

4. Водорастворимые загрязняющие вещества, поддающиеся сорбции: растворенные нефтепродукты.
5. Водорастворимые загрязняющие вещества, поддающиеся только биологической деструкции: гликоли, ацетаты, формиаты, а также карбамид и нитраты, которые являются азотсодержащими веществами в составе АГР.

Самым редким применением пользуются сорбция и биологическая очистка. Биологическая очистка во многом заменяет сорбцию, к примеру, на активированном угле. В свою очередь, сорбция не способна заменить биологическую очистку сточной воды от загрязняющих веществ, имеющих приоритетный характер для аэродромов, по крайней мере, в осенне-весенний период года. В то же время, биологическая очистка уступает технологии сорбции в эффективности очистки сточной воды от СПАВ (синтетические поверхностно-активные вещества).

Сорбционная очистка поверхностного стока на активированном угле в существенно ограниченном варианте встречается в России: используется для доочистки воды от остаточных загрязнений (СПАВ и нефтепродуктов). Технология характеризуется высокой стоимостью сорбента и очень жесткими требованиями к качеству механической очистки стока перед его подачей на сорбцию.

Применение биологической очистки поверхностного стока на аэродромах России имеет место, к примеру, в аэропорту Домодедово, где эксплуатируются биофильтры. Сточные воды, образующиеся в результате зимней эксплуатации аэропортов, в основном загрязнены азотом и углеродными соединениями. Результаты исследований [4, 5] показали, что использование биофильтров, заполненных легкими наполнителями, приготовленные из летучей золы после термической обработки осадка сточных вод, может быть эффективным методом удаления азота и органических соединений при низких температурах, т.е. 0–8 °C [3]. Для того, чтобы это было возможно, необходимо поддерживать правильное соотношение между количеством углерода и азота в очищенных сточных водах за счет одновременного применения антиобледенителей, содержащих карбамид и соединения углерода. Технология биофильтров является частью концепции устойчивого развития. Их наполнение производится из отходов загрязняющих веществ (органических соединений), присутствующих в сточных водах, которые используются для удаления других загрязнителей (соединений азота).

Исходя из результатов исследования [4] представленных на диаграмме (рис. 1), полученных Варминьско-Мазурским университетом, можно сделать вывод, что увеличение температуры и соотношения C/N увеличивает эффективность разложения соединений азота.

Сооружения биологической очистки поверхностного стока селитебных территорий по типу биофильтров распространены в новостройках Москвы. В странах ЕЭС, США, Канады и Австралии биологическая очистка поверхностного стока с аэродромных покрытий широко распространена. И все же в городах и аэропортах России биотехнологии в сфере очистки поверхностного стока встречаются редко в силу отставания технической базы от природоохранного законодательства.

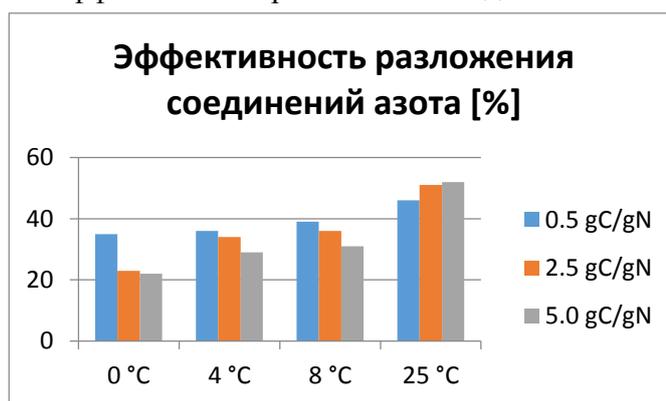


Рис. 1. Эффективность разложения соединений азота в зависимости от соотношения C/N, которое равняется 0,5; 2,5; 5,0 и температуры [4]

Литовские ученые и инженеры в своей статье [6] выделяют несколько видов систем для удаления антигололедных и противообледенительных веществ. Эти системы делятся на три основные категории: очистка за пределами территории; на территории; очистка в целях оборотного водоснабжения.

Очистка за пределами территории состоит из систем, в которых жидкость с поверхности аэропорта поступает в систему сбора с дальнейшей транспортировкой на очистные/утилизационные сооружения [7]. Вакуумный сборщик отработанных растворов ПОЖ – альтернатива специальной площадке для противообледенительной защиты ВС на аэродромах. Такая очистка производственно-дренажного стока, в который попадают антигололедные вещества, обычно осуществляется путем сброса жидкости через санитарную канализационную систему. Система очистки на территории включает аэробные и/или анаэробные очистные сооружения, которые могут быть построены в аэропорту для предварительной обработки и удаления антигололедных веществ. Очистка в целях оборотного водоснабжения использует фильтрацию, обратный осмос и дистилляцию для извлечения гликоля из жидкости. Рекуперация обычно практична только для стоков, содержащих концентрации гликоля более 5%. Восстановленный гликоль перерабатывается и продается для использования в неавиационных целях [6].

Аэропорты и авиаперевозки получают новые задачи и сталкиваются с новыми ограничениями, когда дело касается окружающей среды. Для обеспечения безопасности полетов в зимнее время мы прибегаем к использованию противообледенительных и антигололедных жидкостей, в состав которых входят опасные вещества. В итоге неконтролируемый сброс сточных вод представляет собой экологическую опасность для наземной и водной экосистем. Правильная и рациональная очистка поверхностного стока аэродрома поможет нам обезопасить себя и свое место обитания от влияния своих же технологий.

Для того чтобы создать лучшую технологию потребуется множество исследований, в основе которых будут лежать уникальные и передовые решения, что позволит адаптировать наши процессы к окружающей среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стариков Ю.Н., Коврижных Е.Н. Основы аэродинамики летательного аппарата / Ю.Н. Стариков Е.Н. Коврижных // Учеб. пособие. – Ульяновск, Россия: УВАУ ГА, 2004. – С. 151.
2. Глушков Г.И. Проектирование водоотвода и дренажа на летных полях аэродрома / Г.И. Глушков, Н.И. Кузовщиков, А.А. Чутков, Б.А. Виноградов // Министерство Гражданской Авиации, 1982. – С. 1-202.
3. Switzenbaum M.S., Veltman S., Mericas, D., Wagoner B., Schoenberg T. Best management practices for airport deicing stormwater. // – Chemosphere. – 2001. – С. 1051–1062.
4. Rodziewicz J., Mielcarek A. Treatment of Wastewater Containing Runway De-Icing Agents in Biofilters as a Part of Airport Environment Management System / J. Rodziewicz, A. Mielcarek, W. Janczukowicz, et al. // MDPI . – Olsztyn, Poland: Department of Environment Engineering, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, 2020. – С. 1-13.
5. Rodziewicz J., Mielcarek A. Effectiveness of nitrification and denitrification processes in biofilters treating waste water from de-icing airport runways / J. Rodziewicz, A. Mielcarek, W. Janczukowicz, et al. // MDPI . – Olsztyn, Poland: Department of Environment Engineering, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, 2020 . – С. 1-13.
6. Mindaugas S., Rasa S. The treatment and handling systems of industrial pollutants which generated and discharged into surface runoff from airports / S. Mindaugas, S. Rasa // The 9th International Conference “Environmental engineering”. – Vilnius, Lithuania: Department of Hydraulics Vilnius Gediminas technical university, 2020. – С. 1-9.
7. Pressl A., Pucher B. Treatment of de-icing contaminated surface water runoff along an airport runway using in-situ soil enriched with structural filter materials / A. Pressl, B. Pucher, B. Scharf, G. Langergraber // Science of the Total Environment . – Vienna, Austria: Institute of Sanitary Engineering and Water Pollution Control, University of Natural Resources and Life Sciences Vienna, 2019. – С. 321-328.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ
ТРУБОПРОВОДОВ ПРЯМОУГОЛЬНОГО И КРУГЛОГО СЕЧЕНИЙ

В настоящее время прямоугольные трубы применяются в различных областях, и диапазон их использования варьируется от конструктивных и несущих элементов в каркасном строительстве [1] до изготовления высокоточных устройств в волновой физике – волноводов [2]. Обращаясь к современным исследованиям, можно заметить, что проблема гидравлического сопротивления трубопроводов довольно активно изучается [3, 4]. Проводятся исследования по оптимизации существующих и нахождению новых способов определения коэффициента гидравлического сопротивления [5]. Однако вопрос сравнительного анализа гидравлических свойств трубопроводов с сечениями разных геометрических форм не пользуется большой популярностью. Тем не менее, такой анализ может позволить оценить, насколько в конкретной ситуации использование сечения, отличного от круглого, будет не только приемлемо, но и целесообразно с точки зрения энергетических затрат. Это будет способствовать расширению области применения профильных труб разной формы. Помимо гидравлических характеристик для сравнительного анализа также можно использовать и конструктивные. Использование такого комбинированного подхода позволит определить условия, в которых применение труб некруглого поперечного сечения будет максимально рациональным и эффективным.

Цель данной работы состоит в оценке степени гидравлической эффективности трубопроводов прямоугольного сечения по сравнению с трубами круглого сечения.

Для достижения поставленной цели был проведен анализ областей применимости предметов исследования, рассчитано удельное гидравлическое сопротивление круглого сечения в зависимости от его диаметра и прямоугольного – в зависимости от его эквивалентного диаметра [6]; за меру оценки эффективности (сравнения) прямоугольного сечения относительно круглого было принято отношение удельных гидравлических сопротивлений трубопроводов соответственно прямоугольного и круглого сечений, имеющих одинаковую площадь сечения, и обозначено как относительное гидравлическое сопротивление; также была построена зависимость относительного гидравлического сопротивления от соотношения сторон прямоугольника.

За удельное гидравлическое сопротивление была принята величина потерь энергии (напора) по длине на участке трубопровода длиной 1 м в соответствии с формулой Вейсбаха-Дарси.

Анализ проводился для следующих стационарных условий:

1. Движение среды в трубопроводе:

- напорное [7];
- турбулентное (квадратичная область) [6];
- при постоянной средней скорости потока [6].

2. Материал сравниваемых трубопроводов одинаковый (шероховатость постоянная).

3. Рассматриваемые трубопроводы имеют прямолинейную ось и характеризуются постоянным поперечным сечением.

Принимая во внимание понятие гидравлического радиуса, и рассчитывая коэффициент гидравлического трения по формуле Шифринсона (формула (1)), в назначенных условиях удельное гидравлическое сопротивление h_l^{*0} пропорционально эквивалентному диаметру d_e , в степени минус 1,25 (формула (2)).

$$\lambda = 0,114 \sqrt{\frac{\Delta_3}{4R_r}}, \quad (1)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения;

R_r – гидравлический радиус; Δ_3 – эквивалентная шероховатость.

$$h_l^{y0} = kd_3^{-1,25}. \quad (2)$$

Коэффициент пропорциональности в данном случае одинаков для любой геометрии сечения и зависит от эквивалентной шероховатости [7], длины участка трубопровода и скорости движения потока. Следовательно, в поставленных условиях относительное гидравлическое сопротивление будет равно отношению эквивалентных диаметров сравниваемых трубопроводов, возведенному в степень минус 1,25:

$$\frac{h_l^{y0}}{h_l^0} = \left(\frac{d_3}{d_0}\right)^{-1,25}, \quad (3)$$

где h_l^0 – удельное гидравлическое сопротивление трубы с круглым сечением.

Поскольку для расчета относительного гидравлического сопротивления рассматриваются прямоугольное и круглое сечения равной площади, отношение d_3/d_0 зависит только от соотношения сторон прямоугольника:

$$\frac{d_3}{d_0} = \frac{\sqrt{\varepsilon\pi}}{\varepsilon + 1}, \quad (4)$$

где ε – отношение длин сторон рассматриваемого прямоугольника с площадью, равной площади сравниваемого круглого сечения.

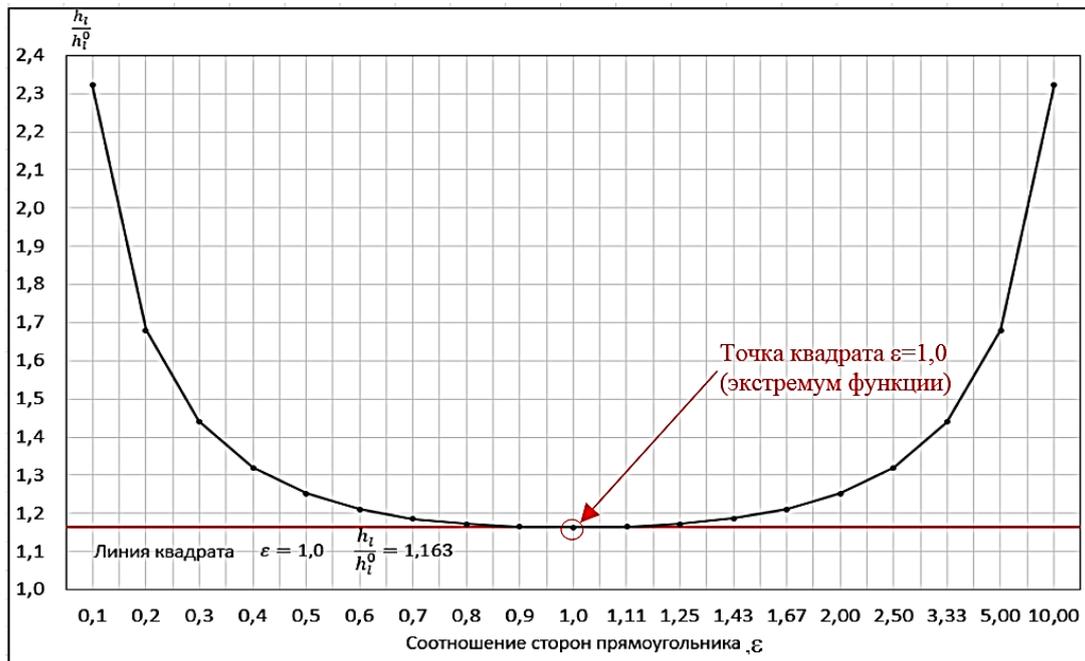


Рис. 1. Рекомендованный график

Следовательно, в пределах одного значения площади круглого сечения изменение относительного гидравлического сопротивления определяется только соотношением сторон прямоугольника с площадью сечения, равной рассматриваемому кругу:

$$\frac{h_l^{y0}}{h_l^0} = \left(\frac{\sqrt{\varepsilon\pi}}{\varepsilon + 1} \right)^{-1,25} \quad (6)$$

Чтобы графически продемонстрировать распределение относительных сопротивлений, следует строить график зависимости (5) по точкам, отражающим симметричные случаи соотношения сторон прямоугольника, то есть пары точек, где точка $f(\varepsilon = a/b)$ соответствует точке $f(\varepsilon = b/a)$, а не по сплошной области определения. Рекомендованный график приведен на рис. 1.

Следует отметить тот факт, что формула (5) справедлива для любого значения площадей сравниваемых сечений, поскольку в ней нет параметров, определяющих площадь. Поэтому для сечения любой площади с точки зрения гидравлического сопротивления прямоугольное сечение будет одинаково отличаться от круглого. Этот факт отражен на рис. 2.

Значение относительного гидравлического сопротивления при соотношении сторон равном 1,0 (квадрат) составляет 1,163. Это значение является минимумом функции (5). Из этого следует, что прямоугольное сечение менее эффективно, чем круглое, на 16,3% и более.

Чем более узкий прямоугольник, тем меньше его эффективность по сравнению с круглыми трубами.

В рассмотренном подходе в качестве характерного параметра сечения принят гидравлический радиус, однако в действительности он не является полной характеристикой геометрических особенностей сечения. Форма сечения существенно влияет на кинематическую структуру потока: распределение касательных напряжений по периметру сечения и значения пульсационных скоростей. В результате появляются вторичные течения, возникает поперечная циркуляция частиц жидкости, на поддержание которой требуются дополнительные затраты энергии. По этой причине для уточнения зависимости (5) необходимо провести лабораторные испытания для трубопроводов указанных профилей.

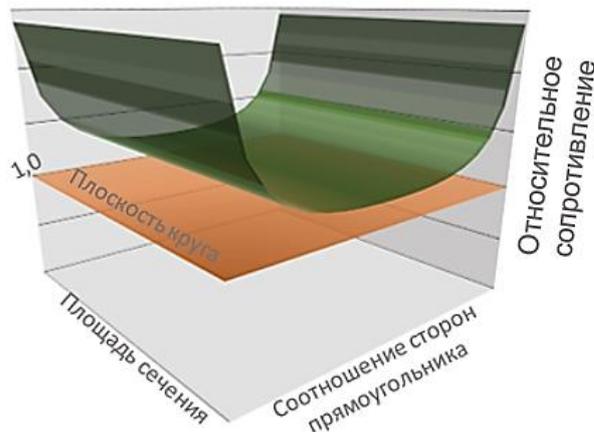


Рис. 2. Соотношение площадей

ЛИТЕРАТУРА:

1. Шапиро И.А., Фуруманов В.Б., Лариков В.В. Расчет периметров квадратных и треугольных труб в зависимости от требований стандартов. Сталь. 2007. №7. С. 68-69.
2. Батыгин Ю.В., Головащенко С.Ф., Гнатов А.В., Смирнов Д.О. Магнитное поле и давление, возбуждаемые четырьмя попарно компланарными соленоидными в полости прямоугольной трубы. Электротехника I Электромеханика. 2010. №2. С. 46-49.
3. Локтионова Е.А., Голощапова А.А., Голощапова Е.А. Фильтрационная модель гидродинамического сопротивления напорных трубопроводов. Научно-технические ведомости СПбПУ. 2019. №25(2). С. 78-86.
4. Arifjanov A., Rakhimov Q., Samiev L., Abduraimova D., Apakhodjaeva T. Hydraulic friction coefficient at hydraulic mixing movement in pressure pipelines. Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. 2020 №12(7). С. 1332-1336.
5. Кондратьев А.С. Расчет течения в призматических трубах с использованием модели плоского течения. Теоретические основы химической технологии. 2009. №43(4). С. 459-465.
6. Вайсман Н.М., Голиков В.А., Жарковский А.А. Механика жидкости и газа. Гидравлика. Учебное пособие. СПбПУ, 2016. 222 с.
7. Вихарев А.Н., Долгова И.И. Гидравлика. Режимы движения, уравнение Бернулли, потери напора, каналы. Учебное пособие. АГТУ, 2001 г. 92 с.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕННИКА

Цель работы – произвести оценку эффективности установки теплообменника для преобразования тепловой энергии от «серых» стоков для реализации подачи предварительно нагретой воды на индивидуальный газовый водонагреватель в квартире жилого дома, расположенного в г. Санкт-Петербург.

Обустройство теплообменника для выработки тепловой энергии из сточных вод – это весомый вклад в энергоэффективное строительство. Данная конструкция предполагает забор тепловой энергии, которая удаляется из жилых квартир посредством канализации. Это позволяет уменьшить потребление тепла в системах горячего водо- и теплоснабжения, а в последствии уменьшить выбросы углекислого газа.

Забор тепловой энергии производится из «серых» вод – это бытовые сточные воды, содержащие биологические (жиры и масла) и химические (моющие средства) примеси, исключая воду из туалета.

Заклучим основные положения о потенциале тепловой энергии «серых» вод:

1. Максимум температуры сточных вод совпадает с интенсивностью потребления горячей воды в доме. Это позволяет говорить о возможности использования тепла сточных вод для целей горячего водоснабжения;
2. Изменение температуры сточных вод жилых зданий не зависит от дня недели и имеет циклический характер, возрастая утром и вечером до 20-35 °С, и понижаясь ночью и днём до 10-15 °С;
3. Для регионов Российской Федерации общее количество часов за неделю, когда температура сточных вод выше 20 °С, в пересчете на сутки соответствует 4,5 дня. Это время, когда потенциал тепла сточных вод высок и максимально эффективен для использования.

Оценка эффективности теплообменника будет производится по экономической составляющей: оценка затрат в денежном эквиваленте, требуемая на нагрев воды.

Введем следующие данные: в ранее обозначенной квартире проживает семья в составе трех человек. Время приема душа занимает 10 мин. Количество процедур в день – три раза (два раза). Имеет смысл учитывать разное количество принятия процедур в качестве сравнения.

Вводные данные: для нагрева 1 м³ воды температурой 55°С нужно затратить 0,055 Гкал тепла. Объем природного газа, требуемого для сжигания 0,055 Гкал равен 6,32 м³. Расход горячей воды от сантехнического прибора (душевая кабина с мелким поддоном и смесителем) примем 60 л/ч [1]. По выбранной модели потребления ГВС, расход горячей воды составляет 10,95 (7,3) м³ на семью из 3 чел./год. Общие затраты на приготовление воды в денежном эквиваленте составят 454,06 (302,68) руб./год.

Для преобразования тепловой энергии выберем горизонтальный тип теплообменника (эффективность установки составляет 45%) [4], установка которого производится под поддон душевой кабины (рис. 1). Конструкция теплообменника состоит из змеевика, размещенного под поддоном, в сердцевине которого находится медный трубопровод (Ø16x1,5).

Алгоритм: по медному трубопроводу подается холодная вода температурой 5 °С на змеевик. После теплообменника предварительно нагретая вода подается на газовый водонагреватель где приготавливается до необходимых 60 °С [2].

Задаваясь формулой эффективности установки (1), можно найти температуру предварительно нагретой холодной воды при различных температурах сточной воды и заданном проценте эффективности. Полученные результаты сведем в Таблицу 1.

$$\varepsilon = \frac{T_{x.o.} - T_{x.п.}}{T_{c.п.} - T_{x.п.}}, \quad (1)$$

где $T_{x.o.}$ – температура предварительно нагретой воды (ХВС), проходящая через теплообменник, °С; $T_{x.п.}$ – температура холодной воды, принимаемая равной 5 °С; $T_{c.п.}$ – температура «серых» стоков, принимаемая равной 15 °С, 20 °С, 35 °С.

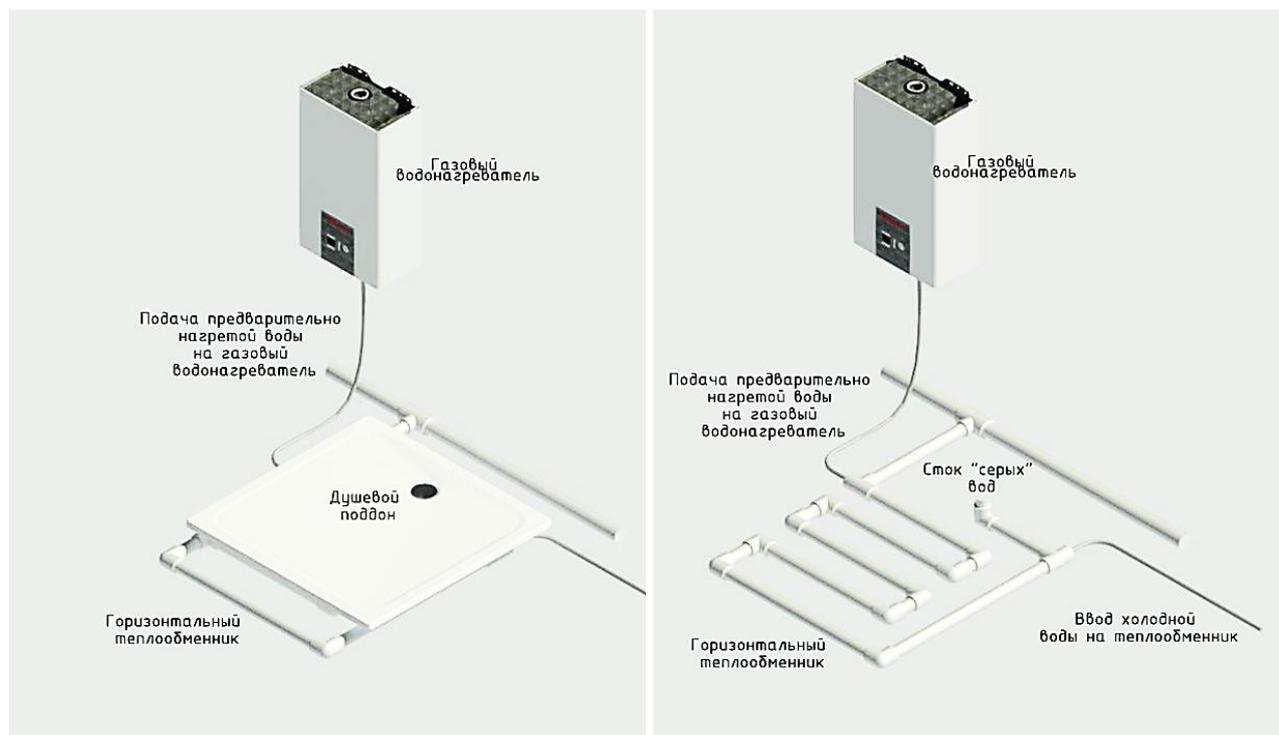


Рис. 1. Установка теплообменника: а – с душевым поддоном; б – без душевого поддона.

Таблица 1 – Температура предварительно нагретой воды на газовый водонагреватель

Температура «серых» стоков, °С	15	20	35
$T_{x.o.}, °С$	9,5	12	18,5

Произведем расчет затрат на нагрев воды, прошедшей горизонтальный теплообменник, и сравним с затратами без установки теплообменника. Полученные данные сведем в Таблицу 2.

Таблица 2 – Затраты на нагрев воды (в ценах по тарифам от 12.03.2021)

Температура «серых» стоков, °С	15	20	35
Затраты на нагрев воды при расходе горячей воды 10,95 м ³ /год, руб./год	416,84	396,24	342,58
Экономия на нагрев воды, руб./год	37,22	57,82	111,48
Затраты на нагрев воды при расходе горячей воды 7,3 м ³ /год, руб./год	277,92	264,16	228,39
Экономия на нагрев воды, руб./год	24,76	38,52	74,29

Выводы:

- максимальная экономия составила 111,48 руб./год, соответственно данный тип теплообменника выгоден в долгосрочной перспективе для индивидуального пользования собственниками квартир. Целесообразней установить горизонтальный теплообменник в местах с увеличенным количеством «серых» стоков (общежитие, спортзал);

- эффективность установки может быть выше (до 60%), за счет уменьшения толщины стенки медного трубопровода до 0,79 мм и увеличением числа витков на змеевике;
- сэкономленные затраты могут варьироваться в зависимости от потребления горячей воды, а также от температуры «серых» стоков;
- замена материала с меди на теплопроводящий полипропилен (PP-GR) не только увеличивает эффект теплопроводности, но и уменьшает выбросы углекислого газа в окружающую среду на протяжении жизненного цикла материала (меньше ресурсов и энергии при производстве, может использоваться повторно) [5].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бежан А.В. Оценка потенциала тепла сточных вод в многоквартирных жилых зданиях (на примере г. Апатиты) // Труды Кольского научного центра РАН. 2013. №2 (15). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-potentsiala-tepla-stochnyh-vod-v-mnogokvartirnyh-zhilyh-zdaniyah-na-primere-g-apatity>.
2. СанПиН 2.1.4.2496-09. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения
3. СП 30.13330.2016. Внутренний водопровод и канализация зданий
4. McNabola, A., & Shields, K. (2013). Efficient drain water heat recovery in horizontal domestic shower drains. *Energy and Buildings*, 59, 44–49. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.12.026>
5. Schestak, I., Spriet, J., Styles, D., & Williams, A. P. (2020). Emissions down the drain: Balancing life cycle energy and greenhouse gas savings with resource use for heat recovery from kitchen drains. *Journal of Environmental Management*, 271, 110988. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110988>

УДК 620.93

Д.С. Тихонова, М.И. Куколев

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА РОССИИ И МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ

В 2019 г. доля возобновляемых источников энергии (включая гидроэнергию) в мировом энергетическом балансе достигла показателя 27% [1] от общей выработки электричества, что соответствует восходящей тенденции, начавшейся в 2000-х.

Этот рост в основном обусловлен запуском новых ветровых и солнечных электростанций, так как с 2000 г. доля гидроэнергии в мировом энергетическом балансе в целом остается на уровне 15 %. Продолжающееся падение стоимости технологий в ветровой и солнечной энергетике и амбициозные программы по борьбе с изменениями климата в ЕС, США, Китае, Индии, Японии и Австралии способствовали увеличению генерирующих мощностей и выработке электроэнергии из возобновляемых источников.

На долю ВИЭ сегодня приходится 35 % энергетического баланса в ЕС, 27 % в Китае, 21 % в Индии и около 18 % в США, России и Японии [1].

В 2009 году в целях поддержки использования возобновляемых источников энергии было основано «Международное агентство по возобновляемым источникам энергии» (англ. International Renewable Energy Agency, IRENA), штаб-квартира расположена в Абу-Даби, ОАЭ [2]. В 2014 году Россия вступила в данное сообщество.

Международный сайт IRENA предоставляет доступ к последней актуальной информации о возобновляемых источниках энергии, в том числе к техническим и статистическим данным, запрашиваемых у стран-участников сообщества. Для визуального представления данных на сайте есть инструмент, позволяющий выводить данные в виде связанных панелей мониторинга.

Для определения приоритетных направлений развития возобновляемой энергетики России в соответствии с общемировыми тенденциями необходим сравнительный анализ статистических данных.

Цель работы: анализ развития возобновляемой энергетики России в сравнении с мировыми лидерами в отрасли на основании статистических данных международных агентств.

Задачи:

- визуализировать данные общемирового развития возобновляемой энергетики;
- проследить динамику развития возобновляемой энергетики России, получить аналогичные данные для мировых лидеров в области ВИЭ;
- соотнести полученные результаты, представить выводы и направления развития отрасли возобновляемой энергетики России

Представление и анализ данных в виде статистических диаграмм, полученных на основании данных организации IRENA.

Диаграмма 1 (рис. 1) наглядно показывает тенденции мирового роста в использовании солнечной, геотермальной, ветряной энергии и гидроэнергетики за последние два десятилетия. В начале века основная доля выработки возобновляемой энергии приходится на гидроэнергетику. За последнее десятилетие значительно выросло получение энергии из других возобновляемых источников.

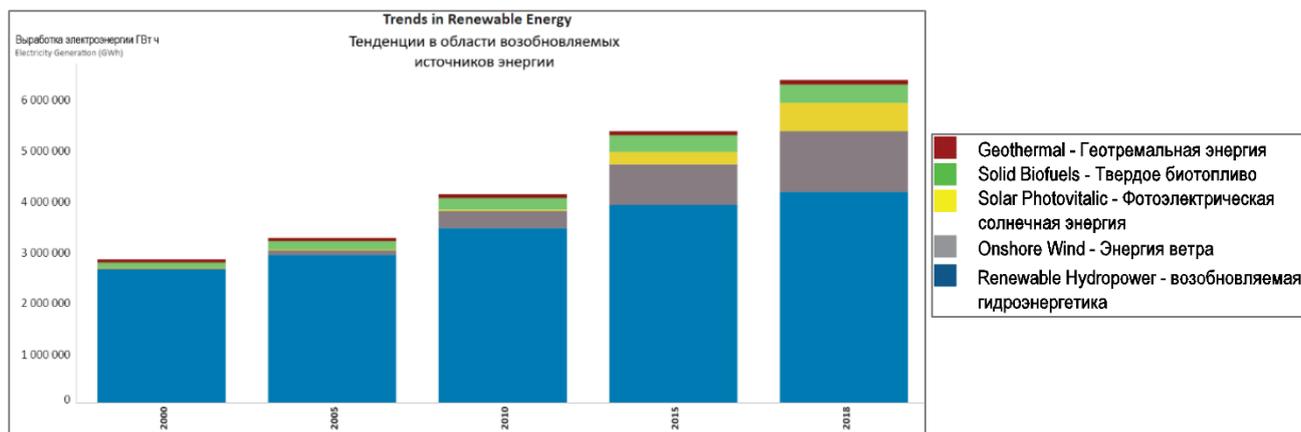


Рис. 1. Мировые тенденции в области возобновляемых источников энергии

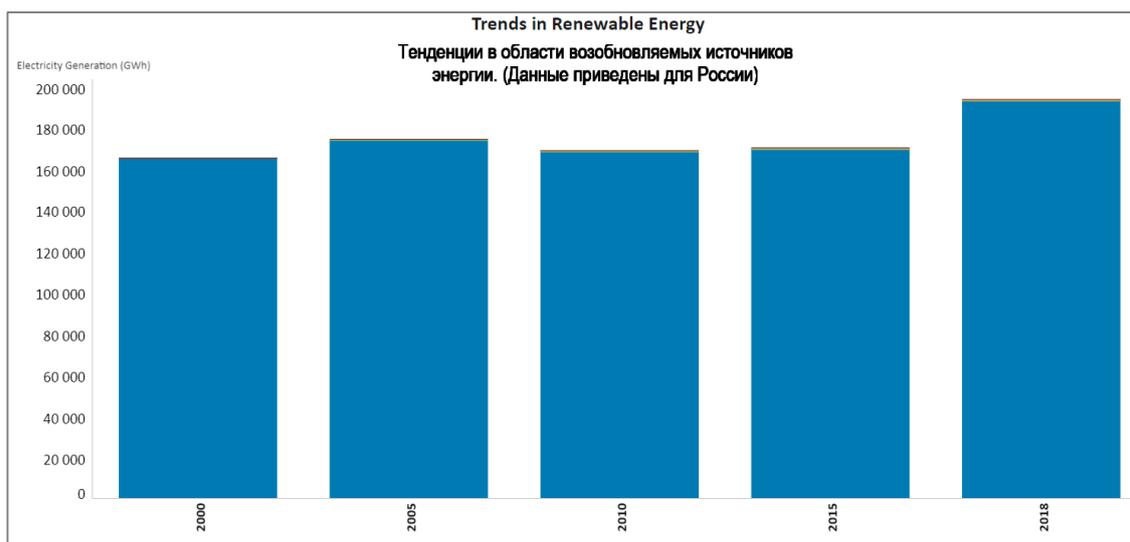


Рис. 2. Тенденции России в области возобновляемых источников энергии

На второй диаграмме представлены аналогичные данные для России. За двадцать лет объем выработки гидроэнергии остается стабильным, приобретая небольшой рост за

последние 5 лет. Объемы выработки остальных видов возобновляемой энергии имеют скачки роста в 2005 и 2018 годах, но не отличаются высокими мощностями рис. 3.

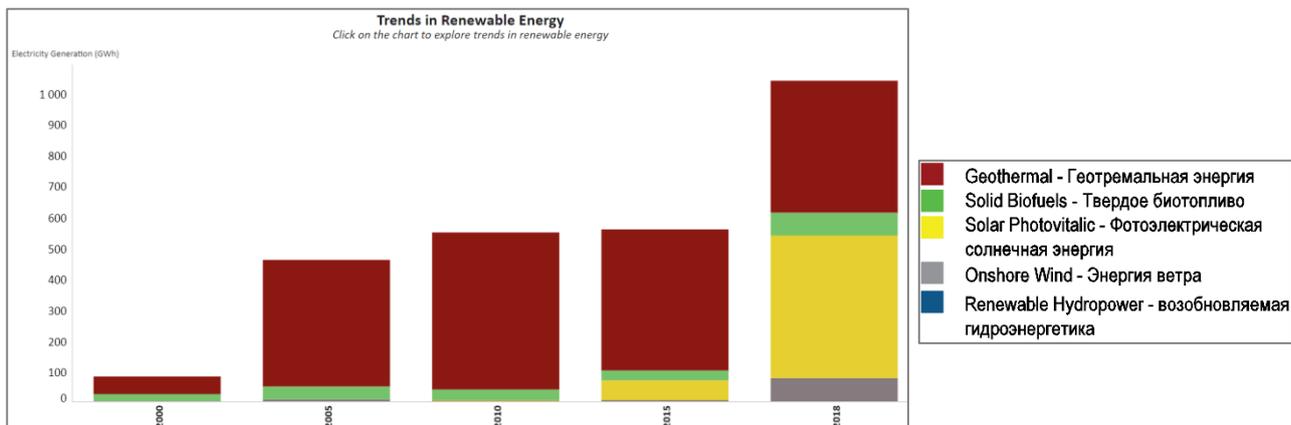


Рис. 3. Тенденции России в области возобновляемых источников энергии, альтернативных гидроэнергетике

Для понимания разницы в объемах производства возобновляемой энергии Россией и другими крупными странами для сравнения приведена аналогичная диаграмма для Соединенных штатов Америки рис. 4.

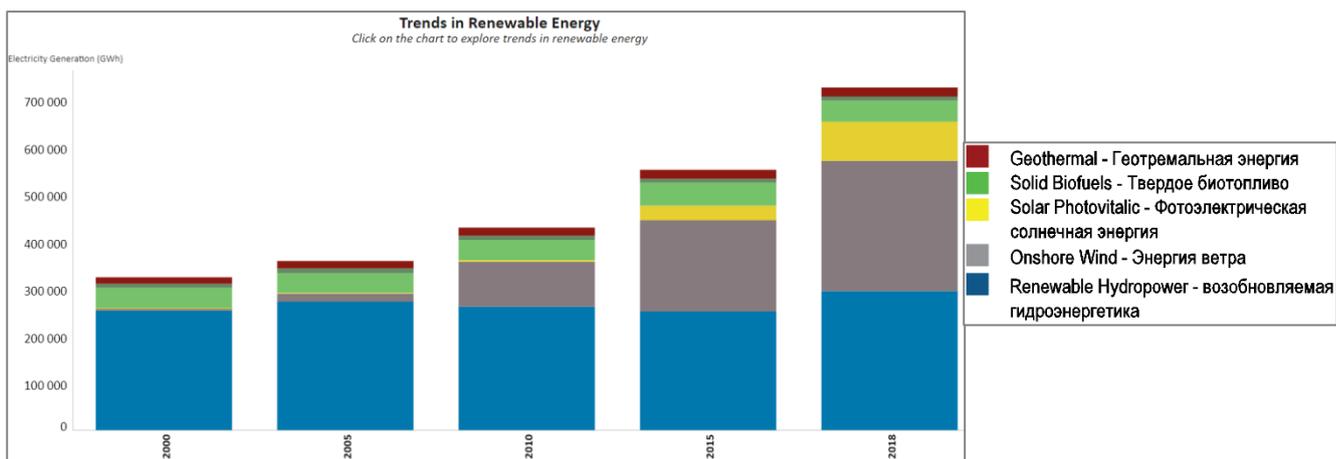


Рис. 4. Тенденции США в области возобновляемых источников энергии

Из сравнения графиков видно следующее – Россия не уступает в выработке гидроэнергии в отношении на душу населения, но вырабатывает в 22 раза меньше геотермальной энергии, в 88 раз меньше солнечной энергии, в 1790 раз меньше ветряной энергии (сравнения приведено пропорционально населению каждой из стран).

Недостатком многих ВИЭ является сезонность выработки и зависимость от погодных условий. Для эффективного использования возобновляемых источников необходимо усовершенствование существующих и создание новых систем накопления и хранения полученной энергии.

Выводы:

- Возобновляемая энергетика России характеризуется высокими мощностями выработки гидроэнергетики, занимая 5 место в мире по количеству ГВт энергии.
- В период с 2005 по 2020 было уделено внимание развитию геотермальной и солнечной энергии, достигнуты мощности выработки по 500 ГВт.

- ВИЭ России характеризуются слабым ростом в сравнении с мировыми лидерами в отрасли. Отсутствует динамика стабильного роста выработки возобновляемой энергии.

Потенциальные направления развития ВИЭ России:

- Ввод в эксплуатацию новых источников генерации возобновляемой энергии в соответствии с климатическими особенностями регионов страны.
- Развитие систем накопления и хранения энергии для стабильной подачи потребителям в целях независимости от погодных условий и цикличности выработки возобновляемой энергии.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Статистический ежегодник мировой энергетики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://yearbook.enerdata.ru/>. – (Дата обращения 11.03.2021)
2. International Renewable Energy Agency [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://irena.org/Statistics>. – (Дата обращения 09.03.2021)
3. Калимуллин Л.В., Левченко Д.К., Смирнова Ю.Б., Тузикова Е.С. Приоритетные направления, ключевые технологии и сценарии развития систем накопления энергии. // Вестник МГСУ. – 2019. №1. – С. 43-54.
4. Krause K. What does an energy storage system look like // Affiliated engineers, Madison, Wisconsin, January 27, 2020.

УДК 621.578

С.Е. Сурмин, М.И. Куколев

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОТЫ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ В СИСТЕМАХ ТРИГЕНЕРАЦИИ

Стоимость ископаемых энергетических ресурсов в мире неуклонно возрастает с одновременным уменьшением их природных запасов. Более того, человечество стремится к снижению количества выбросов продуктов горения углеродного сырья в атмосферу. Эти и другие факторы привели к необходимости создания научным сообществом способов повышения энергоэффективности процессов генерации энергии. В частности, возникло понятие тригенерации – процесса одновременного электро-, тепло- и холодоснабжения зданий и сооружений на основе одного источника энергии. В результате данной оптимизации достигается значение коэффициента использования теплоты топлива (КИТТ) 80% и выше [1, 2].

Однако, несмотря на значительные достижения науки в области повышения энергоэффективности процессов производства энергии, ранее научным сообществом не рассматривалась возможность повышения КИТТ за счет использования в тригенерации эффекта Ранка-Хильша (вихревого эффекта) [3].

Целью работы является предложение и обоснование увеличения энергоэффективности тригенерационных установок за счет применения вихревого эффекта в целях утилизации теплоты отработавших газов. Работа выполнена аналитическим методом. В процессе выполнения были решены следующие задачи:

1. Определение физических параметров отработавших газов современных тригенерационных установок;
2. Анализ эффективности вихревого эффекта при данных параметрах отработавших газов на основании экспериментальных данных, представленных ранее в научных публикациях;
3. Оценка возможности и эффективности утилизации теплоты отработавших газов тригенерационной установки путем внедрения в схему установки вихревой трубы.

Вышеупомянутый вихревой эффект был открыт в 1931 г. Ж.Ж. Ранком при измерении температуры в промышленном циклоне [4]. Эффект представляет собой температурное разделение закрученного потока газа в вихревой трубе (рис. 1).

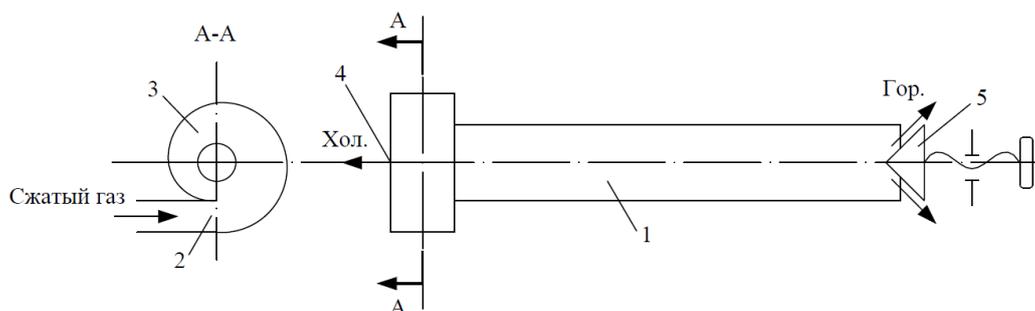


Рис. 1. Схема вихревой трубы [5]:

1 – гладкая цилиндрическая труба; 2 – тангенциальное сопло;
3 – входная улитка; 4 – диафрагма; 5 – дроссельный кран

Поток с пониженной температурой формируется в центре сечения и покидает трубу через диафрагму, а поток с повышенной температурой образуется на периферии и покидает трубу через дроссельный кран [3]. Температурное разделение может быть значительным: при давлении поступающего в трубу газа 6 бар и температуре 20 °С температура на «холодном» и «горячем» концах трубки согласно эксперименту составляет -50 °С и 100 °С соответственно [4].

В современных тригенерационных установках, как правило, используются парогазовые энергетические установки (ПГУ), вырабатывающие электроэнергию. Бросовое тепло, выделяющееся в процессе работы ПГУ в основном в виде теплоты отработавших газов, утилизируется в котле-утилизаторе. С помощью теплообменного контура тепловая энергия из котла-утилизатора передается системе отопления и горячего водоснабжения здания, а также питает абсорбционную бромисто-литиевую холодильную машину (АБХМ), наиболее часто применяемую в тригенерации для холодоснабжения [1].

Удельная тепловая энергия отработавших газов, покидающих котел-утилизатор, считается низкопотенциальной и не пригодной для извлечения из нее энергии. Путем анализа было установлено, что, в зависимости от конструкции ПГУ и котла-утилизатора, отработавшие газы на выходе имеют следующие характеристики: избыточное давление 0,35-0,45 МПа и температуру 90-100 °С [1]. Согласно экспериментальным данным, полученным В.И. Кузнецовым и В.В. Макаровым [3], такого давления и температуры газов достаточно для эффективного температурного разделения при их подаче в вихревую трубу. Исходя из этого, предлагается технологическая схема тригенерационной установки с вихревой трубой (рис. 2).

Из котла-утилизатора поток отработавших газов через входную улитку попадает в вихревую трубу. Опираясь на экспериментальные данные В.И. Кузнецова и В.В. Макарова, можно сделать вывод, что при указанных исходных параметрах отработавших газов при массовой доле холодного потока равной 0,3, температура газа на холодном выходе составит 30-40°С, на горячем – 115-125 °С [3].

Поток отработавших газов с пониженной температурой направляется в теплообменник типа «газ-жидкость», расположенный на контуре рубашки охлаждения ПГУ, а поток с повышенной температурой – в теплообменник того же типа «газ-жидкость» контура циркуляции теплоносителя, предназначенного для теплоснабжения потребителя (горячее водоснабжение и отопление) и контура нагрева АБХМ. Различие температур в контурах и потоков отработавших газов, проходящих через теплообменники на данных контурах, указывает на возможность осуществления полезного теплообмена.

Для поверхностных теплообменных аппаратов тепловой поток от горячего теплоносителя к холодному Q , Вт, может быть найден как $Q = KF\Delta t_{cp}$, где K – коэффициент теплопередачи, Вт/м²·К; F – площадь поверхности теплопередачи, м²; Δt_{cp} – средняя по поверхности теплопередачи разность температур между горячим и холодным теплоносителями, К [6].

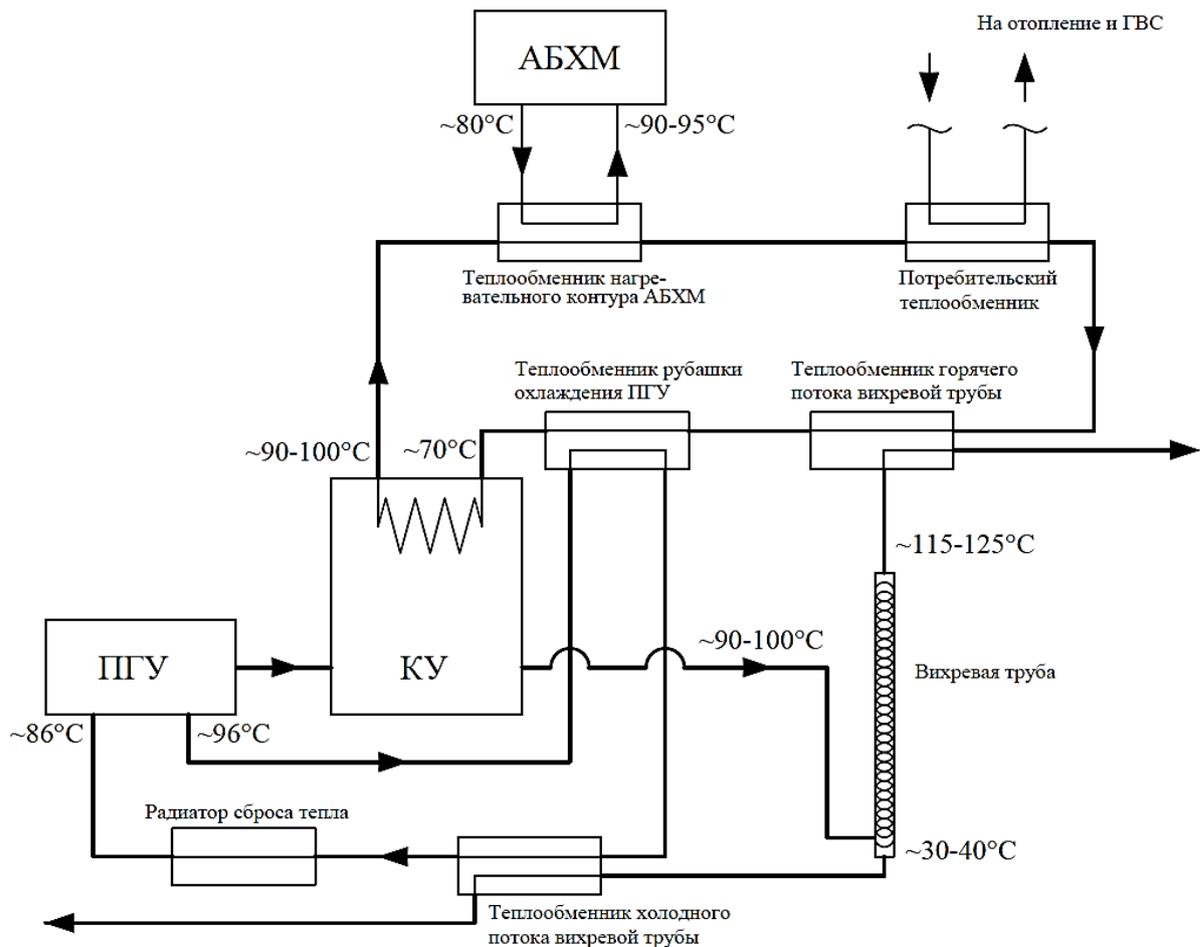


Рис. 2. Технологическая схема тригенерационной установки [5]: ПГУ – парогазовая установка; КУ – котел-утилизатор; АБХМ – абсорбционная бромистолитиевая холодильная машина

В условиях вида теплообмена «газ-жидкость» $K \approx 10 \div 60 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ [6], F для предварительного расчета может быть принята как 50 м^2 . Тогда тепловой поток в обоих теплообменниках окажется на уровне 100 кВт .

Если в контурах рубашки охлаждения и теплоснабжения потребителя циркулирует вода со средней скоростью около 1 м/с , то примерный расход V теплоносителя в контурах будет равен $0,2 \text{ м}^3/\text{с}$. Теплоемкость воды c равна $4200 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$, плотность ρ равна 1000 кг/м^3 . В таком случае в процессе прохождения теплоносителя через теплообменник его температура будет меняться со средней скоростью $\Delta t = Q / cV\rho \approx 0,1 \text{ К/с}$.

Выводы. Применение вихревой трубы в системе тригенерации может оказать положительный эффект на энергоэффективность и увеличить КИТТ. Необходимо более детальное рассмотрение процесса теплообмена между температурно разделенными потоками отработавших газов и контуров теплоносителя системы тригенерации для получения более точных данных о его эффективности. Также необходимо учитывать, что дополнительные устройства и мероприятия по повышению эффективности установки не должны приводить к возрастанию противодавления в системе выпуска отработавших газов. В дальнейшем требуется осуществить анализ экономической эффективности предлагаемых мер повышения КИТТ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Батенин В.М., Масленников В.М., Выскубенко Ю.А., Цалко Э.А., Штеренберг В.Я. Парогазовая энергетическая установка для комбинированной выработки электрической энергии, теплоты и холода (тригенерация) // Теплофизика высоких температур. 2014. №6(52). С. 934-940.
2. Шелгунов А.В. Сравнительный анализ автономных энергоцентров с когенерацией и тригенерацией // Силовое и энергетическое оборудование. Автономные системы. 2019. №3(2). С. 129-140.
3. Кузнецов В.И. Макаров В.В. Эффект Ранка: эксперимент, теория, расчет / В.И. Кузнецов, В.В. Макаров. – М.: Инновационное машиностроение, 2017. – 376 с.
4. Коркодинов Я.А., Хурматуллин О.Г. Применение эффекта Ранка-Хильша // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. 2012. №4. С. 42-53.
5. Сурмин С.Е. Применение вихревой трубы в системах тригенерации / С.Е. Сурмин, А.А. Шумихина, М.И. Куколев // материалы II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. – Архангельск: Издательский дом им. В.Н. Булатова САФУ, 2021. – С. 167-169.
6. Романков П.Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи): учеб. пособие для вузов / П.Г. Романков, В.Ф. Фролов, О.М. Флисюк. – СПб : ХИМИЗДАТ, 2009. – 544 с.

УДК 620.97

П.Ю. Дворниченко, М.И. Куколев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СФЕРИЧЕСКОЙ КАПСУЛЫ ТЕПЛОВОГО НАКОПИТЕЛЯ ЭНЕРГИИ

В оборудовании различного назначения с успехом применяются теплообменные аппараты, содержащие сферические элементы. Достаточно подробно исследованы процессы теплообмена при обтекании таких элементов потоком теплоносителя энергетической установки [1-3]. При этом, в качестве сферических элементов, рассматривались объекты без фазовых переходов внутри них. Представляет интерес установление связи процессов теплообмена внутри сферической ячейки с параметрами обтекающего потока. Такие ячейки (капсулы) применимы для тепловых накопителей (ТН).

Цель работы – получение зависимостей для оценки термодинамической эффективности сферической капсулы с плавящимся теплоаккумулирующим материалом (ТАМ) при обтекании её потоком теплоносителя.

Для достижения поставленной цели была построена расчетная модель (рис.1).

Набегающий на сферу поток теплоносителя имеет температуру T_{ci} . Температура ТАМ – T_m , граница фазового перехода перемещается от внешнего диаметра к внутреннему.

Температура обтекающего потока теплоносителя за сферической капсулой [4]:

$$T_{co} = T_{ci} - (T_{ci} - T_m) \frac{N_c w_c}{\eta_c} R_c, \quad (1)$$

где N_c – безразмерное число теплопередачи; w_c – безразмерная скорость передвижения границы фазового перехода; η_c – энергетический коэффициент полезного действия; R_c – коэффициент формы капсулы.

Безразмерное число теплопередачи зависит от числа теплопередачи K_c , площади поверхности теплообмена $F(r_1)$, секундного массового расхода обтекающего ячейку потока m_c и его удельной теплоемкости c_p :

$$N_c = \frac{K_c F(r_1)}{m_c c_p}.$$

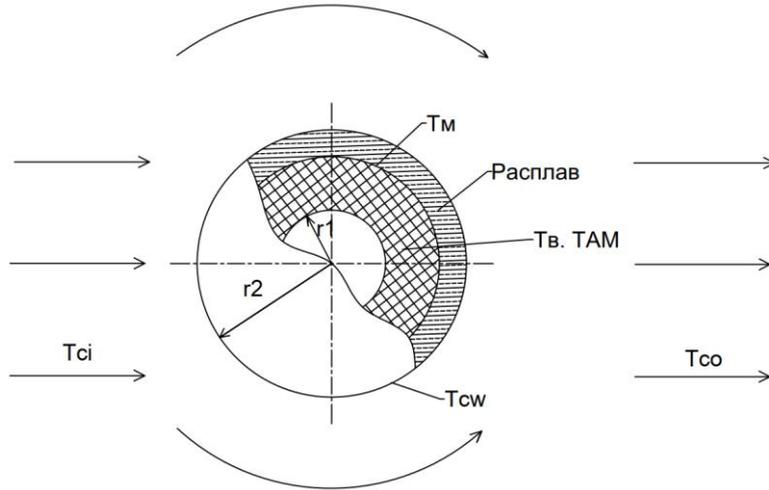


Рис. 1. Расчетная схема модели

В свою очередь, безразмерная скорость передвижения границы фазового перехода для процесса конвекции:

$$w_{cl} = \frac{1 - \exp(-N_c)}{N_c R_{cl}} \eta_c,$$

и теплопроводности:

$$w_{chl} = -0,5 \frac{N_c + 1}{\tau_c \eta_c} + \left[\left(0,5 \frac{N_c + 1}{\tau_c \eta_c} \right)^2 + \frac{1}{R_{chl} \tau_c} \right]^{0,5}.$$

Безразмерное время процесса τ_c зависит от теплофизических свойств ТАМ:

$$\tau_c = \frac{t_c K_c^2 (T_{ci} - T_m)}{\lambda_l \rho_l L},$$

где t_c – размерное время протекания процесса; λ_l , ρ_l и L – соответственно, теплопроводность, плотность и скрытая удельная теплота плавления ТАМ.

Коэффициент формы ячейки R_c учитывает соотношение начальной и конечной площадей границы фазового перехода Φ и зависит от безразмерного времени τ_c :

$$R_c = \tau_c \frac{d\Phi^{-1}}{d\tau_c} + \Phi^{-1}, \quad (2)$$

где соотношение начальной и конечной площадей границы фазового перехода Φ для сферической ячейки:

$$\Phi = 1 - \frac{w_c \tau_c}{p_c}, \quad (3)$$

причем комплекс p_c зависит от начального диаметра границы фазового перехода d_{cl} и отношения коэффициента теплопередачи K_c к коэффициенту теплопроводности расплава:

$$p_c = \frac{K_c d_{cl}}{2\lambda_l}. \quad (4)$$

С учетом (4), подставляем (3) в (2):

$$R_c = \left[\frac{w_c \tau_c}{p_c} - 1 \right]^{-2}. \quad (5)$$

Предложены зависимости безразмерной скорости передвижения границы фазового перехода для сферической ячейки при конвекции:

$$w_{cl} = \frac{p_c^2 - \left[p_c^3 \left(p_c + 4 \frac{b}{\tau_c} \right) \right]^{0.5}}{2b} + \frac{p_c}{\tau_c}, \quad (6)$$

где $b = \frac{1 - \exp(-N_c)}{N_c} \tau_c^2 \eta_c$ и теплопроводности:

$$w_{cl} = \frac{ap_c^2 + p_c - \left[a^2 p_c^4 + 2ap_c^3 + p_c^4 - 2p_c^2 \tau_c + p_c^2 + \tau_c^2 \right]^{0.5}}{\tau_c - p_c^2}, \quad (7)$$

где $a = 0,5 \frac{N_c + 1}{\tau_c \eta_c}$.

Температура стенки ячейки с ТАМ:

$$T_{cw} = T_m + (T_{ci} - T_m) w_c^2 \tau_c R_c. \quad (8)$$

Эффективность процесса заряда оценивается эксергетическим КПД:

$$\Psi_c = \frac{\bar{T}_m - 1}{\bar{T}_m} \eta_c \frac{\bar{T}_{ci} A}{\bar{T}_{ci} A + \eta_c \ln(1 - A \eta_c^{-1})}, \quad (9)$$

где $A = \left(1 - \frac{\bar{T}_m - 1}{\bar{T}_{ci}} \right) N_c w_c R_c$; $\bar{T}_m = \frac{T_m}{T_{ds}}$ и $\bar{T}_{ci} = \frac{T_{ci}}{T_{ds}}$.

Следует отметить, если определяющим механизмом переноса теплоты в капсуле является конвекция, то, подставив w_{cl} в (1) мы получаем зависимость:

$$T_{co} = T_{ci} - (T_{ci} - T_m) [1 - \exp(-N_c)], \quad (10)$$

откуда видно, что T_{co} не зависит от формы капсулы и безразмерной скорости границы фазового перехода, что совпадает с [5].

Таким образом, рассчитав (4) и (5), в зависимости от определяющего процесса теплообмена, получаем безразмерную скорость передвижения границы фазового перехода (6) или (7). Это позволяет оценить термодинамическую эффективность сферической капсулы теплового накопителя энергии по выражению (9) и рассчитать температуры стенки ячейки с ТАМ (8) и обтекающего потока теплоносителя за сферической капсулой (1) или (10).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Деменок С.Л., Медведев В.В., Сивуха С.М. Гидродинамика и теплообмен в шаровых укладках: монография. – СПб.: Страта, 2012. – 192 с.
2. Сорокин В. В. Гидравлика и теплообмен шаровых засыпок в условиях активной зоны водо-водяных ядерных реакторов с микротвэлами / В. В. Сорокин. – Минск :Беларус. навука, 2010. – 191 с.
3. Дворниченко П.Ю. Оценка эффективности заряда регенератора с плавящимся теплоаккумулирующим материалом // WebofScholar.2016. ISSN 2518-167X.
4. Куколев М.И. Основы проектирования тепловых накопителей энергии. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2001. – 240 с.
5. Aceves-Saborio S., Nakamura H., Reistad G. Optimum Efficiencies and Phase Change Temperatures in Latent Heat Storage Systems // Journal of Energy Resources Technology. – 1994. – V. 116. – P. 79 – 86.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ
ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЛАВКРАНОВ**

Цель работы – определение граничных условий для расчета буксировки и системы якорного позиционирования плавкранов.

За последнее время плавучие краны как класс судов технического флота понесли существенные качественные изменения, в ходе которых выявились некоторые новые направления их развития. В данной статье рассмотрены и определены основные параметры для расчетов, определяющих граничные условия для их буксировки и позиционирования, основанные на данных из различных нормативных документов, действующих на территории Российской Федерации.

В статье рассмотрены ограничения для плавкранов, предназначенных для освоения нефтегазовых месторождений на континентальном шельфе. Данные плавкраны, для увеличения грузоподъемности, относятся к классу несамоходных, по конструкции к классу неповоротных. Поэтому, к месту эксплуатации кран доставляют с помощью специализированных судов – буксиров.

Во время морской операции по транспортировке, используют три буксира: два спереди и один сзади (тормозящий). При этом вычисляют разрывное усилие тросов и необходимую длину тросов (но не менее 700 м) согласно «Правила разработки и проведения морских операций» Российского морского регистра судоходства 2017 г.

Основное условие для транспортировки – это сохранение остойчивости плавкрана. Основным критерием безопасности является значение метацентрической высоты, которая должна быть положительной и не хуже 1,5 м во всех направлениях. Для увеличения остойчивости плавучего крана его конструируют, стремясь как можно больше понизить его центр тяжести. Понтоны плавучих кранов средней и большой грузоподъемности снабжают продольными и поперечными переборками, что обеспечивает его непотопляемость. Кроме того, такие краны как правило имеют два положения: ходовое и рабочее. При рабочем положении часть объема понтона через кингстоны заполняется забортной водой, которая является балластом.

В абсолютном большинстве случаев удержание плавучих кранов достигается якорными системами, которые воспринимают действующие на плавучий объект нагрузки от ветра, течения, волнения и передают их на грунты дна, удерживают плавкран на заданной точке акватории, ограничивают перемещения при действии внешних сил и обеспечивают нормальные условия эксплуатации объекта. Поскольку нагрузка на борту крана распределена неравномерно, необходимо учитывать возможность удержания плавкрана на рабочей точке и его нормальная эксплуатация.

В качестве критериев удержания плавкрана приняты требования к коэффициентам безопасности по нагрузкам в якорных связях, приведенные в «Правилах классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ» Российского морского регистра судоходства 2018 г. в связи с отсутствием аналогичных правил для плавучих кранов.

Во время эксплуатации плавкраны разных конструкций могут поднимать грузы массой до 10 тыс. т, применяемые тросы имеют трехкратный запас для разрывного усилия. Поэтому во время работы требуется соблюдать условия качки, чтобы не произошло аварии. Согласно «Правилам разработки и проведения морских операций» Российского морского регистра судоходства 2017 г. Угол крена должен быть не более 2°.

Также, необходимо выполнить ограничения на угловые перемещения плавкрана и обеспечить нормативный запас прочности якорных связей в режиме эксплуатации и выживания (таблица 1).

Таблица 1 – Предельно допустимые угловые перемещения и коэффициенты запаса прочности связей

Режим	Предельное горизонтальное смещение, м	Предельный параметр качки, град	Коэффициент запаса прочности связей	
			Статический метод	Динамический метод
Эксплуатация	5-6 % глубины акватории	2	$\geq 2,7$	$\geq 2,0$
Выживание	-	10	$\geq 1,8$	$\geq 1,5$

Помимо этого, должна быть обеспечена неподвижность якорей во всех режимах работы плавкрана (коэффициент запаса по распуру в режиме выживания должен быть не меньше 1 по отношению к держащей силе якоря, в режиме эксплуатации – не менее 1,8).

Численный анализ внешних нагрузок на плавкран под действием волнения, течения и ветра, а также анализ его поведения под действием внешних сил может быть осуществлен с помощью специализированного программного комплекса «Anchored Structures», разработанного группой научных сотрудников Санкт-Петербургского политехнического университета и имеющего действующий сертификат Российского Морского Регистра Судоходства № 17.00429.314 от 27.03.2017.

Данный программный комплекс предназначен для статического и динамического анализа свободно плавающих, заякоренных или стационарных морских объектов и, как правило, применяется для научно-технического обоснования проектов морских сооружений. Функциональные возможности данного программного комплекса позволяют определить поведение моделируемого объекта под действием различных внешних условий. Поэтому, для формирования конкретных выводов по результатам моделирования, необходимо иметь представления граничных условиях для моделируемого объекта, опирающихся на действующие нормативные документы.

В работе определены основные граничные условия для расчета буксировки и системы позиционирования плавкранов. Эти параметры, в дальнейшем, могут быть стандартизированы и объединены в единый нормативный документ для расчета плавкранов в различных условиях эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок (ПБУ) и морских стационарных платформ (МСП), Морской Регистр, 2018.
2. Правила разработки и проведения морских операций, Морской Регистр, 2017.
3. Правила по грузоподъемным устройствам морских судов, Морской Регистр, 2017.
4. Кульмач П.П. Якорные системы удержания плавучих объектов (Вопросы статики и динамики плавучих сооружений на якорях). Судостроение, 1980, р. 336.
5. Морева И.Н. Морские плавучие краны. Актуальные вопросы проектирования, постройки и эксплуатации морских судов и сооружений. Труды региональной научно-практической конференции. 2018. С. 176-180.
6. Большев А.С., Фролов С.А., Кутейников М.А. Математическое моделирование поведения морских плавучих объектов в программном комплексе «Anchored Structures». Научно-технический сборник РМРС, вып. 36, 2013.

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ РЫБОВОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Цель работы – разработать рыбоводческий комплекс на излучине реки Капша, рядом с деревней Усть-Капша для разведения ценных пород промысловой рыбы семейства лососевых – сига. Производство товарной рыбы в данном комплексе будет начинаться с выращивания мальков в выростных прудах и заканчиваться на стадии сеголеток. Трудность сигаководства заключается в том, что данная отрасль достаточно молода и не имеет в полной мере отработанных технологических приемов, а промысел рыбы нуждается в разумном комбинировании рыболовства и рыбоводства, в котором человек является не только потребителем рыбных запасов, но и их создателем [1].

Разрабатываемый рыбоводческий комплекс состоит из следующих основных сооружений: подпорные стенки «Редар», водоприемник с донным водовыпуском типа «Монах», подпорная плотина, рыбозащитные устройства, рыбозаградительные сооружения.

Для поддержания экологической чистоты и прозрачности пресной воды в проектируемых водоемах, а также в связи со слабой развитостью инфраструктуры района строительства, в качестве основного строительного материала максимально используется дерево таких влагостойких пород как сосна и лиственница.

Сосновые брусья, которые будут воспринимать основную нагрузку на подпорную стенку, легко поддаются обработке, устойчивы к гниению, благодаря повсеместной распространенности имеют низкую стоимость. Из лиственницы будет выполнен фасадный плоский щит пруда так как она обладает высокой прочностью, долговечностью и невосприимчива к воздействию влаги и гниению [2].

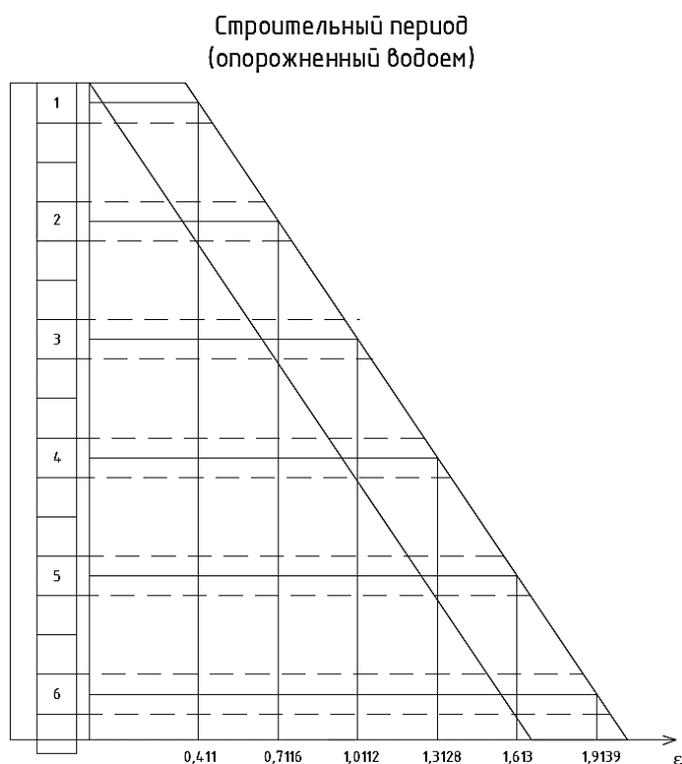


Рис. 1. Эпо́ра активного давления

Конструкция подпорных стенок состоит из ряда свай с приваренными к ним уголками, на которые устанавливается плоский деревянный щит. Для улучшения внешнего вида конструкции щит выполняется из фасадных досок, а основную нагрузку воспринимает горизонтально расположенный брус. Подпорная стенка позволяет включить в работу объем грунта обратной засыпки, с помощью двухрядных анкерных тяжей Y-образной формы, которые скрепляются между собой плоским деревянным щитом из сосны и привариваются на концах стяжными винтами, закрепленными стяжной гайкой для регулирования натяжения анкерных тяг [3].

Подпорная стенка воспринимает активное давление грунта, следовательно, на эту нагрузку рассчитывается горизонтальный брус.

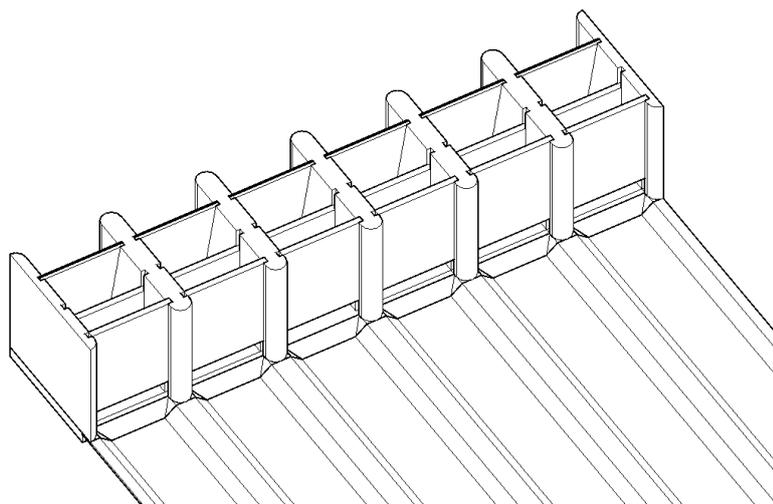


Рис. 2. Донный водовыпуск

Расчет ведется для 4 случаев: строительный и эксплуатационный период, в опорожненном и наполненном состоянии водоема.

Наиболее опасным случаем является строительный период с опорожненным прудом (рис. 1).

Для расчетных брусьев определяются напряжения и сравниваются с допустимым $[\sigma] = 77 \text{ т/м}^2$, таким образом, назначаются размер сечения бруса 150x150 мм и расстояние между сваями 1,5 м (табл. 1).

Таблица 1 – Расчет подпорной стенки

Расчетные величины	Строительный период, опорожненный водоем	Строительный период, наполненный водоем	Эксплуатационный период, опорожненный водоем	Эксплуатационный период, наполненный водоем
$E_a^1, \text{т/м}^2$	0,031	0,031	0,004	0,002
$E_a^2, \text{т/м}^2$	0,053	0,044	0,026	0,015
$E_a^3, \text{т/м}^2$	0,076	0,056	0,049	0,028
$E_a^4, \text{т/м}^2$	0,098	0,069	0,071	0,041
$E_a^5, \text{т/м}^2$	0,121	0,082	0,094	0,054
$E_a^6, \text{т/м}^2$	0,144	0,095	0,116	0,067
$M_1, \text{т} \cdot \text{м}$	0,009	0,009	0,001	0,001
$M_2, \text{т} \cdot \text{м}$	0,015	0,012	0,007	0,004
$M_3, \text{т} \cdot \text{м}$	0,021	0,016	0,014	0,008
$M_4, \text{т} \cdot \text{м}$	0,028	0,019	0,020	0,011
$M_5, \text{т} \cdot \text{м}$	0,034	0,023	0,026	0,015
$M_6, \text{т} \cdot \text{м}$	0,040	0,027	0,033	0,019
$\sigma_1, \text{т/м}^2$	15,418	15,335	1,879	1,050
$\sigma_2, \text{т/м}^2$	26,686	21,781	13,148	7,496
$\sigma_3, \text{т/м}^2$	37,959	28,212	24,421	13,928
$\sigma_4, \text{т/м}^2$	49,230	34,640	35,692	20,355
$\sigma_5, \text{т/м}^2$	60,500	41,067	46,961	26,783
$\sigma_6, \text{т/м}^2$	71,773	47,542	58,234	33,257

Крепления крайних подпорных стенок совместно с грунтом засыпки образуют единую систему, работающую на сдвиг. Длина крепления выбирается так, чтобы активное давление грунта не превышало размер сдвигающей силы в наиболее опасном расчетном случае.

Далее определяется диаметр анкерных тяжей их расчётом на разрыв $D_T = 17 \text{ мм}$, тяжи равнонагружены, и, следовательно, устанавливаются в центрах тяжести трапеций, делящих эпюру активного давления на две, равные по площади фигуры.

Для осуществления водообмена и сброса воды из прудов сооружается водоприемник с донными водовыпусками типа «Монах», в которых устанавливается рыбозащитная плоская сетка, предотвращающая уход рыбы из прудов, и плоские затворы для регулирования уровня воды (рис. 2).

Для обеспечения рыбоводческого комплекса водой и удержания ее на определенном уровне, а также чтобы создать необходимый уклон дна водоема для его очистки и отвода воды, возводится каменно-набросная плотина.

В ложе пруда устанавливается осушительная сеть в виде каналов, над которыми располагается решетка (рис. 3) для отвода и сброса воды, остатков корма, растительности и для создания необходимой проточности [4]. Водосбросные каналы устраиваются по направлению сброса воды, так чтобы обеспечивался полный сброс воды с пониженных участков ложа пруда.

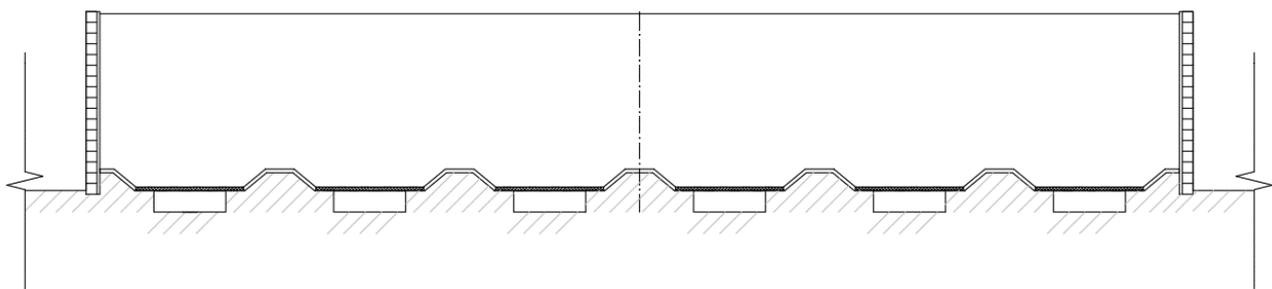


Рис. 3. Ложе пруда

Уменьшающиеся запасы рыбы могут быть восстановлены, если на основе научных рекомендаций осуществлять мероприятия по регулированию промысла и искусственному воспроизводству промысловых рыб [5]. Таким образом, в ходе работы были получены типовые конструкции, подходящие для рыбоводства на излучинах рек. Представленные конструкции позволяют восстановить и увеличить запас пресноводной рыбы, повысить эффективность ее искусственного воспроизводства и на других однотипных реках.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Черняев Ж.А. Воспроизводство сиговых рыб. Эколого-физиологические особенности размножения и развития // Москва. Товарищество научных изданий КМК –2017. – с. 329.
2. Лесинтер. Завод погонажных изделий: сайт. – 2019. – URL: <https://lesinter.ru/articles/polezno-znat/vybor-prochnoy-i-vlagostoykoy-drevesiny-dlya-stroitelstva/#.YE-sKPzZPY> (дата обращения: 15.03.2021). – Текст: электронный.
3. Патент № 175988 Российская Федерация, МПК E02B 3/00 (2006.01). Модуль подпорной стенки: № 2017119244: заявл. 02.06.2017: опубл. 26.12.2017 / Николаенко Ю.И. – 9 с.: ил. – Текст: непосредственный.
4. Таиров М.Т. Рыбоводство и рыболовство // Алма-Ата: Кайнар. – 1985 г. – с. 344.
5. Козлов В.И. Справочник фермера-рыбовода // Москва. Издательство ВНИРО. – 1998. – с. 342.

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ НИЗОВОГО ОТКОСА ПЛОТИНЫ
ПРИ ПОМОЩИ УСТРОЙСТВА ГРУНТОВЫХ АНКЕРОВ

Гидротехнические сооружения (далее ГТС) – в большинстве случаев представляют собой уникальные объекты, не повторяющие друг друга и имеющие ряд характерных только для них признаков. В число ГТС входят грунтовые плотины, при проектировании которых гидротехники сталкиваются с множеством проблем. Одной из важных характеристик безопасности ГТС, плотины является её устойчивость, оползание или подвижки грунтов основания могут являться одним из важных факторов, являющихся причиной снижения коэффициента устойчивости, что может привести к негативным последствиям.

Недостаточная изученность геологии основания может привести к непроектным перемещениям грунтов и изменениям высотных отметок грунтовых плотин. Важными параметрами возможного изменения отметок грунтовой плотины могут стать грунты с большим коэффициентом текучести, а также ошибок, допущенных при лабораторных исследованиях, при проектировании, строительстве и эксплуатации сооружения.

Необходимость проведения данной работы обусловлена тем, что по результатам проведенного в АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева» анализа данных натуральных наблюдений были выявлены прогрессирующие во времени осадки и горизонтальные смещения поверхностных геодезических марок, расположенных на гребне и берме низового откоса левобережной каменно-земляной плотины на участке от ПК9 до ПК11 [3].

Постоянная скорость ползучести элементов грунтового сооружения свидетельствует о приближении момента его разрушения. Допускать стадии такой ползучести деформаций в несущих элементах грунтовых сооружений весьма опасно, поскольку при этом возрастает вероятность наступления в них стадий прогрессирующей ползучести и быстрого достижения таких величин деформаций, при которых происходит полный выход всего сооружения из эксплуатационной пригодности.

Для предотвращения данного явления применяются различные технологии, позволяющие повысить устойчивость плотины: устройство грунтовых анкеров [1], устройство стены в грунте, электрохимическое закрепление грунтов, а также термический способ укрепления грунтов [2].

Целью работы является выполнение расчета устойчивости откоса грунтовой плотины, в котором наблюдается вышеназванное разрушение и проведение анализа полученных результатов при устройстве грунтовых анкеров с различными углами наклона к горизонтали и силой предварительного натяжения. Научной новизной является комплексный подход и анализ поставленной проблемы для слабых грунтов основания и возможность их укрепления преднапряженными грунтовыми анкерами.

Рассматриваемая плотина относится к гидротехническим сооружениям I класса, для которых значение коэффициента устойчивости при основном сочетании нагрузок не должно быть меньше, чем $k_{s,n} = 1,25$ [5].

Результаты анализа данных натуральных наблюдений свидетельствуют, что в настоящее время плотина на ПК10+24 находится в состоянии незатухающей ползучести деформаций осадок и горизонтальных смещений. В данной работе в качестве основной причины этого предельно-равновесного состояния плотины было принято допущение о снижении во времени длительной прочности слабых суглинков в основании плотины. В связи с этим, целью данных

расчетов было получение предельных значений характеристик длительной прочности суглинков основания, при которых $k_s \approx 1,0$.

Расчет проводился в три этапа. На первом из них были определены бытовые напряжения в грунтах основания. На втором – определялось напряженно-деформированное состояние грунтов основания и плотины. На третьем – был выполнен расчет устойчивости откоса с учетом полученного напряженно-деформированного состояния. Результаты расчета, при котором коэффициент устойчивости $k_s = 1,0$, представлены на рис. 1.

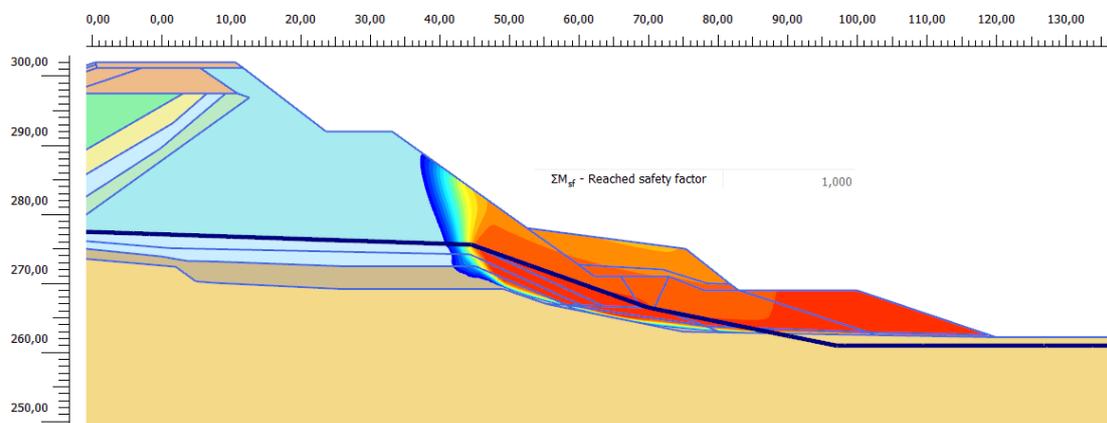


Рис. 1. Зона предельно-равновесного состояния тела плотины при $k_s = 1,0$ в условиях длительной ее эксплуатации

Расчеты НДС проводились методом конечных элементов с использованием программного комплекса «Plaxis» [4]. Для описания поведения грунтов тела плотины и основания в расчетах использовались уравнения упругопластической среды, соответствующие нормативному описанию грунта (модель Мора-Кулона): упругие деформации были связаны с напряжениями обобщенным законом Гука, а в предельном состоянии предполагалось пластическое течение без объемных пластических деформаций и без упрочнения. Критерием состояния предельного равновесия служило условие текучести Кулона-Мора, обобщающее закон сухого трения Кулона. Полученные в результате расчетов поля напряжений использовались для оценки состояния элементов низового клина плотины.

Для определения коэффициентов устойчивости грунтовых откосов в программном комплексе «Plaxis» используется метод пропорционального снижения значений угла внутреннего трения и сцепления грунтов. При этом коэффициент устойчивости определяется как отношение характеристик реальной прочности к вычисленным их значениям, при которых достигнуто состояние предельного равновесия откоса.

В расчетах по обоснованию выбора грунтовых анкеров было принято, что анкеры диаметром 50 мм изготовлены из стали с модулем упругости $E = 210\,000$ МПа и устанавливаются с шагом 1 м. Было рассмотрено три варианта установки грунтовых анкеров под углами 25° , 20° и 15° к горизонтали (рис. 2). В программе «Plaxis» грунтовый анкер моделируется с помощью корня грунтового анкера, соединенного с междузловым анкером. Анкер с заземленным концом моделирует цементный (или эпоксидный) корень грунтового анкера, а междузловым анкер – металлическую анкерную тягу.

Расчеты показали, что для обеспечения устойчивости откоса, к анкерам, установленным под разными углами к горизонтали, требуется приложить различные силы предварительного натяжения. Результаты расчетов приведены в табл. 1 и на рис. 3-5. Согласно результатам расчета, установка грунтовых анкеров на участке ПК9-ПК11 может увеличить устойчивость низового откоса плотины при длительной ее эксплуатации до требуемых нормами значений [5]. Это позволяет считать, что после установки анкеров эксплуатационная безопасность плотины на указанном участке будет обеспечена.

Таблица 1 – Результаты расчета натяжения анкеров с различным углом наклона

Угол наклона анкера к горизонтали, град	Сила предварительного натяжения анкера, кН	Коэффициент устойчивости откоса k_s	Рисунок
25	500	1,260	Рис. 3
20	300	1,252	Рис. 4
15	200	1,251	Рис. 5

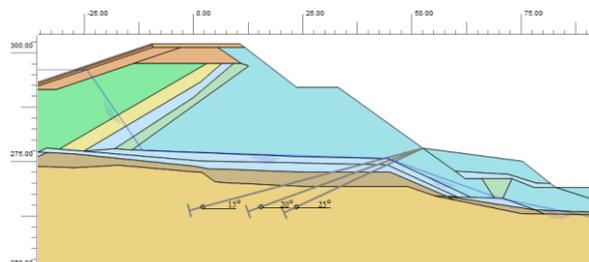


Рис. 2. Варианты установки грунтовых анкеров

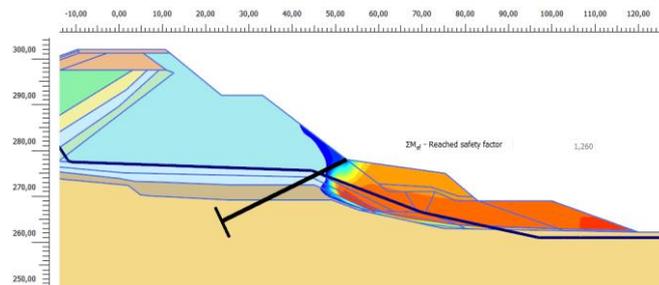


Рис. 3. Зона предельного состояния грунтового массива с коэффициентом устойчивости $k_s = 1,26$ (грунтовый анкер установлен под углом 25° , сила предварительного напряжения 500 кН)

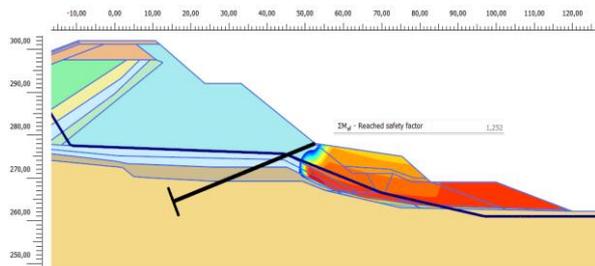


Рис. 4. Зона предельного состояния грунтового массива с коэффициентом устойчивости $k_s = 1,252$ (грунтовый анкер установлен под углом 20° , сила предварительного напряжения 300 кН)

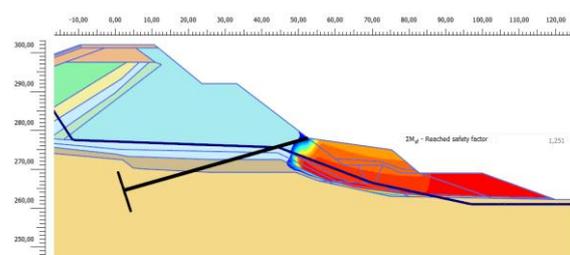


Рис. 5. Зона предельного состояния грунтового массива с коэффициентом устойчивости $k_s = 1,251$ (грунтовый анкер устроен под углом 15° , сила предварительного напряжения 200 кН)

Выводы. В работе проанализировано и обосновано техническое решение проблемы, вызванной изменением механических характеристик грунтов основания грунтовой плотины. Произведены расчеты устойчивости низового откоса плотины при устройстве грунтовых анкеров под различными углами заложения и силами предварительного натяжения. Предложен метод повышения устойчивости грунтовой плотины преднапряженными грунтовыми анкерами.

ЛИТЕРАТУРА:

- СП 45.13330.2017 Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87 (с Изменениями N 1, 2). 2019.
- Дерябин А.С., Шарапов Д.А. Укрепление грунтов месторождения «Утреннее» методом инъектирования с поверхности ледяного покрова для постановки массивов-гигантов. Современное строительство и архитектура. 2019. № 2 (14). С. 19-25.
- Научно-технический отчет «Оценка состояния левобережной грунтовой плотины УГЭС на участке ПК9-ПК11 с учетом реономности грунтов ее основания», этап 1, АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», 2018.
- Руководство пользователя Plaxis 2D, 2019 (www.plaxis.ru).
- СП 23.13330.2018 Основания гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85. 2019.

ГРУЗООБОРОТ МОРСКИХ ПОРТОВ РОССИИ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ЕГО УВЕЛИЧЕНИЮ

Цель работы: анализ грузооборота морских портов России для выявления направлений, которые требуют увеличения мощностей по перевалке грузов.

Россия – страна, омываемая наибольшим числом морей, их общее количество равно 14. Это влияет на то, что морская торговля играет важную роль в торговой системе Российской Федерации. моря объединены в бассейны, среди которых можно выделить пять основных: Арктический, Дальневосточный, Балтийский, Каспийский и Азово-Черноморский.

Для достижения поставленной цели в статье произведено исследование грузооборота указанных бассейнов для выявления портов, нуждающихся в модернизации или реконструкции [1-4].

На рисунке 1 представлен грузооборот бассейнов, омывающих РФ.

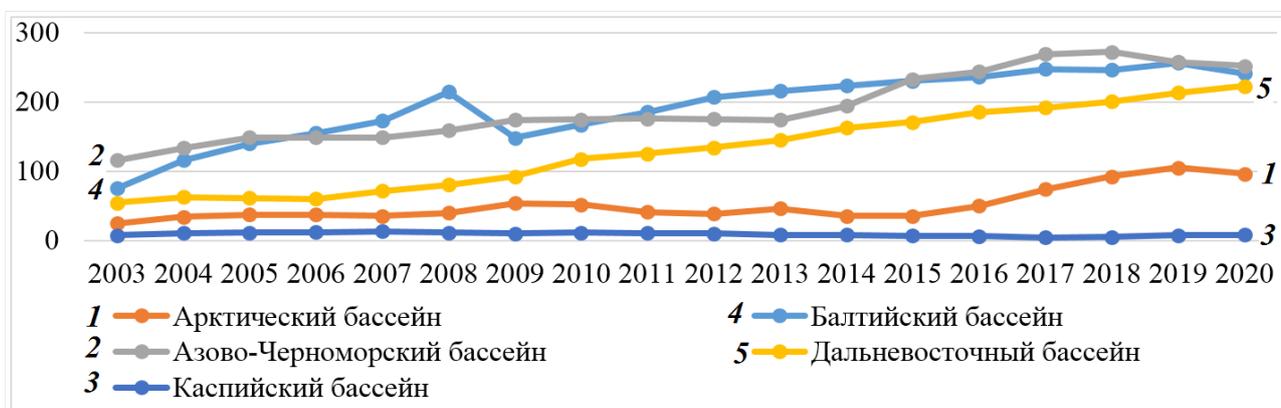


Рис. 1. Суммарный грузооборот по бассейнам РФ

На основании анализа представленных выше графиков можно сделать вывод, что наиболее слабо развитым бассейном является Каспийский. В силу того, что по Каспийскому морю возможна связь только с четырьмя странами, его развитие и модернизация не являются приоритетными. Исходя из этого, будем рассматривать в статье только Арктический бассейн. На рисунке 2 представлены графики грузооборота всего Арктического бассейна и наиболее крупных портов, входящих в его состав.



Рис. 2. Грузооборот Арктического бассейна

Грузооборот Арктического бассейна является четвертым по величине в РФ. Это связано в том числе и с тем, что навигация в портах данного бассейна не круглогодична, за исключением Мурманска. Следовательно, следует в первую очередь рассматривать развитие именно этого порта, так как у него наибольшая вероятность окупаемости.

На данный момент в России наблюдается дефицит мощностей по перевалке угля [5]. Рассмотрим возможные пути модернизации перевалочных комплексов для увеличения грузооборота угля.

Существуют различные варианты для модернизации, такие как:

- возведение новых причалов на свободной территории;
- увеличение допустимой глубины у существующих причалов;
- замена оборудования на более технологичное, для уменьшения времени погрузки/разгрузки судна у причала;
- создание аванпортов для осуществления перевалки грузов на рейде.

В данной работе будет рассмотрен первый метод. Авторами были определены три участка, которые теоретически подходят для размещения новых терминалов (рис. 3), а именно:

- а) губа реки Лавна;
- б) зона между мыс. Пинагорий и мысом Мохнаткином;
- в) бухта рядом с п. Белокаменный.

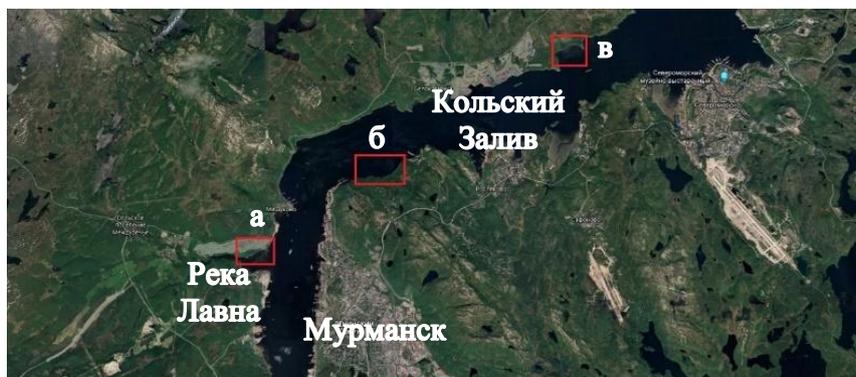


Рис. 3. Возможные места расположения терминалов

В районе губы реки Лавна на расстоянии 1,5-2 км пролегает трасса 047к-075 регионального значения, а также на расстоянии 5 км расположена железнодорожная ветка. Перепады рельефа местности составляют 60 м. Требуется проведение дноуглубительных работ для увеличения глубины на 12 м (рис. 4) для приема судов типа «Панамакс».

В бухте рядом с п. Белокаменный на расстоянии 1-1,5 км пролегает трасса 047к-075 регионального значения, а также на расстоянии 20 км расположена железнодорожная ветка. Перепады рельефа местности составляют порядка 100 м. Требуется проведение мероприятий по обратной засыпке (рис. 5).

В зоне между мысом Пинагорий и мысом Мохнаткином на расстоянии в 1,5-2,0 км расположено Североморское шоссе, а также на расстоянии до 1 км проходит железнодорожная ветка. Перепады рельефа местности составляют порядка 140 м. Требуется проведение мероприятий по обратной засыпке (рис. 6).

Рассмотренные места имеют естественную защиту от волнения, обусловленную рельефом местности, а также достаточные глубины, что снижает объем дноуглубительных работ.

Исходя из вышеизложенного можно сказать, что наиболее экономически выгодным является расположение терминала по перевалке угля в губе реки Лавна и зоне между мыс. Пинагорий и мысом Мохнаткином. В дальнейшем необходимы дополнительные исследования по стоимости работ по дноуглублению и образованию обратной засыпки [6, 7].

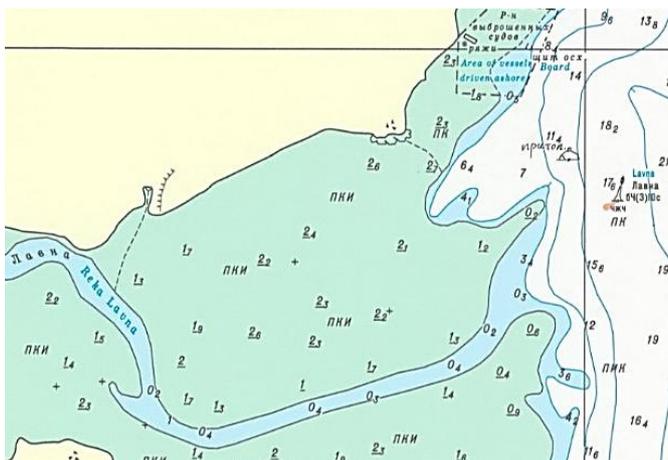


Рис. 4. Губа реки Лавна

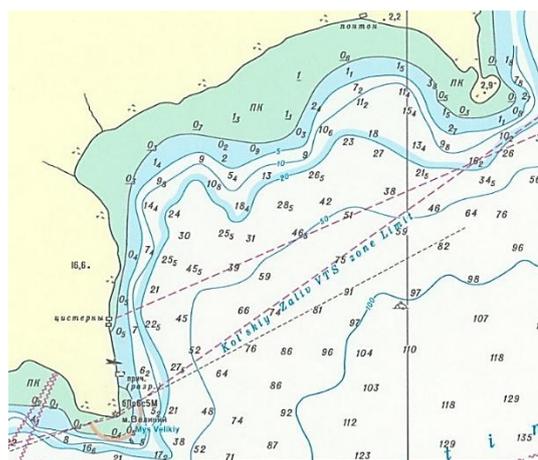


Рис. 5. Бухта рядом с п. Белокаменный

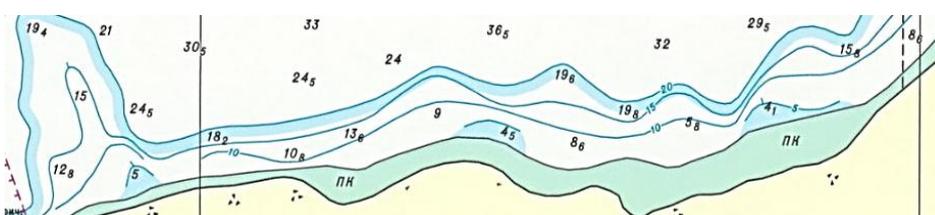


Рис. 6. Зона между мысом Пинагорий и мысом Мохнаткином

На основании проведенного анализа можно утверждать, что возведение дополнительных терминалов, в местах, рекомендуемых авторами, позволит увеличить грузооборот Арктического бассейна и, в частности, Мурманского торгового порта.

Вывод: в работе проведен анализ грузооборота пяти бассейнов РФ и расположенных в них крупных портов. Была выявлена необходимость дальнейшего развития Арктического бассейна и предложены возможные пути модернизации на примере торгового порта по перевалке угля в районе Мурманска.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Киселенко А.Н., Малащук П.А., Сундуков Е.Ю. Пропускные способности и грузооборот морских портов западной части арктической транспортной системы // Актуальные проблемы, направления и механизмы развития производственных сил Севера (Сборник статей 6-ой Всероссийской НПК). – 2018. – С.263-269.
2. Жулева О.И., Кузьменкова В.Н. Экономические и логистические особенности стратегии развития портов Арктического (Северного) бассейна // Вестник ААЭП. – 2019. – №7-1. – С.50-55.
3. Потракова С.С. Современное состояние транспортной инфраструктуры в регионах Европейского севера России // Вестник ВлГУ. Серия: Экономические науки – 2019. – №3(21). – С.5-15.
4. Новости / Ассоциация морских торговых портов. – [СПб, 2017 г.]. – URL: <http://www.morport.com/rus/news> – (дата обращения: 21.03.2021).
5. Терминалы для перевалки угля. Тенденции, проекты, перспективы ... / Морстройтехнология. – [СПб, 2020 г.]. – URL: <https://morprojekt.ru/articles/blog/1104-soal-transshipment-terminals-trends-projects-prospects> – (дата обращения: 21.03.2021).
6. Лебедев В.В., Гарибин П.А., Беляев Н.Д. Инженерная геология. Заносимость морских гидротехнических сооружений. СПб.: СПбГТУ, 1996.
7. Балашов Б.В., Беляев Н.Д., Михаленко Е.Б., Вилькевич В.В. Анализ проблем, связанных с обследованьями портовых ГТС (на примере глубоководной достроечной набережной). Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2013. Т. 269. С. 110-117.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧИСЛЕННОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ГТС

При проектировании причальных, оградительных или берегозащитных морских сооружений требуется выполнять расчеты на волновое воздействие, размыв дна и т.д. Для уточнения влияния существующих или вновь возводимых сооружений на характер распространения волн, для прогноза степени воздействия течений, а также для прогноза перемещения наносов в [1, 2] при расчетах рекомендуется использовать математическое и гидравлическое моделирование. Ограниченность размеров лабораторных установок вынуждает искажать масштабы модели, что может привести к режиму волнения, отличающемуся от реального, и, как следствие, к искажению результатов физического моделирования [3]. Ко всему прочему не всегда есть возможность провести физическое моделирование. В последнее время с развитием вычислительных возможностей компьютерной техники большое распространение получило CFD-моделирование (Computational Fluid Dynamics) [4-6]. В данной статье рассматривается программа Flow-3D, в основе расчетов которой лежит метод конечных (контрольных) объемов.

Для демонстрации возможностей программы проведена серия расчетов различных типов волнозащитных сооружений (табл. 1). Параметры модели и условия расчета приближенно соответствуют расчетам, проведенным на демонстрационной физической модели волнового лотка – совместной разработки Fluid Dynamics Centre for Doctoral Training, JBA Consulting и Hydrotec Ltd [7, 8]. Для количественного сопоставления результатов двух типов моделирования нет точных геометрических параметров модели, длины и высоты волны, поэтому они определялись визуально. Целью расчета является не только демонстрация возможностей программы, но и сопоставление качественных результатов физического и математического моделирования, а также определение наиболее эффективного (из предложенных в табл. 1) волнозащитного сооружения. За критерий эффективности примем количество воды, проходящее через контрольную границу (рис. 1).

В качестве исходной модели был принят лоток длиной 1250 мм, шириной 200 мм с генератором волн высотой $h_b = 35$ мм и периодом $T = 1,25$ с. На противоположном конце лотка располагается свободный перелив с контролем расхода перелива через волнозащитное сооружение (рис. 1). В качестве начальных условий принята имитация естественного берега (ЕБ) с уклоном 1:5. Уровень воды располагается на отметке 8,000 см, при отметке условной суши – 10,000 см.

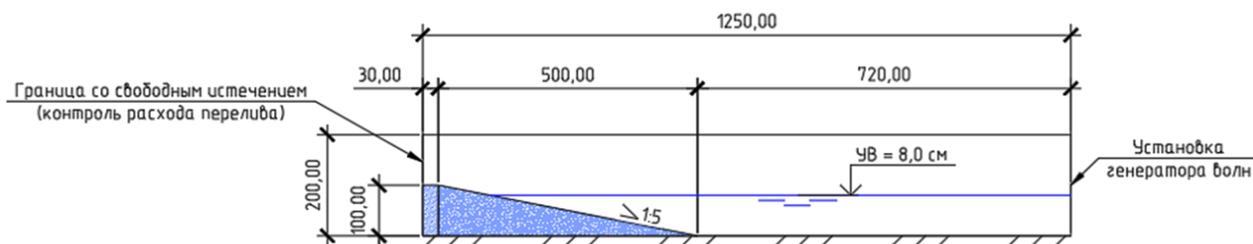


Рис. 1. Схема установки при начальных условиях

Для одинаковых условий моделирования на сооружение в течение 7 с воздействовало 5 расчетных волн, в результате чего определялся объем прошедшей через контрольную границу жидкости. Результаты моделирования приведены на рис. 2.

Таблица 1 – Схемы моделей волнозащитных сооружений

№	Описание модели	Схема модели
1	ЕБ с вертикальным парапетом (ВП)	
2	Вертикальная стенка с ВП	
3	Бетонный откос заложением 1:2 (каменная наброска с цементацией) и ВП	
4	Бетонный откос заложением 1:2 (каменная наброска с цементацией) и обратный парапет (ОП)	
5	Бетонный ступенчатый откос заложением 1:2	
6	Внебереговое волнозащитное сооружение (каменная призма)	
7	Массивная каменная наброска заложением 1:2,5	

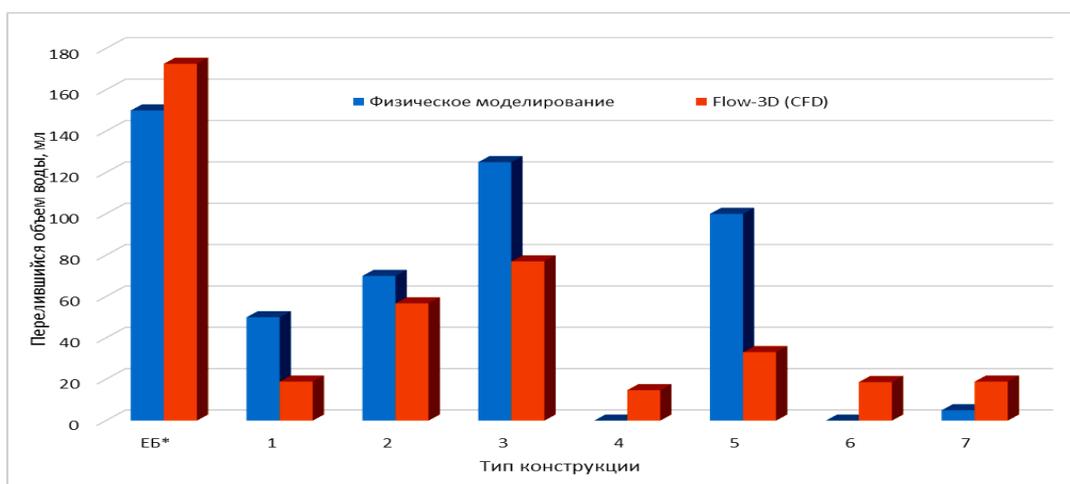


Рис. 2. Сравнительные результаты моделирования (*для ЕБ результат физического моделирования оценочный)

Фрагмент моделирования для конструкции № 4 приведен на рис. 3. По результатам видно, что тенденция, отражающая зависимость количества перелившейся воды от конкретного типа сооружения, сохранена. То есть можно утверждать, что качественно результаты физического и численного математического моделирования совпадают. Наиболее эффективные волнозащитные сооружения – №№ 4, 6, 7.

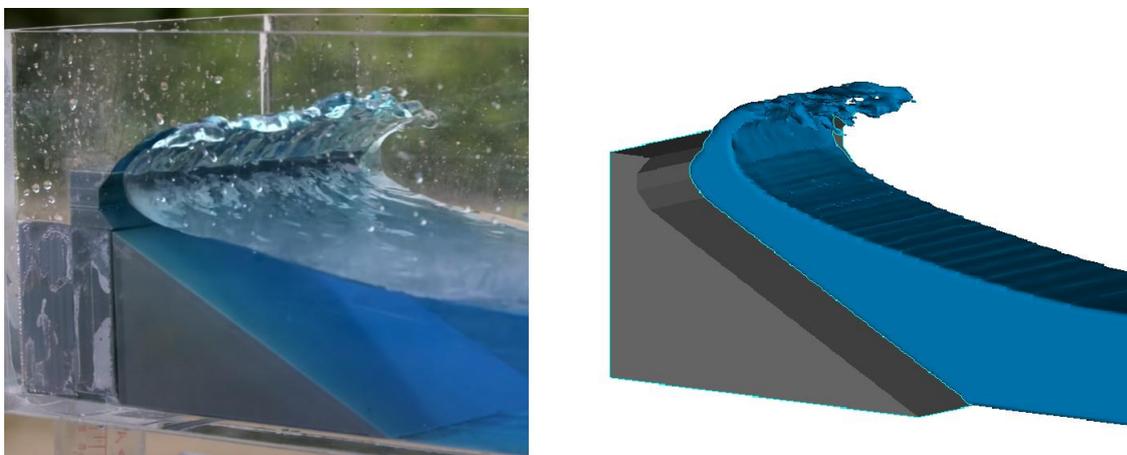


Рис. 3. Фрагмент моделирования для конструкции № 4

Вывод: помощью такой программы, как Flow-3D, можно проводить численное моделирование не только морских сооружений, но и гидротехнических сооружений (ГТС) любого типа, причем доступны разные виды расчетов [5, 6, 9]. Данный вид моделирования не исключает физическое моделирование, а является его дополнением. Стоит отметить, что детальное и максимально точное численное моделирование ГТС требует большого количества вычислительных ресурсов и времени.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 32-103-97. Проектирование морских берегозащитных сооружений. Принят и введен в действие Корпорацией "Трансстрой" (МО-252 от 03.11.97): дата введения 1998-01-01.
2. Gaydarov N.A., Zakharov Y.N., Ivanov K.S., et al. Numerical and experimental studies of soil scour caused by currents near foundations of gravity-type platforms. Proceedings of the International Conference on Civil Engineering, Energy and Environment (CEEE 2014). 2014. pp. 190-196.
3. Semenov K.K., Lebedev V.V., Nudner I.S., et al. Impact of waves and currents on the soil near gravity-type offshore platform foundation: numerical and experimental studies. Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference. 2015. pp. 807-814.
4. Шелушин Ю.А., Макаров К.Н. Проблемы и перспективы гидравлического моделирования волновых процессов в искаженных масштабах. Строительство: наука и образование. – 2019. – том 9, вып.2 (32). – с.1-15.
5. Пань Байань, Беляев Н.Д. Применение FLOW-3D для обоснования технологии намыва. Неделя науки СПбПУ : материалы НК с межд. уч. Лучшие доклады. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. С. 3-7
6. Pan B., Belyaev N. FLOW-3D software for substantiation the layout of the port water area. 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 883 012020. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/883/1/012020>
7. JBA Trust. Wave tank. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.jbatrust.org/how-we-help/physical-models/wave-tank/>.
8. JBA Trust (2016) Wave tank demonstration showing the impact of coastal defenses on flood risk [Видеозапись]// YouTube. Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=3yNoy4H2Z-o>.
9. Flow-3D. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.flow3d.com/products/flow-3d/>.

КОМПЛЕКС СООРУЖЕНИЙ В СОСТАВЕ ИСКУССТВЕННОГО ОСТРОВА
В НЕВСКОЙ ГУБЕ

Цель работы – выбор основного конструктивного варианта сооружений искусственного острова.

В XXI веке туристическая отрасль, несомненно, играет определяющую роль в развитии экономик практически всех мировых держав. Благодаря развитию данного направления возможно решение проблем регионального уровня, появляется огромное количество потенциальных рабочих мест. Помимо вышеуказанного стоит отметить, что «въездной» туризм благоприятствует вложению иностранной валюты в экономику страны [1].

В настоящее время развитие туристической отрасли является одной из наиболее приоритетных программ правительства Российской Федерации. На июль 2019 года вклад данного сектора экономики в ВВП составлял порядка 3,5%, в свою очередь заместитель министра экономического развития обозначил цель довести это число до 6% [2].

Благодаря анализу данных с сайта Федеральной службы государственной статистики, можно составить следующую картину: число въезжающих туристов уменьшилось на 381 тыс. в промежуток с 2011 по 2018 года и в результате составило 24551 тыс. поездок. На тот же период (2018 год) число въездных поездок в Германию составило 38881 тыс. поездок, во Францию – 89322 тыс. поездок, в США – 79745,92 тыс. поездок [3].

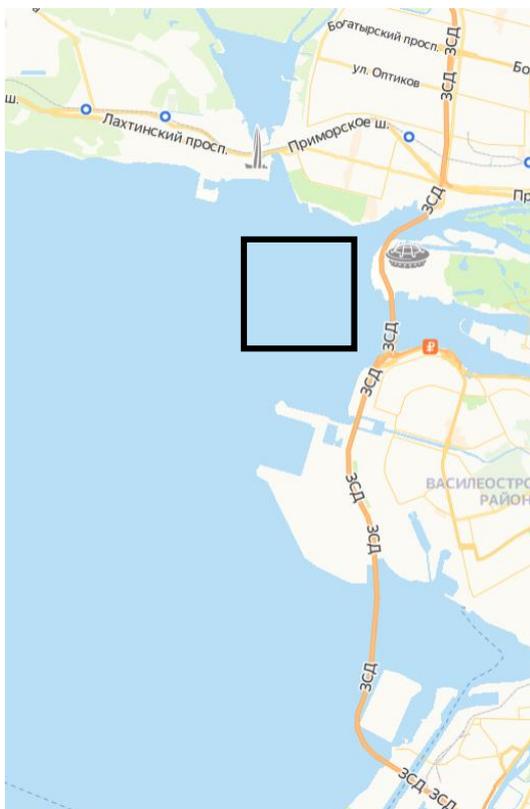


Рис. 1

В качестве обобщенного вывода по результатам данного анализа можно утверждать, что состояние туристической отрасли Российской Федерации на данный момент необходимо улучшать. Привлечению большего числа туристов будет способствовать развитие инфраструктуры во всех регионах страны, что подразумевает создание новых объектов, которые будут потенциально интересны иностранным гражданам.

В качестве примера страны, в которой за последние 15 лет наблюдался значительный прирост туристопотока, выступают Арабские Эмираты. В промежуток с 2005 по 2018 года количество въездных поездок увеличилось на 14160 тыс. поездок в год, чему поспособствовало увеличение влияния частных инвестиций в недвижимое имущество в таких проектах, как Острова Пальмы, Мировые острова и другие [3, 4].

Таким образом, в рамках данной научной работы необходимо рассмотреть возможные варианты конструкции искусственного острова для условий Финского залива, сооружение которого предполагается для строительства на нем недвижимости и иных привлекательных для туристов объектов, а также выполнить их расчетное обоснование при действии основного сочетания нагрузок.

Актуальность и практическая значимость заключаются в стремлении к увеличению туристопотока в Российской Федерации и, в частности, в Санкт-Петербурге, чему потенциально будет способствовать сооружение данного объекта. На примере Арабских Эмиратов можно оценить влияние создания подобных комплексов искусственных островов на число въезжающих туристов.

В качестве места расположения данного комплекса сооружений была выбрана восточная часть Невской губы Финского залива (рис. 1). В административном отношении территория объекта относится к Приморскому району г. Санкт-Петербурга. Выбор акватории Невской губы обусловлен тем, что с 2005 года власти активно благоустраивают район строительства, в результате чего Приморский район на момент 2020 года признан самым благоустроенным районом города [5].

Для обоснования проведенного расчета необходимо обозначить некоторые из исходных данных. Были использованы наибольшие скорости ветра для условий восточной части Финского залива с интервалом осреднения 10 минут в соответствии с данными Российского морского регистра судоходства 2006 года. В соответствии с [6] были проведены расчеты с целью определения расчетных параметров волнения. Расчеты проведены для максимального годового уровня воды с обеспеченностью 5% для условий Невской губы, который равен 1,59 м БС. Полученные результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчетные параметры волнения

Средняя высота волны, м	Длина волны, м	Период волны, с	Расчетная высота волны, м	Высота волны в системе, БС
Юго-восточный ветер, $V_w = 22,0$ м/с				
0,64	10,97	2,65	1,14	1,51
Южный ветер, $V_w = 25,3$ м/с				
0,59	13,78	2,97	1,04	1,41
Юго-западный ветер, $V_w = 25,2$ м/с				
0,59	13,78	2,97	1,04	1,41
Западный ветер, $V_w = 23,8$ м/с				
0,59	13,78	2,97	1,04	1,41

Волновой режим прибрежной зоны Невской губы в значительной степени зависит от уровня воды по причине того, что восточная часть Финского залива имеет малые естественные глубины и пологое дно.

В качестве рассматриваемых вариантов конструкции искусственного острова были выбраны сооружения откосного профиля, а именно:

1. С защитным креплением в виде бетонных массивов;
2. С защитным креплением в виде фасонных блоков.

Было необходимо предусмотреть защиту дна от размыва [8-10]. По результатам проведенных расчетов предлагается крепление дна в виде каменной наброски толщиной 0,7 м с устройством обратного фильтра из щебня фракцией 40-70 мм и толщиной 0,3 м. По массе укладываемый камень должен составлять менее 70 кг. Также, в обоих рассматриваемых случаях максимальная донная скорость значительно превышает допустимое значение, что несомненно говорит о необходимости предусмотрения дополнительных мероприятий по защите от размыва.

По результатам рассмотрения обеих типов конструкций искусственного острова (с песчаным ядром и защитной наброской из обыкновенных бетонных массивов; с песчаным ядром и защитной наброской из фасонных блоков) было выявлено, что для условий восточной части Финского залива более предпочтительно использовать вариант с наброской из бетонных массивов по причине того, что при использовании варианта с наброской из тетраподов придется использовать тетраподы минимальных размеров типа Т-1, масса которых в свою

очередь превышает расчетную в 10 раз, что свидетельствует о нецелесообразности применения данного типа конструкции (рис. 2).

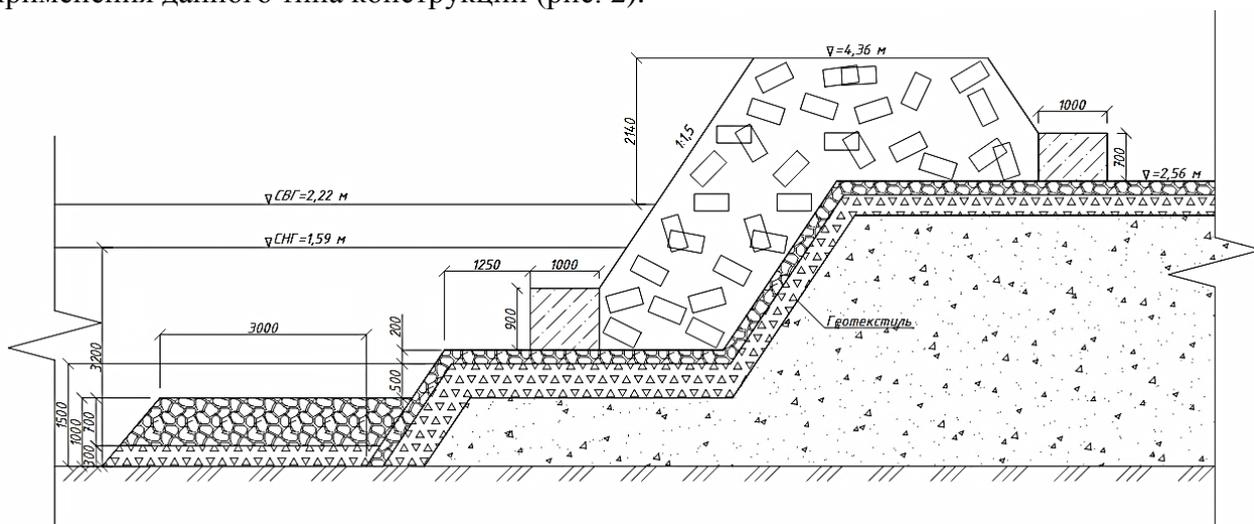


Рис. 2

Таким образом, конструкция острова представляет собой сооружение откосного профиля с устройством песчаной постели толщиной 1,5 м. Защита от размыва выполняется посредством оконтуривания острова в плане каменной наброской по полосе шириной 3,0 м. Толщина слоя наброски из бетонных массивов принимается равной 2,0 м для песчаных грунтов, заложение откосов при креплении обыкновенными массивами – 1,5, по рекомендациям [7]. Ядро сооружения выполнено из песка, откосы ядра отсыпаются в соответствии с углом естественного откоса песчаных грунтов, т. е. 34°.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Тарасова К.В., Торбина А.В. Динамика спроса на туризм в России за 2011-2018 гг. // Сборник статей IX Международной научно-практической конференции. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2019. – С. 173-176.
2. Минэкономразвития РФ прогнозирует рост доли туризма в ВВП до 6% // economytimes.ru URL: <http://economytimes.ru/novosti/minekonomrazvitiya-rf-prognoziruuet-rost-doli-turizma-v-vvp-do-6> (дата обращения: 25.05.2020).
3. Мировой Атлас Данных // knoema.ru URL: <https://knoema.ru/atlas> (дата обращения: 25.05.2020).
4. История Дубая // Википедия. [2019]. Дата обновления: 02.08.2019. URL: <https://ru.wikipedia.org/?oldid=101390504> (дата обращения: 18.04.2019).
5. Приморский район (Санкт-Петербург) // Википедия. [2020]. Дата обновления: 17.05.2020. URL: <https://ru.wikipedia.org/?oldid=107102500> (дата обращения: 25.05.2020).
6. СП 38.13330.2012 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82*
7. ВСП 33-03-07/МО РФ. Инструкция по проектированию откосных и сквозных оградительных сооружений и специальных подводных стендов
8. Лебедев В.В., Гарибин П.А., Беляев Н.Д. Инженерная геология. Заносимость морских гидротехнических сооружений. СПб.: СПбГТУ, 1996.
9. Gaydarov N.A., Zakharov Y.N., Ivanov K.S., et al. Numerical and experimental studies of soil scour caused by currents near foundations of gravity-type platforms. Proceedings of the International Conference on Civil Engineering, Energy and Environment (CEEE 2014). 2014. pp. 190-196.
10. Semenov K.K., Lebedev V.V., Nudner I.S., et al. Impact of waves and currents on the soil near gravity-type offshore platform foundation: numerical and experimental studies. Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference. 2015. pp. 807-814.

СТАТИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ДАМБЫ ХВОСТОХРАНИЛИЩА
МИХАЙЛОВСКОГО ГОКА ИМ. А.В. ВАРИЧЕВА В СРЕДЕ PLAXIS

Цель работы – провести исследование возможности увеличения срока эксплуатации хвостохранилища путем наращивания ограждающих конструкции и произвести подтверждение безопасности расчетом МКЭ в программном комплексе.

Ключевым элементом хвостового хозяйства горнодобывающих и перерабатывающих предприятий является хвостохранилище – это напорное гидротехническое сооружение, состоящее из большого объема намывных отложений отвальных хвостов при достижении предельной отметки наращивания, обоснованной расчетом устойчивости и деформационной прочности.

Хвостохранилище Михайловского ГОКа им. Варичева (МГОК) руслового типа, эксплуатируется с 1973 года и предназначено для приема и складирования хвостов обогащения железистых кварцитов. По способу заполнения хвостохранилище – намывное [1].

Ситуационный план хвостохранилища представлен на рис. 1. Площадь земельного отвода составляет 23,75 км², а общая длина ограждающих и разделительных дамб превышает 25 км [1].

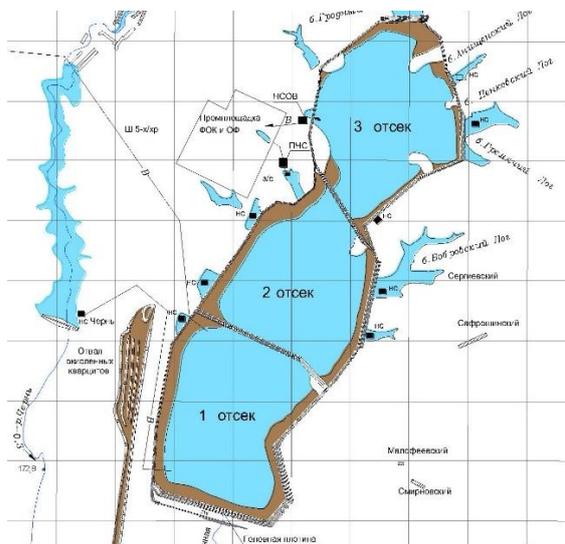


Рис. 1. Ситуационный план хвостохранилища МГОК

Расчетная модель. Наращивание ограждающих дамб вглубь хвостохранилища предусматривается последовательной отсыпкой на намывный пляж дамб обвалования (ярусов намыва) с отметками гребня 250,0 м – 293,00 м.

Наращиваемые ярусы (высотой по 3 м) отсыпаются из хвостовых отложений намывного пляжа с креплением гребня отсеком сухой магнитной сепарации (СМС), верхового откоса окисленным железистым кварцитом, низового откоса – щебнем СМС. Ширина гребня дамб (ярусов) – 9 м, заложение верхового и низового откосов – 1:2 [1].

В расчете была принята модель, состоящая из двух грунтов. Расчетные значения физико-механических характеристик грунтов тела и основания дамбы приведены в таблице 1 [2].

Таблица 1

№ ИГЭ	Описание	γ , кН/м ³	φ , °	c , кПа	E , кПа	K_{ϕ} , м/сут.
ИГЭ 1	Хвосты (пески пылеватые)	24,40	28	1	18500	1,090
ИГЭ 2	Суглинок полутвердый	20,30	24	20	27500	0,005

Весь период наращивания хвостохранилища до предельной отметки 293,0 м разделен на 4 стадии. I стадия включает в себя дамбы обвалования до отметки гребня 250,00 м включительно, II стадия – до отм. 259,00 м, III стадия – до отм. 275,00 м, IV стадия – до отм. 293,00. Расчетная модель приведена на рисунке 2.

Методика расчета статической устойчивости дамбы хвостохранилища. Расчеты статической устойчивости дамбы хвостохранилища МГОКа были проведены с целью

определения коэффициентов устойчивости ее откосов под действием статических нагрузок и их сравнения с требуемыми значениями для сооружения I класса.

Для гидротехнических сооружений I класса значение коэффициента устойчивости K_s не должно быть меньше 1,250 при основном сочетании нагрузок в период нормальной эксплуатации [5].



Рис. 2. Принятая расчетная модель в среде PLAXIS 2D

При расчетах гидротехнических сооружений, их конструкций и оснований необходимо так же сослаться на СП 39.13330.2012 и СП 23.13330.2018, обеспечивая недопущение наступления предельных состояний [3, 4].

В программе PLAXIS 2D для расчета устойчивости откосов используется метод снижения прочности, который заключается в пропорциональном снижении прочностных характеристик всех грунтов рассчитываемого сооружения и его основания:

$$K_s = \frac{\text{tg}\varphi_{\text{исх.}}}{\text{tg}\varphi_c} = \frac{c_{\text{исх.}}}{c_c}, \quad (1)$$

где $\text{tg}\varphi_{\text{исх.}}$, $\text{tg}\varphi_c$ – значение коэффициента внутреннего трения соответственно исходное и в момент обрушения откоса; $c_{\text{исх.}}$, c – значение удельного сцепления соответственно исходное и в момент обрушения откоса.

Отношение K , при котором происходит обрушение откоса, принимается за коэффициент его устойчивости. Недостатком данного метода является невозможность выполнения расчета устойчивости для заданных заранее поверхностей обрушения. При этом возможно получить результат только для наиболее слабого элемента сооружения.

Результаты. Для каждой стадии наращивания хвостохранилища были определены осадки грунта, поверхности обрушения и коэффициенты устойчивости. В таблице 2 показаны расчетные значения коэффициентов устойчивости.

Таблица 2 – Расчетные значения коэффициентов устойчивости откосов дамбы хвостохранилища

№ стадии	Сечение	Отметка гребня, м	Рисунок	K_s
1	XVI-XVI Головная дамба	до 250,00	3	1,704
2		до 259,00	4	1,655
3		до 275,00	5	1,650
4		до 293,00	6	1,642

Из табл. 2 видно, что устойчивость внешнего откоса дамбы соответствует требованиям, предъявляемым к сооружениям I класса.

На рисунках 3-6 представлены результаты расчетов в виде потенциальных поверхностей обрушения откосов.

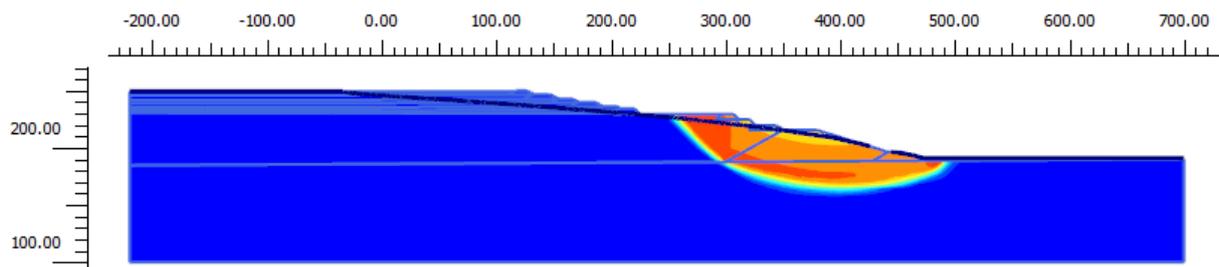


Рис. 3. Расчетное положение потенциальной поверхности обрушения низового откоса дамбы в сечении XVI-XVI, отметка гребня 250,00, основной расчетный случай, $K_s = 1,704$

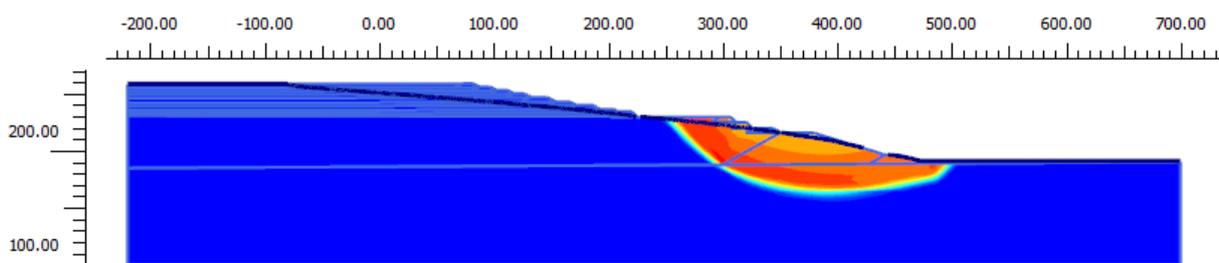


Рис. 4. Расчетное положение потенциальной поверхности обрушения низового откоса дамбы в сечении XVI-XVI, отметка гребня 259,00, $K_s = 1,655$

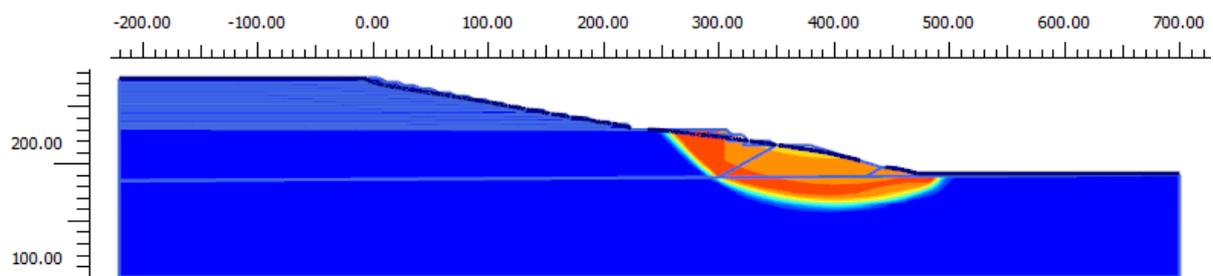


Рис. 5. Расчетное положение потенциальной поверхности обрушения низового откоса дамбы в сечении XVI-XVI, отметка гребня 275,00, $K_s = 1,650$

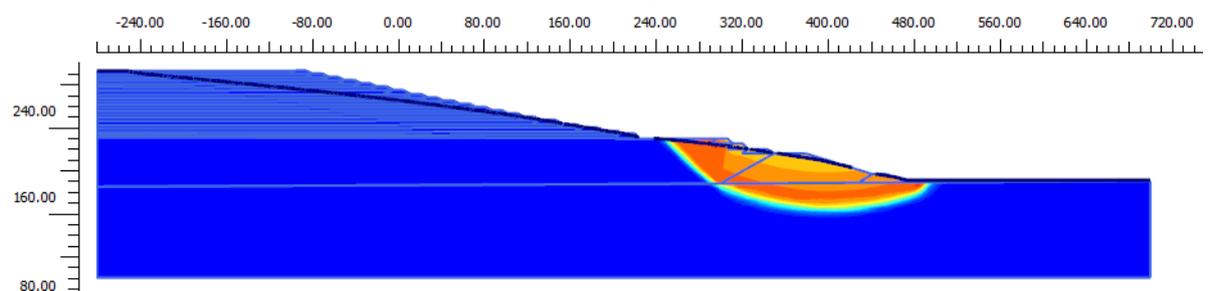


Рис. 6. Расчетное положение потенциальной поверхности обрушения низового откоса дамбы в сечении XVI-XVI, отметка гребня 293,00, $K_s = 1,642$

Выводы. Согласно результатам проведенных расчетов, устойчивость дамбы в наиболее высоком сечении XVI-XVI Головной дамбы хвостохранилища является обеспеченной. МКЭ применим для расчета ограждающих дамб хвостовых хозяйств. В ходе работы была подтверждена возможность использования программного комплекса для подтверждения безопасности гидротехнических сооружений расчетом МКЭ, а также возможность увеличения срока эксплуатации хвостохранилища.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Проектная документация 13/096-М/131376-ПЗ. Раздел 1. Пояснительная записка.
2. Инженерные изыскания 13/096-М/131376-ГИ-2. ЗАО "ДАР/ВОДГЕО", Текстовая часть, М., 2014.
3. СП 39.13330.2012. Плотины из грунтовых материалов.
4. СП 23.13330.2018. Основания гидротехнических сооружений.
5. СП 58.13330.2019. Гидротехнические сооружения.

НИЗКОНАПОРНЫЙ ГИДРОУЗЕЛ НА РЕКЕ КАЖЫМ

Рассмотрены основные гидротехнические сооружения в составе гидроузла. Показаны их компоновочные и конструктивные решения. Обоснованы необходимость возведения и выбор типа рыбохода в составе Кажымского гидроузла в связи с его природными особенностями.

Кажымский гидроузел расположен в южной части Республики Коми на северо-востоке Европейской части Российской Федерации. Его постройка относится к середине 18 века (1759 г.) первоначально предназначенная для нужд чугунолитейного завода.

После реконструкции 2013 года гидроузел является действующим и состоит из двух сооружений – грунтовой плотины и водосброса.

Современное состояние действующего гидроузла. Характеристика сооружений. При отметке нормального подпорного уровня (НПУ) 144,75 м объем водохранилища равен 20,7 млн. м³, площадь свободной водной поверхности – 682 га. Тип водохранилища – речной, для которого свойственна вытянутая форма, стоковые течения, характеристики водной массы близки к речным водам.

Сооружение низконапорной земляной плотины, отсыпанной из песка и суглинка, относится к IV классу безопасности. Максимальная высота плотины в русле реки составляет 12 м. Длина плотины по гребню – 400 м, по которому проходит дорога шириной 6,0 м. Дренажное устройство для русловой и пойменной частей выполнено в виде банкета шириной 6 м по верху, для сухоходной части – в виде трубчатого дренажа.

В нашем исследовании предложен альтернативный вариант водосбросного сооружения. Водосбросное сооружение, предназначенное для пропуска весеннего паводка в русло реки НБ, состоит из подходной расчистки, водослива с широким порогом, переходного участка, быстротока и концевого крепления. Подходная расчистка постоянной ширины 21,0 м располагается на отметке 141,00 м и имеет длину 9,0 м. Водосливной фронт плотины разделен на три отверстия шириной по 6,0 м двумя быками – по 1,5 м. Для регулирования расходов реки на гребне водослива с широким порогом установлены плоские затворы. С правобережной и левобережной частями грунтовой плотины водосливной фронт сопрягается устоями шириной по верху по 2,0 м. Переходный участок переменной ширины связывает водослив с широким порогом и быстроток. Отметки дна подобраны с расчетом обеспечения критической глубины потока и имеют попеременное значение. Быстроток длиной 100,0 м имеет постоянную ширину 12,0 м. Крепление нижнего бьефа, состоит из водобойной плиты длиной 27,2 м, рисбермы из железобетонных плит толщиной от 0,35 м до 0,2 м и концевого участка в виде ковша для окончательного гашения энергии сбрасываемого потока.

На рис. 1 представлено компоновочное решение основных гидротехнических сооружений гидроузла на реке Кажым.

Дополнительное сооружение. Река Кажым обладает большим запасом ценных пород рыбы, в частности лосося. Поэтому строительство рыбопропускного сооружения в составе гидроузла крайне необходимо для пропуска рыбы в период нереста. Рыбопропускное сооружение возводится в правобережной части грунтовой плотины, так как этот берег ниже створа гидроузла и является более пологим. Рыбоход лестничного типа состоит из лотка со ступенчатым дном и перегородок, образующих ряд бассейнов и перепадов между ними. Уровни воды в отдельных бассейнах благодаря перегородкам устанавливаются ступенями. Для прохода рыбы устраиваются вливные отверстия. Промежуточные пруды рыбохода предназначаются для «отдыха рыбы» после преодоления ею вливных отверстий [8].

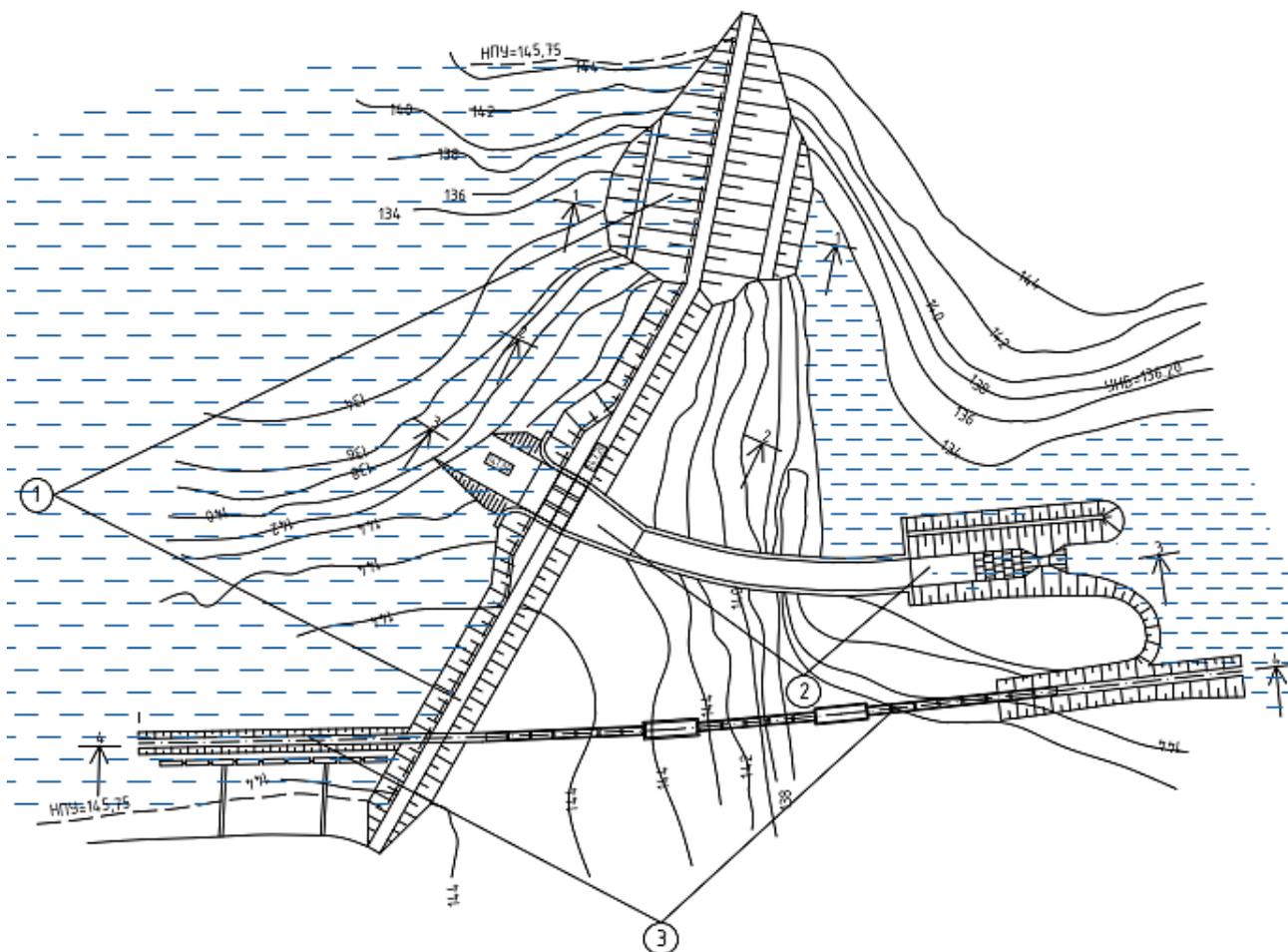


Рис. 1. План гидроузла на реке Кажым:
 1 – грунтовая плотина; 2 – водосборное сооружение; 3 – рыбоход лестничного типа

Поперечный разрез по камере рыбохода представлен на рисунке 2.

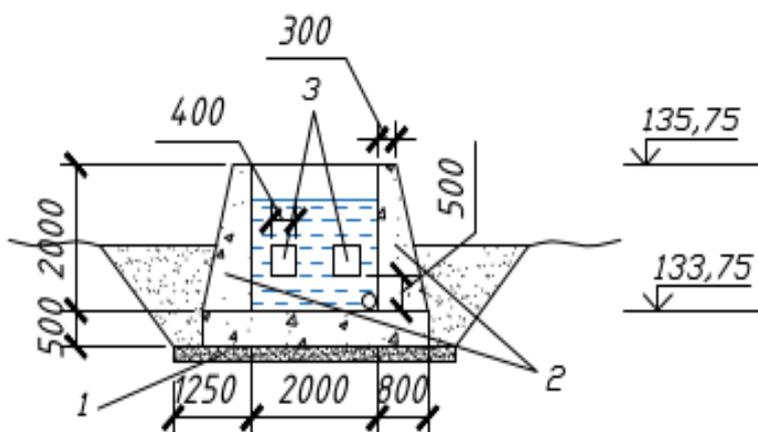


Рис. 2. Поперечный разрез камеры рыбохода:
 1 – флотбетт рыбохода; 2 – продольные стенки; 3 – вливные отверстия

Рыбоход лестничного типа запроектирован с учетом особенностей поведения лососевых покатников для обеспечения жизнеспособности при транзитном пропуске спускаемых рыб [7].
Фрагмент продольного разреза рыбохода представлен на рисунке 3.

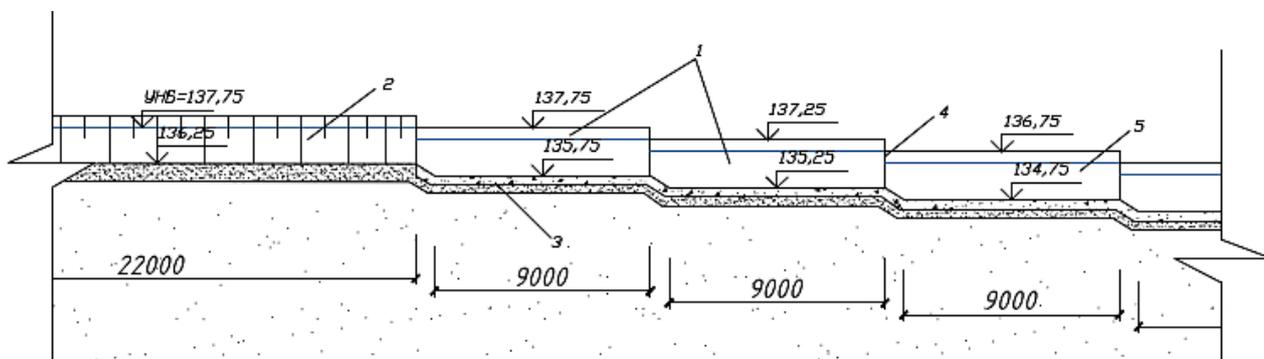


Рис. 3. Продольный разрез рыбохода:
1 – бассейн; 2 – промежуточный пруд; 3 – лоток со ступенчатым дном;
4 – поперечные перегородки; 5 – продольные стенки

Для эффективной миграции рыбы следует также учесть абиотические факторы, такие как освещенность, материал дна и берегов, наличие ориентиров в потоке [7]. Они станут решающими составляющими для привлечения рыбы.

Возведение рыбопропускного сооружения в составе гидроузла окажет благоприятное воздействие на рыболовный промысел, что имеет большое значение для сельских жителей, как дополнительный источник средств к существованию.

Работа над объектом может иметь продолжение, т.к. в свое время в состав гидроузла входила малая ГЭС, которая использовалась для потребителей поселка Кажым и лесопункта. В настоящее время ГЭС законсервирована, но существует возможность возобновления ее работы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Чугаев Р.Р. Гидротехнические сооружения. Учеб. пособие для студ. гидротехн. спец. вузов. В 2-х ч. – 2-е изд. перераб. и доп. Ч. I. Глухие плотины. – М.: Агропромиздат, 1985. – 318 с.,ил.
2. Чугаев Р.Р. Гидротехнические сооружения. Учеб. пособие для студ. гидротехн. спец. вузов. В 2-х ч. – 2-е изд. – М.: Агропромиздат, 1985. – 302 с., ил.
3. Чугаев Р.Р. Подземный контур гидротехнических сооружений. – Л.: Энергия, – 1974. –237 с.
4. СП 23.13330.2011. Основания гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85
5. СП 40.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.06.08-87
6. Гидротехнические сооружения. Справочник проектировщика. М.: Стройиздат. 1983
7. Покатная миграция молоди рыб в реках Волга и Или. / Павлов Д.С., Нездолий В.К., Ходоревская Р.П./ М.: Наука, 1981. – 320 с.
8. Пособие по проектированию рыбопропускных и рыбозащитных сооружений к СНиП 2.06.07-89. М.: Гидропроект, 1988. – 124 с.

РАСЧЕТ БОЛЬВЕРКА В СОСТАВЕ ИСКУССТВЕННОГО ОСТРОВА МЕТОДОМ КЭ

Введение. Россия обладает огромными территориями с большими залежами полезных ископаемых. Одним из перспективных вариантов развития экономики является внедрение инноваций. Морской добычный комплекс может быть инновационным в том числе потому, что он обладает не только высокой проектной производительностью, но и значительной удаленностью от берега, суровыми арктическими условиями и возможностью совершенствования технологий в освоении морских месторождений на мелководном шельфе. Ограждающая конструкция искусственного острова выполнена из стального трубошпунта. Особенность такой конструкции заключается в возможном варианте усиления трубошпунта бетонным заполнением, высокой степени сопротивления локальным деформациям от продавливания льдом, способность нести значительные вертикальные нагрузки. Данная конструкция может быть также охарактеризована высокой степенью унификации, что вызвано использованием одинаковых элементов для противоположных стенок конструкции, что приводит к увеличению запаса надежности для воздействий по неосновным расчетным направлениям приложения нагрузок. Для расчета конструкции и обоснования её надежности возможно использование разных программных комплексов, в том числе Plaxis 2D.

Целью данного исследования является обоснование необходимости бетонирования ствола свайного основания методом конечных элементов.

Для достижения поставленной цели предполагается решение следующих задач:

1. Геотехнический расчет трубошпунта в грунте при частичном усилении бетоном;
2. Расчет деформации и устойчивости при забивке пустотелой сваи.

Актуальность. На континентальном шельфе РФ активно осваиваются нефтегазовые месторождения [1]. В связи с этим, возникает проблема добычи и транспортировки полезных ископаемых в труднодоступных природно-климатических условиях. На гидротехническом основании – острове, прямоугольной формы, располагается технологическое оборудование и буровая установка, а также причал для дальнейшей транспортировки сырья. Следующие параметры гидротехнического основания не должны превышать допустимых значений: устойчивость, деформации, напряжения.

В программе Plaxis 2D произведен расчет варианта основания: бетонирование участка стволов свай основания.

Методы исследования представляют собой конечно-элементное моделирование с использованием средств ЭВМ и программного комплекса Plaxis 2D.

Объектом исследования является основание искусственного острова в Обской губе на свайном основании.

Основными исходными данными для решения поставленных задач являются:

1. Инженерно-геологические данные морского дна;
2. Характеристики конструктивных элементов.

Инженерно-геологическое строение основания в районе размещения проектируемого сооружения представлено следующими грунтами (от поверхности):

- 1) суглинок тяжелый пылеватый, текучий, от серовато-зеленого до темно-серого, с частыми прослоями песка мелкого серого, водонасыщенный, с примесью органических веществ. Расчетные физико-механические характеристики: $\varphi = 10,2^\circ$, $c = 8,8$ кПа, $IL = 1,46$, $e = 1,14$, $E = 1,7$ МПа;
- 2) песок мелкий, плотный, водонасыщенный, серый, с редкими прослоями суглинка тяжелого пылеватого, текучего, серого и частыми прослоями суглинка легкого, пылеватого,

тугопластичного, серого. Расчетные физико-механические характеристики:
 $\varphi = 29,5^\circ$, $c = 6,3$ кПа, $e = 0,59$, $E = 16,9$ МПа;

3) описание и расчетные физико-механические характеристики приведены в п.1;

4) описание и расчетные физико-механические характеристики приведены в п.2;

5) суглинок легкий песчанистый, тугопластичный, серый, с прослоями песка мелкого, средней плотности, влажного серого. Расчетные физико-механические характеристики:
 $\varphi = 22,6^\circ$, $c = 10,6$ кПа, $IL = 0,39$, $e = 0,571$, $E = 4,9$ МПа.

Инженерно-геологическое строение основания морского дна принято по аналогии с материалами [2].

Гидротехническое сооружение относится к классу КС-3 – сооружение повышенного уровня ответственности в соответствии с п. 8 ст. 4 № 384-ФЗ [3].

Конструкция представляет собой взаимозаанкеренный больверк с лицевой и анкерной стенками из трубошпунта и сдвоенными анкерами [4]. В двухрядной конструкции берегоукрепления предусмотрены поперечные диафрагмы из трубошпунта. Лицевая и анкерная стенки выполнены из трубошпунта диаметром 2520×20 мм с шагом 2,7 м. Сдвоенные анкерные тяги диаметром 115 мм длиной 40,5 м устанавливаются с шагом трубошпунта. Для защиты территории от размыва при волновом воздействии и уменьшения наползания льда отметка верха трубошпунта лицевой стенки принимается равной плюс 8,000 м БС [5]. Принята равномерно-распределенная нагрузка в количестве 20 кН/м от собственного веса конструкции [6].

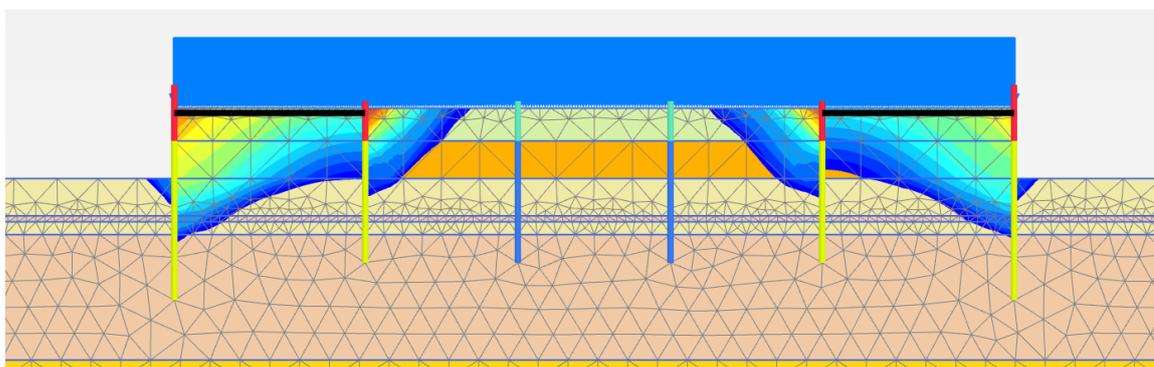


Рис. 1. Расчетная схема гидротехнического основания

Выводы. Проведенные расчеты показали, что с учетом природно-климатических условий Обской губы, использование конструкции свайного основания без его усиления бетоном не целесообразно.

В результате расчетов в программном комплексе Plaxis 2D получены следующие результаты с учетом частичного усиления трубошпунта бетоном:

1. Коэффициент устойчивости для рассматриваемой конструкции – 1,24;
2. На расчетной схеме рисунка 1 показаны поля деформации, содержащие вероятную поверхность обрушения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Морские гидротехнические сооружения на континентальном шельфе: Учеб. / Г.В. Симаков, К.Н. Шхинек, В.А. Смелов и др. – Л.: Судостроение, 1989. – с.: 328, ил. ISBN 5-7355-0071-6.
2. Караев И.П., Новиков А.А. Расчетно-аналитическое исследование выбора типов оснований ледостойких стационарных платформ для освоения месторождений Обской губы // Газовая промышленность. 2018. №7. с. 40-46.
3. ФЗ от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ Технический регламент о безопасности зданий и сооружений.
4. СП 58.13330.2019. Гидротехнические сооружения. Основные положения. СНиП 33-01-2003.
5. СП 287.1325800.2016. Сооружения морские причальные. Правила проектирования и строительства.
6. СП 38.13330.2018. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). СНиП 2.06.04-82*.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГТС
НА ПРИМЕРЕ ОБОСНОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЯХТЕННОЙ ГАВАНИ

Цель работы – демонстрация возможностей математического моделирования на примере яхтенной гавани при помощи программного комплекса для геотехнических расчётов PLAXIS 2D.

Объектом расчёта является конструкция в виде заанкеренного больверка, предназначенная для берегоукрепления территории [1, 2]. Для проверки прочности и устойчивости данного варианта конструктивного решения причальных сооружений яхтенной гавани проводится их расчётное обоснование [3, 4].

Нагрузки и воздействия, принятые к расчёту: от собственного веса стальных и бетонных конструкций (учитывается автоматически в ПВК PLAXIS 2D); от бокового давления грунта (учитывается автоматически); от пешеходов – 4 кН/м^2 ; от автомобильного транспорта на территории – 20 кН/м^2 ; от волнового воздействия.

Нагрузки в расчёте принимаются с учётом соответствующих коэффициентов надёжности по нагрузке γ_f согласно требованиям [5-7]: для равномерно распределённых нагрузок от скопления людей $\gamma_f = 1,2$; для нагрузок от транспорта $\gamma_f = 1,2$; для волновых нагрузок $\gamma_f = 1,0$.

Расчёт подпорной стены. По схеме работы сооружение представляет собой тонкую подпорную стенку или заанкеренный больверк. Тонкая подпорная стенка является вертикальной формой берегоукрепления и выполняется в виде сплошной стенки, поддерживающей береговой массив грунта. Основная функция конструкции – восприятие давления грунта, действующего по всей высоте сооружения и являющегося для больверка преобладающей внешней нагрузкой. Расчётная схема подпорной стенки с эксплуатационными равномерно-распределёнными нагрузками представлена на рис. 1.

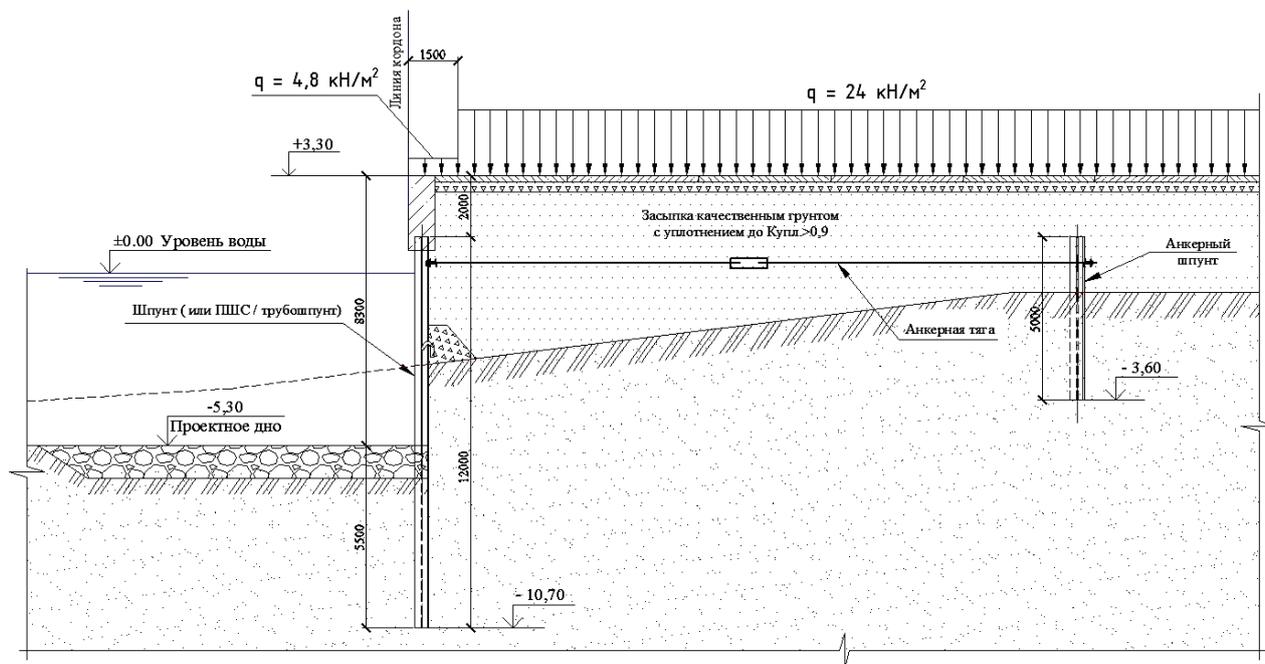


Рис. 1

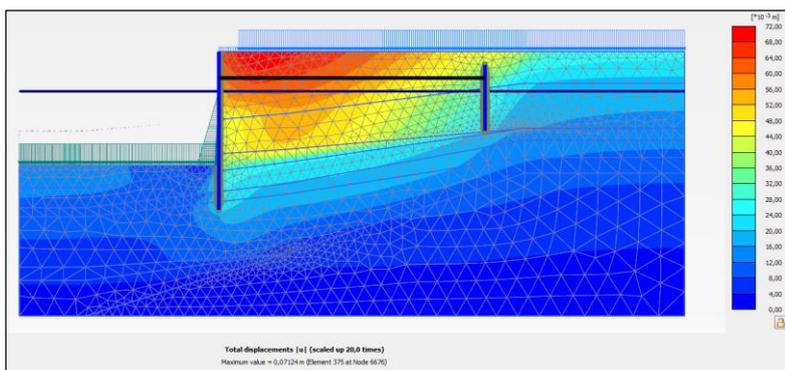


Рис. 2

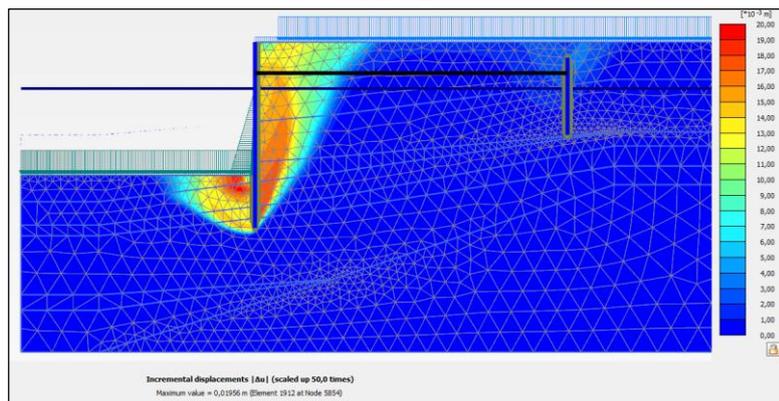


Рис. 3

Помимо определения напряженно-деформированного состояния можно получить коэффициент устойчивости сооружения. Программа рассчитывает его следующим образом, у каждого элемента сооружения имеется свой запас прочности и при воздействии нагрузок этот запас прочности пропорционально уменьшается до тех пор пока сооружение не обрушится, таким образом программа находит наименьший коэффициент запаса устойчивости сооружения и показывает изополя наиболее вероятного разрушения, что представлено на рис. 3. Так как данный программный комплекс не может дать более подробный ответ о прочности принятых шпунтовых стен и общей устойчивости сооружения, необходимо дополнить математическое моделирование аналитическими расчётами. Таким образом с помощью программы можно получить значения прогибов, моментов, усилий и т.д. После этого необходимо проверить, соответствуют ли принятые элементы условиям прочности и устойчивости.

При проверке прочности и глубины забивки шпунтовых свай воспользуемся формулой:

$$M_{\max} \gamma_{lc} \leq \frac{WR_y \gamma_c}{\gamma_n},$$

где $\gamma_{lc} = 1,0$ – коэффициент сочетания нагрузок; $\gamma_c = 1,0$ – коэффициент условий работы; $M_{\max} = 291,9$ кНм – расчетный момент в сечении сваи; $\gamma_n = 1,15$ – коэффициент надёжности по ответственности для сооружений III класса; $W = 3555$ см³/п. м – момент сопротивления 1 п. м. шпунтовой сваи Ларсен 5-УМ; $R_y = 220$ МПа – расчетное сопротивление стали С235 при толщине проката 20-40 мм.

$$291,9 \cdot 1,0 \leq \frac{3555 \cdot 10^{-6} \cdot 220 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{1,15}; \quad 291,9 \text{ кНм} < 680,1 \text{ кНм.}$$

Данное условие выполняется с запасом 57%. Принятого сечения шпунтовых свай Ларсен 5-УМ достаточно для восприятия максимального изгибающего момента.

Проверка шпунта по прогибам проводится согласно предельно допустимому прогибу из требований ГОСТ Р 54523-2011 таблица Ц.1, при котором обеспечивается работоспособность сооружения, он не должен превышать 2% от высоты стенки между креплением анкера и отменой

Путём проведения расчёта можно получить различные параметры, такие как: смещение; горизонтальный прогиб; эпюра изгибающих моментов; растягивающие усилия в анкерной тяге; коэффициент устойчивости. На рис. 2 представлена характерная картина полных перемещений сооружения под воздействием приложенных нагрузок.

Благодаря легенде справа можно понять в какой зоне происходят наибольшие и наименьшие перемещения, на что стоит обратить более детальное внимание. Можно также определить перемещения отдельного элемента сооружения, например, горизонтальные деформации шпунтовой стенки, а также изгибающий момент в ней и т.п.

дна, что в данном случае составляет $f_{\text{доп}} = 5,6 \text{ м} \times 2 \% = 0,112 \text{ м} = 112 \text{ мм}$. Полученный прогиб меньше предельно допустимого:

$$f_{\text{max}} = 8,2 \text{ мм} < f_{\text{доп}} = 112 \text{ мм}.$$

В работе приняты анкерные тяги из стального круга Ø80 мм из стали 09Г2С с шагом по длине сооружения 2,0 м. Максимальный растягивающее усилие в тяге составляет $N = 262,1 \text{ кН}$.

Анкерные тяги проверяются на восприятие растягивающих усилий по условию:

$$\gamma_n N \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_{lc}} R_y A_n,$$

где $A_n = 5026 \text{ мм}^2$ – площадь поперечного сечения тяги; $R_y = 345 \text{ МПа}$ – расчетное сопротивление растяжению стали.

$$1,15 \cdot 262,1 \leq \frac{1,0}{1,0} \cdot 345 \cdot 10^3 \cdot 5026 \cdot 10^{-6}; \quad 301,4 \text{ кН} < 1734,3 \text{ кН}.$$

Данное условие выполняется. Прочность принятого сечения обеспечивается.

Проверка общей устойчивости. Расчет общей устойчивости сооружения по схеме глубинного сдвига проводится в соответствии с требованиями [6] по формуле:

$$\gamma_{lc} F = \frac{\gamma_c}{\gamma_n} R,$$

где F и R – расчетные значения соответственно обобщенных сдвигающих сил и сил предельного сопротивления или моментов сил, стремящихся сдвинуть (повернуть) и удержать склон. При их определении используются коэффициенты надежности по нагрузкам γ_f и по грунту γ_g , определяемые по указаниям 7.3 и разделу 5 [5].

Общая устойчивость сооружения по схеме глубинного сдвига обеспечивается при выполнении следующего условия:

$$K = \frac{R}{F} \geq \frac{\gamma_{lc} \gamma_n}{\gamma_c} = \frac{1,0 \cdot 1,15}{1,0}, \quad K \geq 1,15.$$

Минимальный запас устойчивости сооружения составляет:

$$K = 2,113 > 1,15.$$

Условие выполняется и обеспечивается устойчивость подпорной стенки.

Вывод. Согласно проведённому исследованию, можно утверждать, что наличие расчётных программных комплексов значительно упрощает и ускоряет работу проектировщиков, сокращая время расчётов до возможного минимума. Помимо этого, программные комплексы дают возможность наглядно увидеть изменения деформаций, смещений, изгибов и т.д. в расчётной модели сооружения, что позволяет эффективно вносить поправки в конструкцию, а это в свою очередь может обеспечить более качественное и безопасное строительство объекта.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Беляев Н.Д. Причины аварий причальных сооружений. Предотвращение аварий зданий и сооружений. Межвузовский сборник научных трудов. Магнитогорск: МГТУ, 2003. С. 34-39.
2. Беляев Н.Д., Вилькевич В.В. Экспертиза технического состояния морских гидротехнических сооружений. Гидротехническое строительство. 2007. № 5. С. 37-45.
3. Колгушкин А.В., Беляев Н.Д. Влияние природных факторов на скорость коррозии морских ГТС. Предотвращение аварий зданий и сооружений. Сборник научных трудов. М., 2009. С. 216-227.
4. Малеванов К.А., Шхинек К.Н., Беляев Н.Д. Сравнительный анализ технического состояния морских гидротехнических сооружений за пятилетний период эксплуатации. XXXIV неделя науки СПбГПУ. Материалы Всероссийской межвузовской НТК. Санкт-Петербург, 2006. С. 3-4.
5. СП 20.13330.2011. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия. Утвержден Приказом Минрегиона России от 27 декабря 2010 г. № 787.
6. СП 23.13330.2011. Актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85*. Основания гидротехнических сооружений. Утвержден Приказом Минрегиона России от 28 декабря 2010 г. № 824.
7. СП 58.13330.2019. Гидротехнические сооружения. Основные положения.

ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ
НА ВДОЛЬБЕРЕГОВОЙ ПОТОК НАНОСОВ

Вдольбереговой поток наносов – однонаправленное результирующее перемещение наносов вдоль берега за большой интервал времени (обычно за год). Процессы движения наносов во многом определяют весь комплекс морфологических изменений берегов и дна [1].

В последние годы в России активно ведется строительство морских портов, а также в связи с развитием добывающей промышленности прокладываются морские трубопроводы, для выхода которых на берег сооружаются поперечные защитные дамбы. Такие сооружения могут приводить к разрушению берегов, так же как оградительные сооружения портов, которые, выходя на значительные глубины, перехватывают вдольбереговой поток наносов.

Цель работы: обзор публикаций, выявление и анализ методик расчета вдольберегового потока наносов.

Актуальность данной научно-исследовательской работы обусловлена тем, что вдольбереговой поток наносов играет решающую роль как в берегозащите и морском гидротехническом строительстве, так и в рекреационных функциях пляжей (рис. 1).

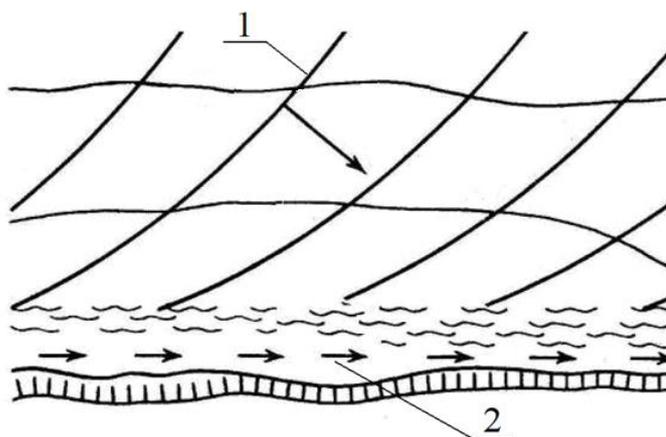


Рис. 1. Вдольбереговой поток наносов:
1 – фронт волны; 2 – вдольбереговое течение

На вдольбереговой поток наносов влияют такие сооружения, как буны, волноломы, оградительные молы портовых сооружений, подходные каналы (в большинстве случаев совместно с молами) и т.д. Из теории движения наносов в береговой зоне известно, что возведение поперечного гидротехнического сооружения на прямолинейном участке берега при преимущественном движении наносов в одном направлении влечет интенсивное нарастание берега со стороны господствующего направления движения наносов и разрушение с другой стороны сооружения [2] (рис. 2).

Отдельно стоит отметить то, что не всегда удается однозначно определить преимущественное направление движения наносов. Так, до сих пор исследователи не согласовались во мнении о результирующем направлении вдольберегового потока наносов на восточном побережье Гданьского залива. В обзоре [3] А.Н. Бабаков показал, что направление интегрального вдольберегового потока однозначно не определено, более того, расчеты по разным методам дают результаты как однонаправленного потока на север или юг, так и встречного направления с различными точками конвергенции.

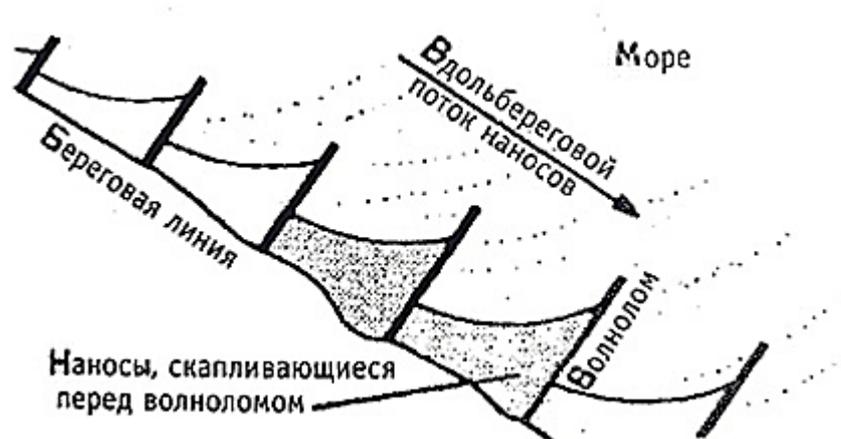


Рис. 2. Влияние поперечного гидротехнического сооружения на отложение наносов

Для определения направления вдольберегового потока могут использоваться морфологический, литологический, минералогический методы, метод Попова-Совершаева [4] и др. Также в некоторых случаях возможно определение направления потока по спутниковым снимкам высокого пространственного разрешения, расположенным в геоинформационной системе «Google Планета Земля» (Google Earth), что показала работа Л.В. Харитоновой [5].

В работе [6] И.О. Леонтьев представил модель прогноза изменений контура берега под влиянием некоторых из вышеперечисленных сооружений. Так, было показано, что отложения от воздействия буны (мола) в сочетании с подходным каналом можно представить в первом приближении как:

- на участке выше по течению до поперечного ГТС – как линейную функцию;
- на участке ниже по течению после поперечного ГТС – как синусоиду.

Также было рассмотрено влияние волнолома. Волнолом, в данном случае, – продольное (параллельное берегу) сооружение, ослабляющее волновое воздействие на защищаемый участок берега и способствующее аккумуляции наносов в теневой области.

К числу достоинств модели можно отнести малое количество эмпирических коэффициентов, к недостаткам – короткий временной промежуток, не учитывание смеси материалов, слагающих берег, и дифракции волн, возникающей в волновой тени сооружения. Расчетные зависимости, представленные И.О. Леонтьевым, разумно использовать в условиях однонаправленного потока на побережье с однородным по составу потоком наносов и в временной перспективе в несколько лет после строительства сооружения, так как в течение большего промежутка времени может измениться объем наносов и форма берегового профиля, особенно в условиях повышенного антропогенного воздействия.

В [7] представлен комплекс программных продуктов для решения задач прогнозирования береговых процессов, в числе прочих, определения результирующего вдольберегового потока наносов («Береговой инженерный калькулятор»). Чтобы рассчитать годовой поток наносов, необходимо задать в программу направление, продолжительность и параметры волн на входе в береговую зону (на некоторой глубине), а также крупность материала.

Для моделирования береговой линии в условиях меняющегося вдольберегового потока наносов при наличии берегозащитных сооружений (бун, волноломов, волноотбойных стен, искусственных пляжей и т.д.) в [7] представлена программа «Модель береговой линии». Данный программный комплекс рассчитан на прогнозирование изменения береговой линии на среднесрочную перспективу, а также позволяет оценить работоспособность различных комбинаций берегозащитных сооружений. Для расчета используется медианный диаметр частиц.

В кандидатской диссертации [8] Бондарева Е.В. показала, что для решения инженерных задач береговой гидравлики, связанных с транспортом наносов, использование формул для расхода только песчаных или только галечных для участка берега, сложенного их смесью, приведет к снижению достоверности результатов расчета. В связи с этим был предложен метод расчета интегрального вдольберегового потока наносов для прогнозирования воздействия поперечных гидротехнических сооружений на прилегающие участки побережья в условиях неоднородных песчаных и галечных пляжей.

Расчет вдольберегового потока наносов регламентируется в СП 277.1325800.2016 «Сооружения морские берегозащитные. Правила проектирования», а также СП 32-103-97 «Проектирование морских берегозащитных сооружений». В СП 32-103-97 представлена методика расчета количественных и пространственных показателей вдольберегового потока наносов с использованием ЭВМ. Алгоритм программы учитывает волновое воздействие и динамическое равновесие пляжа, а также не учитывает различия в гранулометрическом составе. В СП 277.1325800.2016 не представлены расчетные схемы для расчета с использованием ЭВМ.

Выводы. Проведенный анализ публикаций, связанных с вдольбереговым потоком наносов, показал, что фундаментально данный вопрос достаточно хорошо изучен. Необходимо развивать тему в прикладном направлении, например, внедрять методики расчета наносов разного гранулометрического состава. Анализ нормативных документов показал, что отечественные СП не регламентируют правила проектирования берегозащитных сооружений в условиях неоднородности пляжей по гранулометрическому составу. Существует необходимость проведения дальнейших исследований по адаптации имеющихся программных комплексов для решения таких задач или для создания новых, более актуальных программных продуктов [9].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Лебедев В.В., Гарибин П.А., Беляев Н.Д. Инженерная геология. Заносимость морских гидротехнических сооружений. СПб.: СПбГТУ, 1996.
2. Зенкович В.П. Основы учения о развитии морских берегов / Зенкович В.П. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 710 с.
3. Бабаков А.Н. Вдольбереговой транспорт наносов в пределах восточного побережья Гданьского залива и «абразионный» критерий оценки итогового переноса наносов. Обзор. Калининград: ИО РАН, Атлантическое отд., 2017. 9 с. URL: <http://atlantic.ocean.ru/index.php/issledovaniya/publikatsii> (дата обращения 05.03.2020)
4. Попов Б.А., Совершаев В.А. Принципы выбора исходных данных для расчетов потоков волновой энергии // Береговая зона моря. М.: Наука, 1981. С. 47–52.
5. Харитонов Л.В. Оценка структуры вдольбереговых потоков наносов по спутниковым снимкам высокого разрешения // ФГБУН "Морской гидрофизический институт РАН", Конференция «КИМО-2017», 2017 г., с. 291-293.
6. Леонтьев И.О. Изменения береговой линии моря в условиях влияния гидротехнических сооружений // Океанология. 2007. Т. 47. № 6. С. 940-946.
7. Леонтьев И.О., Кошелев К.Б., Марусин К.В., Шибких А.А. Программные продукты для математического моделирования и прогнозирования береговых процессов волновой природы // Тр. межд. конф. «Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водоемов». Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. С. 24–31.
8. Бондарева Е.В. Вдольбереговой перенос галечных и песчаных неоднородных наносов при наличии поперечных гидротехнических сооружений: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.23.16 / [Моск. гос. строит. ун-т]. – Москва, 2010. – 18 с.
9. Pan B., Belyaev N. FLOW-3D software for substantiation the layout of the port water area. 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 883 012020. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/883/1/012020>.

КОНСТРУИРОВАНИЕ КОНТРОРСНОЙ ПЛОТИНЫ С МАССИВНЫМ ОГОЛОВКОМ

В состав водохранилищных гидроузлов наряду с сооружениями специального назначения, которые предназначены для решения комплексных задач различных отраслей экономики, таких как гидроэнергетика, водный транспорт, водоснабжение и т.д., входят сооружения основного назначения. К сооружениям основного назначения относятся глухие плотины, водосбросные сооружения, водоприемники и т.д. Глухие плотины предназначены для поднятия уровня воды в реке и воздания водохранилища и могут быть возведены из грунтовых материалов и бетона [1].

В дальнейшем в работе будут рассматриваться глухие плотины водохранилищных гидроузлов на скальном основании, выполненные из бетона. Бетонные плотины, устойчивость которых обеспечивается, в основном, их собственным весом в большинстве случаев относятся к гравитационным сооружениям. Такие плотины, при наличии скального основания, благодаря простоте конструкции и возможности возведения практически любой высоты, получили широкое распространение практически во всех странах мира. В зависимости от конструкции бетонные плотины на скальных основаниях различаются [2]:

- гравитационные плотины (массивные плотины без уширения швов, массивные плотины с уширенными швами);
- контрфорсные плотины (массивно-контрфорсные, массивно-контрфорсные со сдвоенными оголовками, контрфорсные плотины с плоскими перекрытиями, контрфорсные плотины с арочными перекрытиями);

Конструкции гравитационных плотин должны отвечать требованиями прочности и обладать достаточной устойчивостью против сдвига в условиях действия на плотину нагрузок [3]. При этом профиль плотин должен быть экономичным, т.е. расход бетона на их возведение должен быть минимальным при соблюдении нормативных запасов по условию прочности и устойчивости [4].

При конструировании профиля плотины и назначение размеров необходимо правильно задавать наклон верховой грани плотины n и ширину по подошве B . Значения этих параметров можно определить из системы двух нелинейных алгебраических уравнений (1) и (2) [4], одно из которых отражает условие отсутствия растягивающих напряжений в расчетном сечении, второе – условие устойчивости с нормативным запасом.

$$[\sigma_A]B^2 - NB + 6M = 0; \quad (1)$$

$$fN + cB - k_3Q = 0, \quad (2)$$

где N – сумма проекций всех действующих сил на тело плотины на нормаль к расчетному сечению; M – сумма моментов всех действующих на тело плотины выше расчетного сечения относительно оси, проходящей через центр тяжести расчетного сечения; Q – сумма всех сдвигающих сил, действующих на тело плотины, т.е. сумма проекций на плоскость предполагаемого сдвига всех активных сил; f, c – прочностные характеристики скального грунта (коэффициент внутреннего трения, удельное сцепление); $[\sigma_A]$ – допускаемое нормальное напряжение в расчетном сечении у верховой грани плотины (в расчетах принимается 0,1 МПа); k_3 – коэффициент запаса, для основного сочетания нагрузок соответствует коэффициенту надежности, зависящему от класса сооружения.

Исследования по назначению оптимальных параметров наклона верховой грани n и ширины по подошве B проводились для контрфорсных плотин с массивным оголовком

различной высоты (50–70 м). Прочностные характеристики грунта основания оставались постоянными ($c = 19 \text{ т/м}^2$, $f = 0,77$).

При этом учитывались следующие нагрузки, действующие на контрфорсную плотину [5]: собственный вес сооружения G ; гидростатическое давления воды со стороны верхнего бьефа W_B и со стороны нижнего бьефа W_H ; давление воды на подошву U_1, U_2 ; давления уплотнившихся наносов $W_{\text{нан}}$; давление от ветровой волны $W_{\text{волн}}$; давление от ледяного поля W_L .

Схема действия нагрузок представлена на рисунке 1.

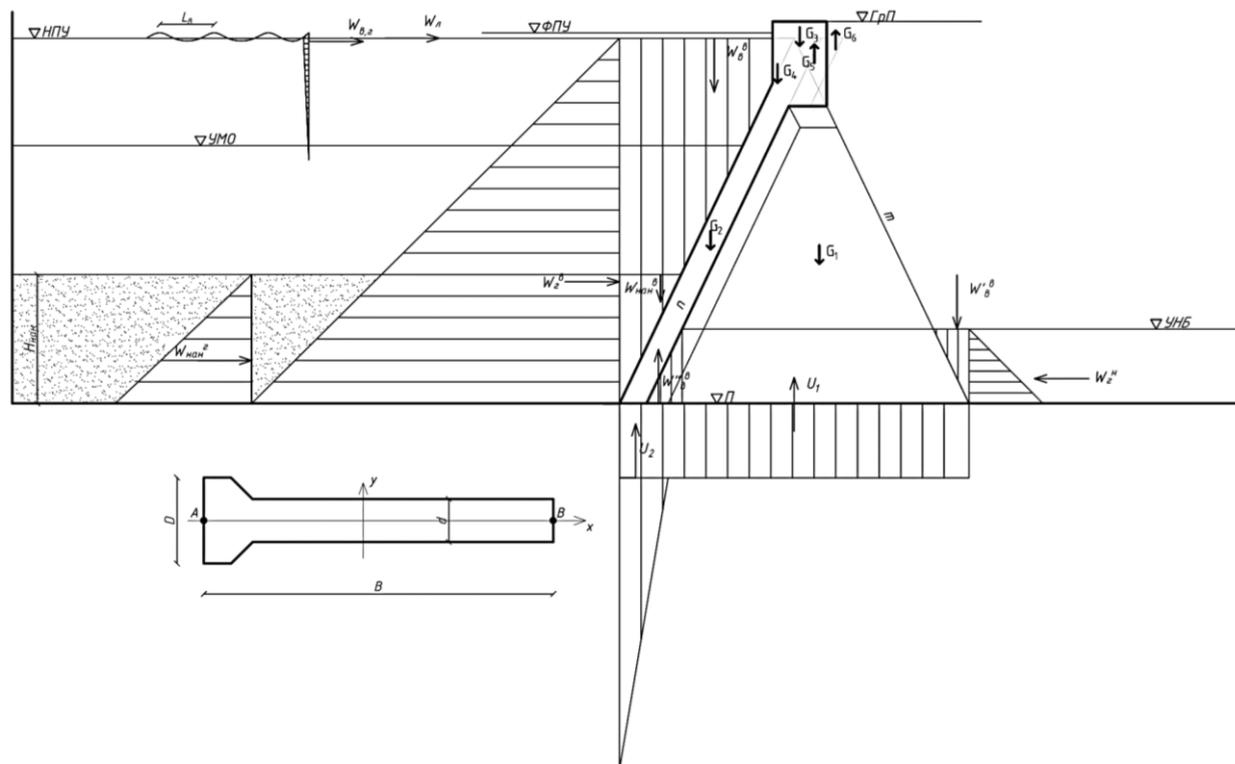


Рис. 1. Схема к определению нагрузок

Используя нелинейные алгебраические уравнения (1) и (2), в работе определялись оптимальные значения заложений верховой грани и ширины плотины по подошве. На рисунке 2 представлены графики зависимости приведенной ширины плотины по подошве B от заложения верховой грани n для плотины высотой 60,0 м. На рисунке для сочетания 1: по условию устойчивости – 1' и 3', по условию прочности – 2' и 4'; для сочетания 2: по условию устойчивости – 1 и 3, по условию прочности – 2 и 4. Точка пересечения графиков позволяет определить искомые значения n и B .

В таблице 1 приведены результаты расчетов искомых величин для контрфорсных плотин высотой от 50 м до 70 м с шагом 5 м. Для полученных значений параметров плотин, представленных в таблице 1, были проведены поверочные расчеты по определению нормальных и касательных напряжений в расчетном сечении.

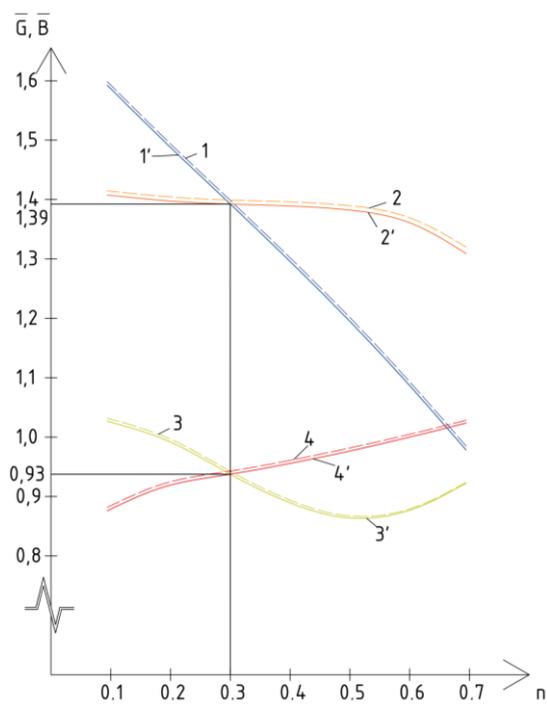


Рис. 2. Графики функций \bar{G} и \bar{B}

Таблица 1 – Результаты расчетов

Параметры плотины	$H, \text{ м}$				
	50	55	60	65	70
n	0,14	0,24	0,30	0,36	0,40
$B, \text{ м}$	45,00	52,30	59,50	66,30	72,80
B/H	0,90	0,95	0,99	1,02	1,04

Результаты расчетов показали отсутствие растягивающих напряжений в расчетном сечении. В свою очередь касательные напряжения в сечении не превышают предельно допустимые значения.

По данным таблицы 1 построен сводный график зависимости уклона верховой грани и относительной ширины контрфорсной плотины по подошве от высоты плотины (рис. 3).

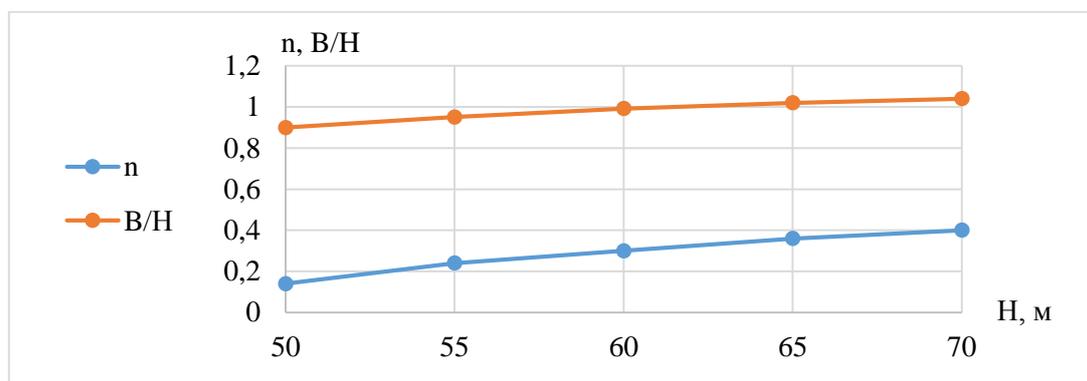


Рис. 3. График зависимости заложения верховой грани и относительной ширины плотины по подошве от высоты плотины

Зная высоту плотины, можно назначить заложение верховой грани и ширину плотины по подошве в исследованном диапазоне заданных параметров используя график на рисунке 3.

Исследования, представленные в работе, могут быть продолжены в направлении оптимизации профиля контрфорсных плотин для широкого диапазона грунтов основания с различными физико-механическими характеристиками (f и c).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бухарцев В.Н. Речные гидротехнические сооружения. Водоподпорные сооружения водохранилищных узлов: учебное пособие // Изд-во Политехн. ун-та. – 2013–135 с.
2. Гришин М.М. Гидротехнические сооружения. Учебник для учащихся гидроэнергетических и энергостроительных техникумов // Изд-во «Энергия». – 1968 – 344 с.
3. СП 40.13330.2012 Плотины бетонные и железобетонные. Актуализированная редакция СНиП 2.06.06-85 (с Изменениями №1, 2).
4. Юделевич А.М. Оценка надежности гравитационных бетонных плотин на скальных основаниях на этапах проектирования, строительства и эксплуатации. Диссертация. АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2017 г. 296 с.
5. Бухарцев В.Н., Того И., Фролова И.Е. Конструирование и статический расчёт высоких бетонных гравитационных плотин: учебно-методическое пособие // Изд-во ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019 – 128 с.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ПРЕДПРОЕКТНЫХ РАБОТ
ПРИ ВЫБОРЕ УЧАСТКА СТРОИТЕЛЬСТВА ЯХТ-КЛУБА

Цель работы – повышение эффективности выбора места для проектирования и строительства яхт-клуба при помощи технологий ГИС и БПЛА.

«Яхтинг – интернациональное движение без географических границ, миллионы яхт и ещё большее число яхтсменов на них бороздят океанские, морские и речные просторы. В мире насчитывается тысячи марин и их число непрерывно растёт» [9].

В связи с возросшим интересом к водно-парусному спорту увеличилось количество маломерных судов, увеличился объем проектирования яхтенных гаваней (яхт-клубов). В связи с этим возникает потребность в обеспечении максимального комфорта и безопасности водным туристам, в том числе технологических возможностей для оказания широкого диапазона платных услуг по обслуживанию яхт и экипажей. Несмотря на все изменения в этой сфере, нормативные требования по формированию и организации работы на акватории и территории, проектированию инфраструктуры водно-парусного спорта и т.д. остаются без изменений. «В России практически отсутствуют не только информационная среда отрасли, нет никакой государственной поддержки, нет марин, нет их классификации, а сами термины – марина, яхтенный порт, яхт-клуб, яхта – отсутствуют в нормативных и законодательных документах» [9].

Выбор места для яхт-клуба любого типа – это первостепенный вопрос, который определяется градостроительной ситуацией. Правильно выбранное место позволяет избежать дополнительных трат при строительстве, эксплуатации клуба, повышает рентабельность и окупаемость [8].

Как правило на этапе предпроектных работ рассматривается несколько вариантов строительных участков. На этапе проектирования необходимо иметь визуальное представление о возможных местах застройки и видеть преимущества и недостатки того или иного участка, для чего собирается первичная информация об участках.

Топографические карты сложны в восприятии и визуализации для человека не связанного с этой сферой [4, 6, 7]. Спутниковые снимки, находящиеся в общем доступе могут быть не актуальными, а фотографии, сделанные с земли, не отражают всей полноты картины [5]. В этом случае на помощь может прийти аэрофотосъемка с беспилотного летательного аппарата (далее БПЛА).

Технология аэрофотосъёмки БПЛА развивается уже много лет и к настоящему времени подошла по своим точностным характеристикам к классическим способам геодезической съёмки. На данный момент БПЛА находится на переднем крае развития геодезических технологий, вытесняя в обширном сегменте традиционные методы изыскания, делая их неконкурентоспособными как по стоимости, так и по срокам.

К недостаткам БПЛА стоит отнести ее метеозависимость и сезоннозависимость (снежный покров или наличие очень густой растительности чаще всего препятствует получению достаточного для построения инженерно-топографического плана материала) [1].

В результате аэрофотосъёмки, проводимой при помощи БПЛА, получают ортофотопланы земельных участков и уже на их основании можно осуществлять выбор участка, наиболее пригодного для застройки (рис. 1).



Рис. 1. Пример ортофотоплана

После выбора участка, наиболее удовлетворяющего требованиям к строительству и эксплуатации яхт-клуба, следует переходить к более детальному изучению места строительства при помощи геоинформационных систем.

Геоинформационная система – информационная система, позволяющая собирать, хранить, анализировать и графически визуализировать пространственные данные и связанную с ними атрибутивную информацию об объектах, представленных в ГИС [2, 10]. По результатам аэрофотосъемки создается реалистичная модель местности в формате 3D. Оценить представленную в таком виде информацию могут и не специалисты. Трехмерная модель дает понимание происходящего в большей степени, чем сложный отчет (рис. 2).

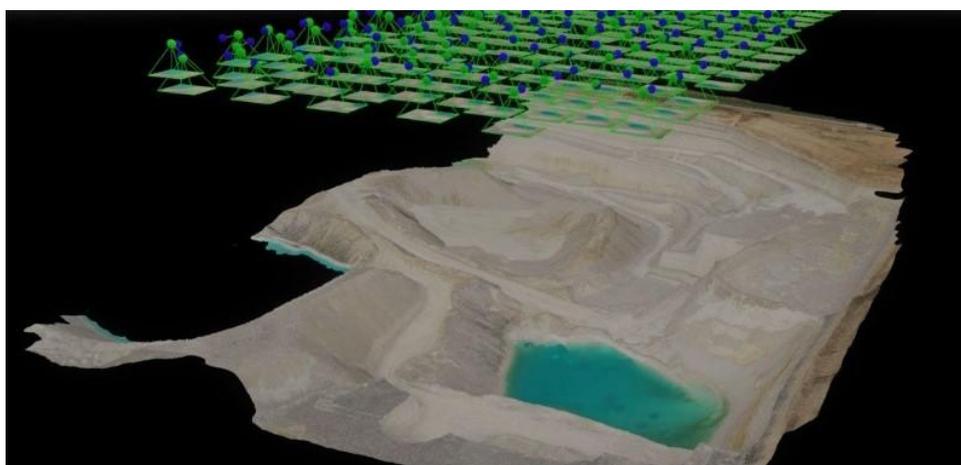


Рис. 2. Пример 3D-модели местности

Следующим этапом может стать выполнение магнитометрической съемки, по результатам которой составляются магнитометрические карты для определения типов залегаемых пород, что непременно поможет при проектировании и выборе типов несущих конструкций.

В результате проведенных изысканий мы получим актуальный ортофотоплан, трехмерную модель местности, а также сведения о грунтах на участке строительства. На основании полученных данных отдел проектирования может подготовить 3D-макет яхт-клуба, определиться с архитектурными и инженерными решениями, подготовить 3D-тур для инвесторов и заказчиков.

Такой подход имеет большое практическое значение, при его использовании отпадет множество вопросов со стороны инвесторов, т.к. они будут иметь более четкое представление о планируемом объекте строительства.

Стоимость создания ортофотоплана и 3D-модели ландшафта при помощи БПЛА оценивается в среднем в 5 тыс. рублей за 1 Га [3]. За магнитометрическую съемку и дешифровку результатов придется доплатить примерно столько же. Полевые работы занимают один рабочий день. Камеральная обработка данных длится 2-3 дня.

Вывод. Из проведенного анализа следует, что при использовании БПЛА в короткие сроки и по низкой стоимости изысканий может быть получен большой объем исходных данных для дальнейшего проектирования застройки участка местности, а также его 3D-визуализации для более наглядного представления инвесторам.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Аэрофотосъемка БПЛА. [Электронный ресурс]. URL: <https://siproen.ru/aerofotos-emka-bpla> (дата обращения 26.03.2021 г.)
2. Данилов О.Е. Изучение интерференции с помощью компьютерного моделирования // Дистанционное и виртуальное обучение. 2013. № 9 (75). С. 50-58.
3. Калькулятор для аэрофотосъемки. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.roboflot.ru/aerophotocalculator> (дата обращения 26.03.2021 г.)
4. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д., Вилькевич В.В., и др. Инженерная геодезия. Геодезические разбивочные работы. СПб.: СПбПУ, 2004.
5. Михаленко Е.Б., Загрядская Н.Н., Беляев Н.Д. и др. Инженерная геодезия. Современные методы геодезических измерений с использованием искусственных спутников Земли. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009.
6. Михаленко Е.Б., Загрядская Н.Н., Беляев Н.Д., и др. Инженерная геодезия. Геодезические разбивочные работы, исполнительные съемки и наблюдения за деформациями сооружений. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008.
7. Михаленко Е.Б., Загрядская Н.Н., Беляев Н.Д., и др. Инженерная геодезия. Учебное пособие по геодезической практике. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012.
8. Никитина С.П., Истратов А. Ю., Проблемы проектирования яхт-клуба рекреационного типа в г. Нижний Тагил: градостроительный, композиционный и социальный аспекты. Статья. Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2015 г. с 74.
9. Новоселов, П.Н. Современный яхтенный порт – марина. Практика создания / П.Н. Новоселов – М.: 2011. – 112 с.
10. Ушаков А.В. Использование программы Geogebra для визуализации свойств кривых второго порядка // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 4-3 (58). С. 63-67.

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ МОРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ
ПАРКА ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В ПРОГРАММЕ PLAXIS 2D

Целью работы является оценка устойчивости стационарной морской платформы на четырех колоннах при воздействии внешних нагрузок.

В первую очередь, в рамках данной работы было необходимо определить величину внешних нагрузок в условиях задачи и точки их приложения к сооружению.

При глубине моря в 20 м, усредненной скорости ветра 27,5 м/с, диаметре колонн 4,0 м и массе верхнего строения в 10 тыс. т, суммарная ветровая нагрузка составляет 720 кН, нагрузка от течения 100 кН, волновая нагрузка 1,9 МН [1-4]. Схема сооружения представлена на рис. 1.

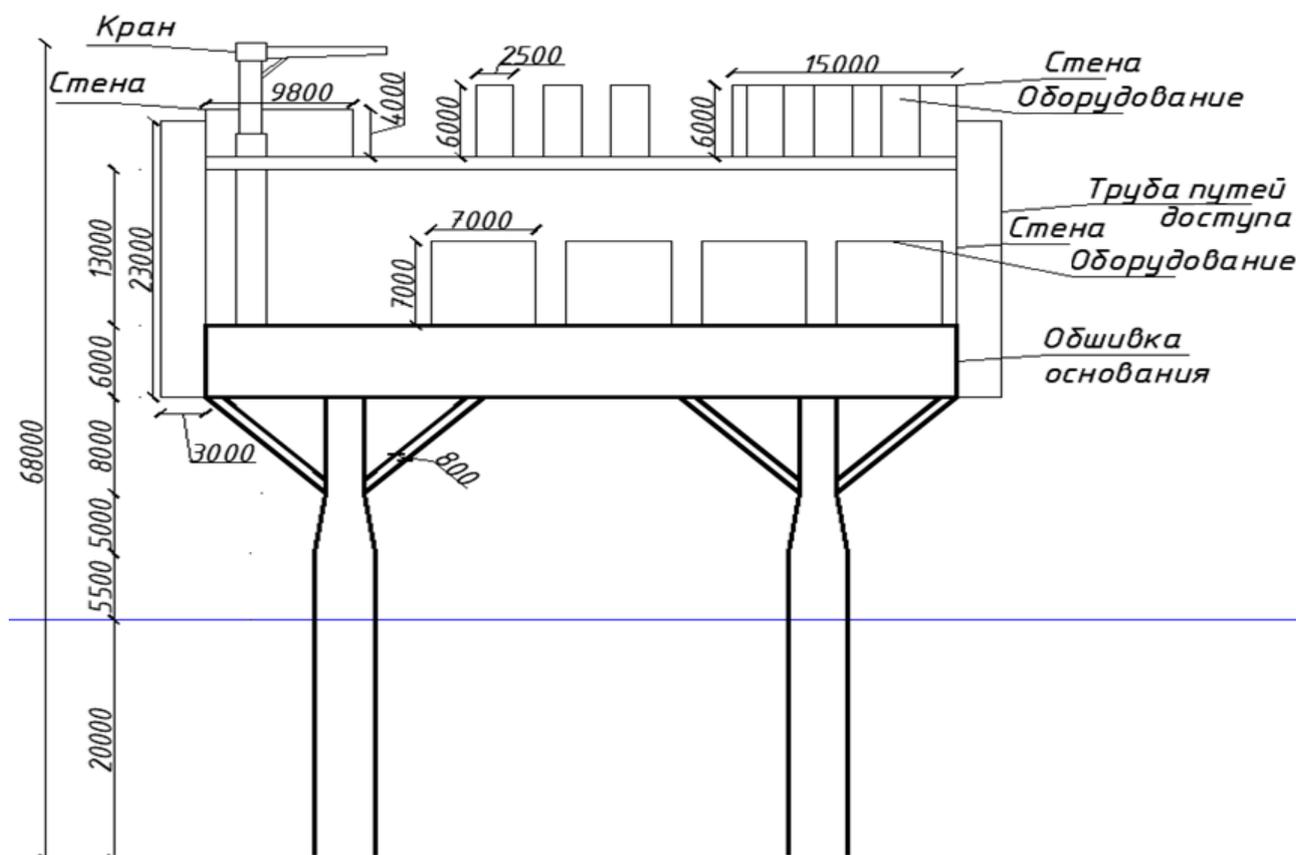


Рис. 1. Схема сооружения

Для выполнения расчета на статику и устойчивость, была взята программа PLAXIS 2D. Схема сооружения в программном комплексе PLAXIS 2D, представленная на рис. 2, отображает основные конструктивные элементы сооружения и состоит из опорных колонн, заглубленных в грунт, плиты платформы и верхнего строения. Грунтом является мелкий песок

с удельным весом 18 кН/м^3 и 22 кН/м^3 в насыщенном состоянии, заглубление свай должно обеспечивать устойчивость сооружения без необходимости укрепления грунтов при заданном сочетании нагрузок [5, 6]. Также на схеме отображено приложение нагрузок. Глубина заложения свай в грунт составляет 6 м.

Статический расчет показывает, что максимальный изгибающий момент в колонне составляет $22,86 \text{ МН}\cdot\text{м}$. Эпюра изгибающих моментов в колонне представлена на рис. 3.

На рис. 4 показаны перемещения грунта при внешнем воздействии на платформу, полученные в результате статического расчета. Максимальное перемещение составляет $0,11 \text{ м}$.

Далее был произведен расчет на устойчивость в той же программе. Коэффициент устойчивости согласно программе PLAXIS 2D составляет $M_{sf} = 1,384$.

Анализируя полученные данные, делается вывод о безопасности сооружения, его пригодности к эксплуатации [7, 8].

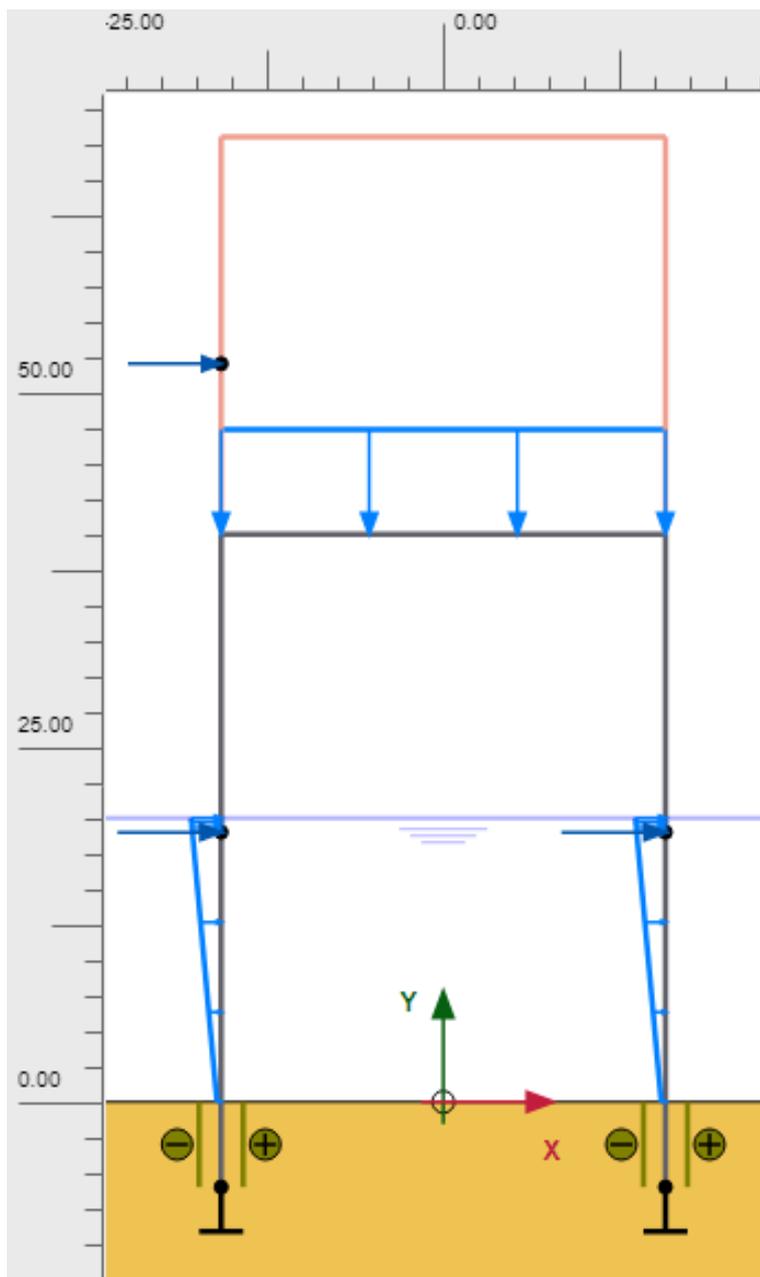


Рис. 2. Модель в PLAXIS 2D

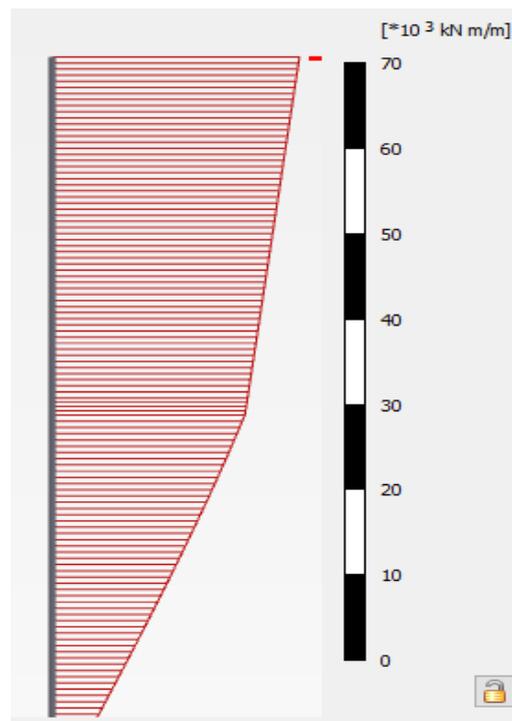


Рис. 3. Эпюра моментов в колонне

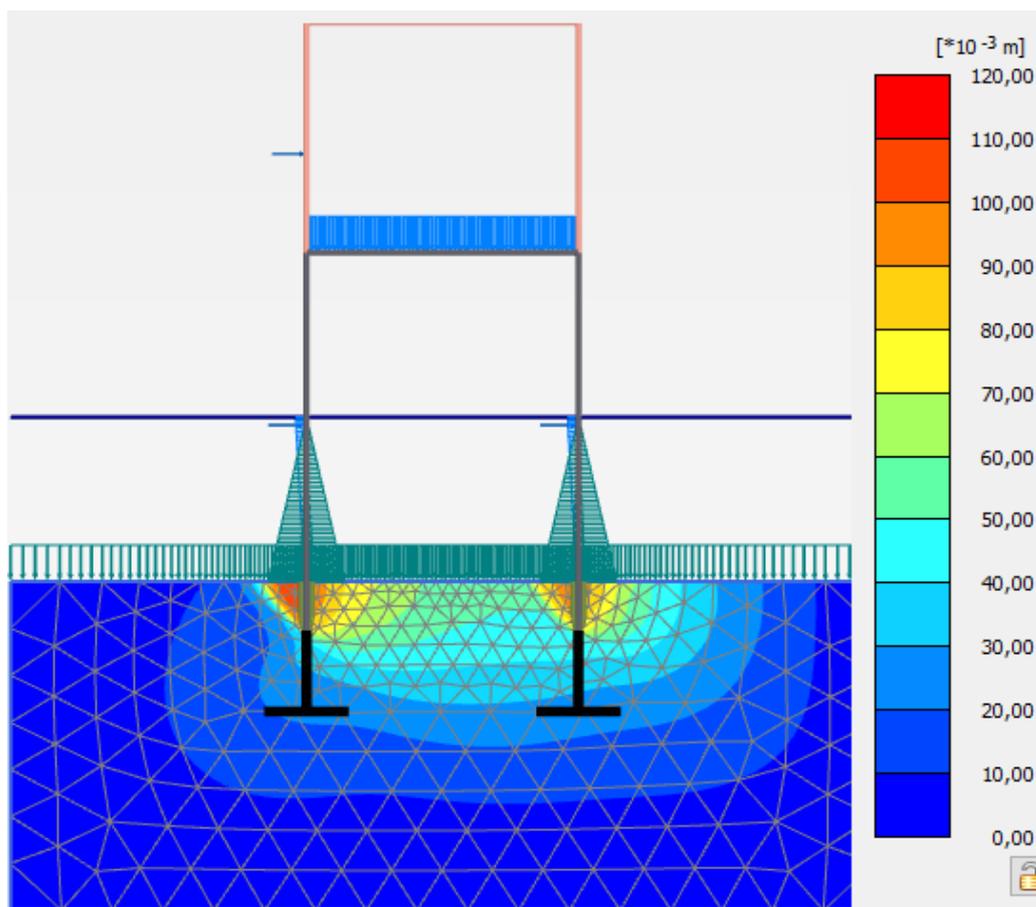


Рис. 4. Диаграмма перемещений

По результатам работы можно сделать вывод, что сооружение устойчиво при воздействии на него заданного сочетания нагрузок при заглублении опор на 6 м в грунт.

Данная конструкция позволяет размещать трансформаторную платформу для парка ветроэнергетических установок с наибольшей эффективностью на глубинах до 25 м.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Свод правил СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – Москва, 2011, 95 с.
2. Свод правил СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – Москва, 2017, 95 с.
3. Свод правил СП 38.13330.2012. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82* – Москва, 2014, 115 с.
4. Свод правил СП 38.13330.2018. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82* – Москва, 2019, 106 с.
5. Дерябин А.С., Шарапов Д.А. Укрепление грунтов месторождения «Утреннее» методом инъецирования с поверхности ледяного покрова для постановки массивов-гигантов. Современное строительство и архитектура. 2019. № 2 (14). С. 19-26.
6. Свод правил СП 23.13330.2018. Основания гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85. – Москва, 2011, 102 с.
7. Свод правил СП 369.1325800.2017 Платформы морские стационарные. Правила проектирования. – Москва, 2015, 40 с.
8. Альхименко А.И., Беляев Н.Д., Фомин Ю.Н. Безопасность морских гидротехнических сооружений. – СПб: Изд-во «Лань», 2003. – 288 с.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОТ НАВОДНЕНИЙ

В работе рассматриваются основные, наиболее современные методы защиты зданий и сооружений от наводнений и иных схожих ЧС. Дается оценка распространенности и эффективности каждого метода. Актуальность темы объясняется высокой вероятностью возникновения наводнений на территории Российской Федерации.

Наводнение – это значительное затопление местности, вызванное подъемом уровня воды в реке, озере, прибрежном районе моря. По причинам, вызывающим подъем уровня воды, различают следующие виды наводнений: половодье, паводок, подпорное, наводнение прорыва, нагонное, при действии подводного источника большой энергии [4].

По данным Росгидромета, 90% экономических потерь в регионах приходятся именно на гидрометеорологические ЧС [10]. Ниже представлена диаграмма число таких ЧС и нанесенного ими ущерба (рис. 1).



Рис. 1. Анализ ущерба, нанесенного гидрометеорологическими ЧС

Основной урон экономике связан в первую очередь с затоплением территорий, на которых были расположены жилые и промышленные предприятия, то есть можно справедливо утверждать, что урон от наводнений и цунами связан в первую очередь с повреждением ими зданий и сооружений [7].

К настоящему времени разработаны различные методы защиты зданий и сооружений от данного вида ЧС. Выбор конкретного способа инженерной защиты зависит в первую очередь от причины возникновения наводнения, а также от условий данной местности (рельефа, климатических и геологических особенностей, инфраструктуры и плотности населения).

Наводнения по их происхождению условно можно поделить на два типа: речные и морские. В зависимости от типа наводнения выбирается способ защиты от него.

Речные наводнения (паводки, половодья и т. д.) возникают из-за повышения уровня воды в водоемах из-за сильных осадков, таяния льдов, ветровых нагонов и приливах. Основным и самым популярным методом борьбы с речными наводнениями является обвалование территорий – сооружение защитных дамб. Дамба – это сооружение в виде вала, защищающие перекрытые им территории наводнений. Её строительство происходит в низинах долин рек, болотах и речных русел. Одним из основных плюсов обвалования территорий является то, что дамба – это постоянное защитное сооружение, обеспечивающее долгосрочную защиту территории и находящихся на ней зданий и сооружений от наводнений. Тем не менее, крупным недостатком обвалования является высокая затратность возведения и эксплуатации дамбы. Также возведение дамбы оказывает весомое влияние на видовой состав флоры и фауны, так как на пути миграции морских видов возникает непреодолимое препятствие. В том числе следует отметить, что дамба может подвергнуться слишком высокой нагрузке, что приведет к её прорыву. Опыт наводнений на Дальнем Востоке в 2019 году показал, что дамбы не дают полноценной защиты от наводнений, из чего можно сделать вывод, что обвалование

территорий является пусть одним из самых популярных, но не самым эффективным методом, т.к. дамба или плотина может быть подвергнута большей нагрузке, чем та, на которую она рассчитана. На особо крупных судоходных реках (например, на Волге) строят полноценные гидроузлы [5].

Помимо строительства постоянных защитных конструкций, возможно применение временных решений. При угрозе скорого наводнения возводят ограждения из железобетона, мешков с песком или НСМ (нерудные строительные материалы). Использование подобных методов приводит к расходованию большого числа ресурсов, а также требует много времени для обновления или удаления этих ограждений. Для защиты поместных хозяйств на территориях, подверженных затоплениям, применяют методику увеличения пропускной способности реки путем увеличения глубины её русла, однако при большой интенсивности наводнений в любом случае потребуются возведение мощных защитных сооружений, что свидетельствует о малой эффективности подобных методов. Для подобных целей используется также возведение обходных каналов, когда воду пускают по искусственному каналу, тем самым избегая опасности затопления, однако возведение таких каналов требует огромного количества времени и финансов, что существенно понижает рентабельность повсеместного применения этого способа.



Рис. 2. Схема КЗС Санкт-Петербурга

Такой метод инженерной защиты применен и в Санкт-Петербурге: с 1979 по 2011 год был построен Комплекс защитных сооружений (далее по тексту – КЗС) от наводнений. В КЗС входят 6 водопропускных сооружений (В-1 – В-6 на рис. 2), 2 судопропускных сооружения (С-1 и С-2 на рис. 2) и 11 защитных дамб (Д-1 – Д-11 на рис. 2). По оценкам специалистов комплекса, возведение КЗС помогло предотвратить ущерб на миллиарды рублей [9].

Помимо приведенных выше «традиционных» методик защиты от ЧС, вызванных гидрометеорологическими причинами, применяют также более современные технологии, такие как гидрофобизация зданий и сооружений, т. е. использование гидрофобных материалов при строительстве здания, которые защищают его от проникновения воды. Современные технологии и материалы позволяют создавать быстровозводимые дамбы из геосинтетиков, которые при необходимости могут быть переделаны в постоянные защитные дамбы.

Гидроизоляция зданий и сооружений происходит в четыре этапа. Первым шагом становится очистка поверхности специальными растворами, чтобы затем нанести на поверхность сооружения грунтовый раствор, на который затем наносится слой гидроизоляционных растворов и дополнительная защита. Ниже представлена схема процесса гидроизоляции (рис. 3).

Морские наводнения возникают преимущественно из-за приливов, нагонов, штормов и волн цунами [1-3, 8]. Цунами – свободные поверхностные гравитационные волны, вызванные подводными землетрясениями и вулканами, а также подводными и надводными береговыми оползнями и обвалами [3].

Строительство дамб с судо- и водопропускными отверстиями – один из наиболее популярных методов борьбы с морскими наводнениями.

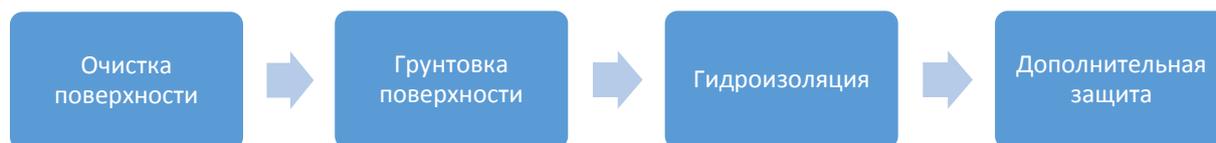


Рис. 3. Схема процесса гидроизоляции зданий и сооружений

Применение геосинтетиков в строительстве дамб также является перспективным направлением развития защиты зданий и сооружений от наводнений. Геосинтетики подразделяются на геотекстилы, георешётки и геосетки, геомембраны, геокомпозиты. В строительстве дамб применяются геотекстилы – тонкие гибкие полотна, получаемые скреплением волокон и нитей полипропиленов или полиэфирами различными способами (термическим, механическим, химическим и др.). Геотекстилы позволяют создавать замкнутые объемные конструкции, такие как геотубы и геоконтейнеры. Благодаря таким материалам можно существенно ускорить процесс возведения дамб и повысить их эффективность [6].

На основе всего вышеизложенного можно сделать вывод, что на сегодняшний день существуют эффективные методы защиты зданий и сооружений от наводнений и развиваются новые. Анализируя наиболее популярные на сегодняшний день методы, можно утверждать, что строительство дамб и гидроузлов является долгосрочным решением данной проблемы, которые, тем не менее, тоже имеют ряд недостатков: это, в первую очередь, высокие затраты времени и ресурсов на их возведение, негативное воздействие на окружающую среду и т.д. Средством устранения этих недостатков может служить применение геосинтетиков в строительстве дамб и гидрофобизация зданий и сооружений. Внедрение этих технологий в повсеместное использование поможет избежать нанесения вреда окружающей среде, повысить эффективность и рентабельность инженерной защиты зданий и сооружений от наводнений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Semenov K.K., Lebedev V.V., Nudner I.S., et al. Impact of waves and currents on the soil near gravity-type offshore platform foundation: numerical and experimental studies. Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference. 2015. pp. 807-814.
2. Беляев Н.Д. Инженерные методы предотвращения размыва дна от работы судовых движителей. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. СПб.: СПбГПУ, 1999.
3. Беляев Н.Д., Лебедев В.В., Нуднер И.С., и др. Экспериментальные исследования воздействия волн типа цунами на грунт у оснований морских гравитационных платформ. Инженерно-строительный журнал. 2014. № 6 (50). С. 4-12.
4. Биненко В.И., Храмов Г.Н., Яковлев В.В. Чрезвычайные ситуации в современном мире: учебное пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 494 с.
5. Бухарцев В.Н. Речные гидротехнические сооружения. Водоподпорные сооружения водохранилищных гидроузлов: учеб. пособие / В.Н. Бухарцев. – СПб.: Изд-во Политехи, ун-та, 2013. – 135 с.
6. ГОСТ Р 53225–2008. Материалы геотекстильные. Термины и определения.
7. Ефремов С.В. Защита в чрезвычайных ситуациях: Учеб. пособие / С.В. Ефремов. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 220 с.
8. Лебедев В.В., Гарибин П.А., Беляев Н.Д. Инженерная геология. Заносимость морских гидротехнических сооружений. СПб.: СПбГТУ, 1996.
9. РИА НОВОСТИ. Дамба в Петербурге предотвратила ущерб от наводнений в 19,2 млрд рублей. URL: <https://ria.ru/20131029/973497354.html>
10. Сайт Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. URL: <http://www.meteorf.ru/>

АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ МИРОВОГО ОПЫТА БОРЬБЫ С НАВОДНЕНИЯМИ
ДЛЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Цель работы – рассмотрение возможных решений проблемы наводнений в Хабаровском крае и оценка их экономической целесообразности.

Паводки являются серьезной проблемой Хабаровского края и Амурской Области. Осенью 2020 года были затоплены 53 населенных пункта Хабаровского края, предварительный ущерб сельскому хозяйству оценивается в 60 млн рублей. Ущерб от паводков достигал 527 млрд рублей в 2013 г. [1], что оказывает негативное влияние на стабильное экономическое развитие регионов. Для решения указанной проблемы предлагается рассмотреть опыт борьбы с паводками и наводнениями в Японии и Китае.

Китай активно борется с наводнениями, обусловленными схожими условиями – наводнения на его территории вызваны ежегодными паводками, разливами крупных рек Янцзы, Лао, Сунгари. В течение XX века правительство Китайской Народной Республики (далее по тексту КНР) боролось с наводнениями системой дамб, однако достаточно крупное наводнение 1998 г. показало, что эти меры недостаточны. С этого момента в стране была принята программа «политика 32 иероглифов», предусматривавшая комплексный подход: обновление старых дамб, постройку новых, управление бассейнами водохранилищ. Программа была по большей части завершена и довольно успешно прошла «испытания» во время наводнения в бассейне Сунгари в 2010 г. Несмотря на стихийный характер наводнения, ущерб по сравнению с 1998 г. был значительно меньше (в 1998 г. – 24 млрд долларов, в 2010 – порядка 19 млрд долларов, в 2020 – 12 млрд долларов [2]). Наводнение 2010 года послужило толчком к дальнейшему развитию программы, принятой еще в 1998 г.

Япония – один из мировых лидеров по борьбе с наводнениями, обусловленных ее географическим положением – тайфуны заносят водные массы вглубь территории, где они задерживаются и вызывают паводки. Таким образом, заблаговременно спрогнозировать наводнение не представляется возможным. Япония – однозначный мировой лидер по количеству дамб и плотин. Один из примеров эффективного из применения – плотины Matsubara и Shimouke на реке Чикудо. Они были возведены после катастрофического наводнения 1953 г., когда были затоплены 74000 домов и в 1982 г. показали свою эффективность, снизив пиковый расход воды на 64% – с 2900 до 1040 м³/с [3]. Другое направление развития противопаводковой программы в Японии – создание системы водохранилищ. Одно из оригинальных и уникальных решений – создание подземных водохранилищ, вода из которых затем откачивается в реки, находящиеся вне зоны затопления. Стоимость этого проекта составляет 2 млрд долларов, однако его возведение надежно обезопасило Токио и его окрестности.

Рассмотрим меры, которые могут быть приняты в Хабаровском крае и Амурской области. В соответствии с решением Правительственной комиссии по ликвидации последствий крупномасштабного наводнения 2013 г. шесть субъектов Российской Федерации разработали региональные программы мероприятий по проведению дноуглубительных работ и строительству объектов инженерной защиты от наводнений. Мероприятия указанных региональных программ и легли в основу Комплексной системы мер по снижению рисков наводнений на территории Дальневосточного федерального округа [4]. Она предусматривает комплексные меры по следующим направлениям:

1. Создание системы водохранилищ путем восстановления старых гидроэлектростанций (далее по тексту ГЭС) и постройки новых;
2. Создание систем дамб, защищающих территории от затопления;
3. Повышение пропускной способности русел рек;
4. Совершенствование методов прогнозирования наводнений;
5. Развитие систем страхования населения.

Строительство ГЭС уже приносит результаты: помимо защиты от наводнений путем перераспределения водных объемов крупных рек, оно имеет перспективы развития энергетической инфраструктуры региона. С другой стороны – строительство новой ГЭС обходится в 50-80 млрд рублей и ее стоимость имеет тенденцию возрастать в 2-2,5 раза в процессе непосредственно строительства [5]. Другой минус их использования – низкая эффективность в данной ситуации. Постройка ГЭС с достаточными способностями аккумуляции стока на притоках Амура невозможна в силу отсутствия достаточных объемов естественных чаш. Таким образом, это направление имеет малую экономическую рентабельность, несмотря на явные плюсы.

Стоимость же строительства плотин и дамб значительно ниже, и полный комплекс работ, необходимый для защиты территории дальневосточных регионов, оценивается в 30 млрд рублей, что, как заметим, значительно меньше ущерба за 2013 г. С другой стороны, учитывая низкую заселенность региона и большую протяженность затопляемых территорий, перед постройкой каких-либо защитных сооружений надо производить полный расчет их экономической целесообразности. Наиболее перспективными являются работы в бассейне Амура, в частности его притоков рек Зея, Усури, Бурея [6].

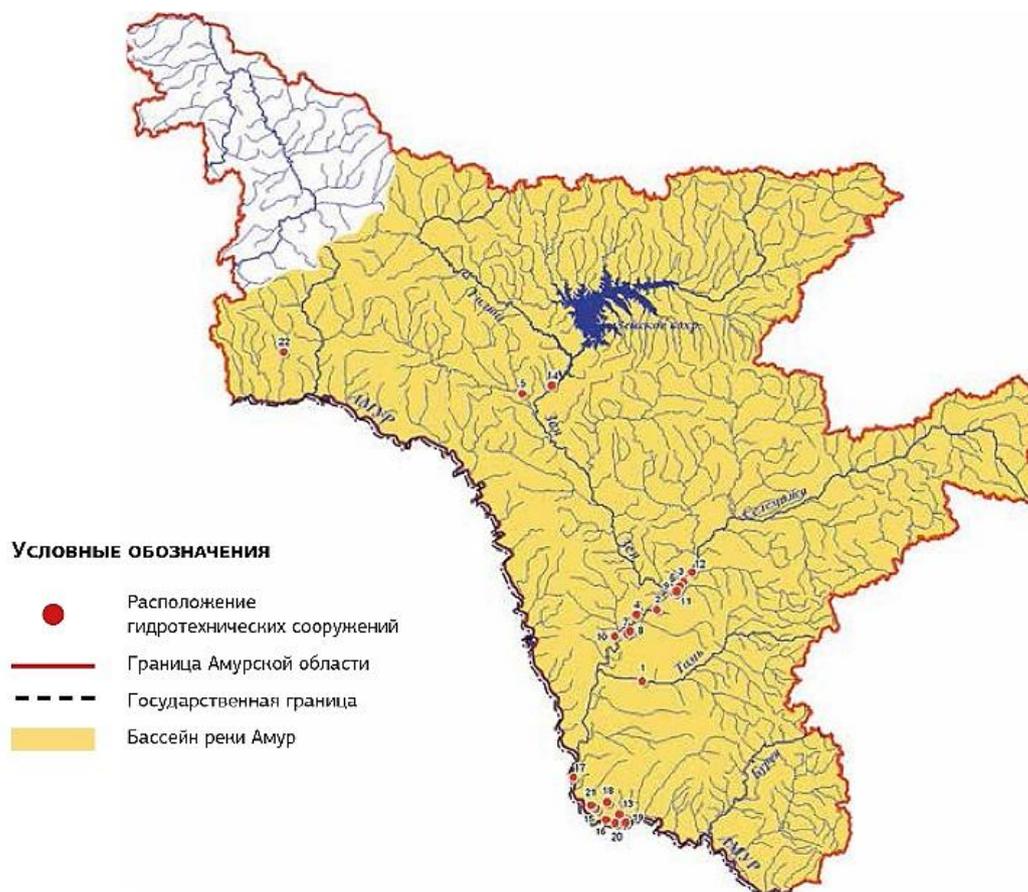


Рис. 1. Расположение гидротехнических сооружений Амурской области

Другие пути решения этой проблемы – углубление русла Амура и других крупных рек с целью увеличения их водопрпускной способности, планирование застройки с учетом возможности затопления, развитие системы страхования – требуют значительно меньших затрат и имеют меньшую эффективность. Так, программа по углублению русла Амура требовала около 100 млн рублей, но так и не была реализована, так как нуждается в согласовании между Россией и КНР, также до сих пор не оценена целесообразность этих мероприятий. В среднем в год Амур оставляет до 6 млрд т речных наносов, так что по мнению специалистов «Росводресурсов» этот вопрос требует детального рассмотрения [7].

Таким образом, оптимальным решением для регионов Дальнего Востока будет определение наиболее важных зон и сооружение комплекса водозащитных сооружений, а также восстановление уже построенных (рис. 1). Это вызвано тем, что при достаточно большой площади затапливаемых территорий, плотность населения на них достаточно низкая и сооружений крупных комплексов экономически нерентабельно. Также последующие освоение и застройка региона должны придерживаться определенной зональности, в соответствии с запущенными в эксплуатацию дамбами.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ущерб от наводнения на Дальнем Востоке составил 527 млрд рублей – РИА Новости [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ria.ru/20140425/1005389338.html> – Дата доступа: 16.03.2021.
2. Китай испытывает на прочность наводнение из-за проливных дождей – Первый канал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.1tv.ru/news/2020-07-14/389406-kitay_ishpytyvaet_na_prochnost_navodnenie_iz_za_prolivnyh_dozhdey. – Дата доступа: 16.03.2021.
3. Гарнага В.В., Лучкова В.И. Современные методы борьбы с наводнениями на примере Голландии, Китая, Японии и России. Новые идеи нового века: материалы международной НК ФАД ТОГУ, Т. 2, 2014 г., с. 60-66.
4. Никаноров, В.А. Об итогах работы Росводресурсов по результатам прохождения катастрофического наводнения 2013 г. Итоги работы комплексной экспедиции по исследованию зон наводнения 2013 г. на территории ДВФО и рекомендации органам государственной власти. – М.: МЧС, 2014.
5. Мы и амурские наводнения: невыученный урок? / А.В. Шаликовский [и др.]. – М.: Всемирный фонд природы, 2016.
6. СКИОВО по реке Амур – 14 октября 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://amurbvu.ru/576-skiovo-po-basseynu-reki-amur.html>. – Дата доступа: 16.03.2021.
7. В Хабаровском крае изучают возможность углубления Амура – Хабаровский край сегодня [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://todaykhv.ru/news/society/29609/>. – Дата доступа: 21.03.2021.

УДК 621.311.21:69

К.В. Ерёменко
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Ю.И. Николаенко
ООО «Производственная Фирма «Редар»

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ОСНОВНЫХ СООРУЖЕНИЙ МЕЛЬНИЧНОЙ МГЭС МОЩНОСТЬЮ 420 КВТ

Одной из основных задач при проектировании гидротехнических сооружений является обоснование принимаемых инженерных решений, обеспечивающих оптимальные условия возведения сооружений в труднодоступной местности. Исходя из этого принципа разрабатывается проект Мельничной малой гидроэлектростанции (МГЭС).

В состав основных сооружений гидроузла, показанных на рис. 1, входят:

- подводящий канал 1,

- отводящий канал 2,
- водоприёмник 3,
- напорные водоводы 4,
- здание ГЭС 5,
- а также грунтовая плотина и бетонные береговые устои, сопрягающие земляную плотину с водоприёмником.

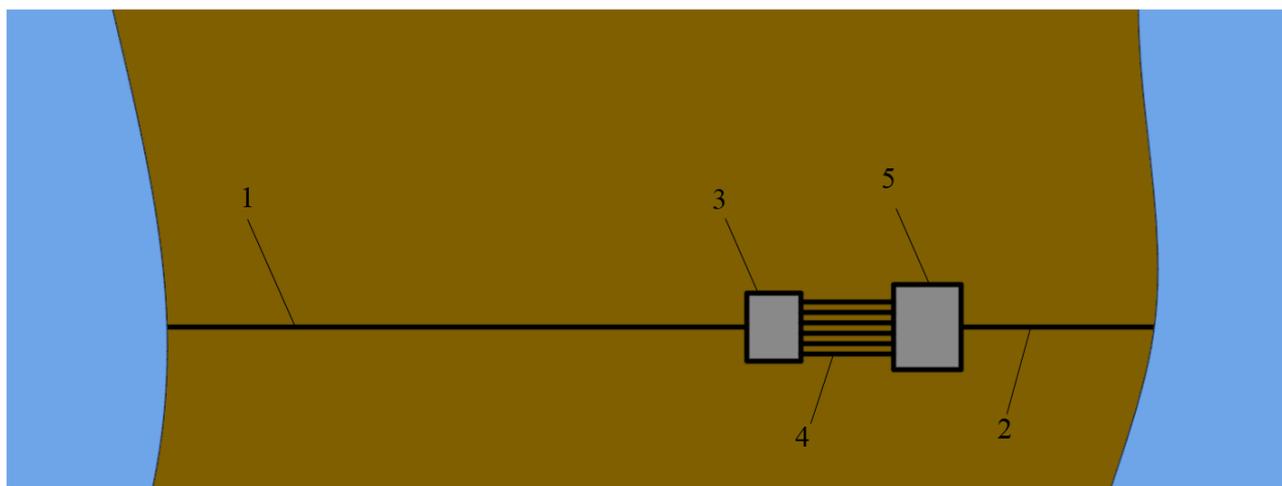


Рис. 1

Грунтовая плотина проектируется из однородного грунта. Откосы плотины, а также подводящего и отводящего каналов имеют заложение 1:2,5. При проектировании земляной плотины необходимо выполнить фильтрационные расчёты и расчёт местной и общей устойчивости откосов плотины [1]. Проверка устойчивости низового откоса плотины осуществлялась по методу взаимодействия наклонных сил А. Л. Можевитинова [2]; грунтовый массив тела плотины проверен на суффозионную прочность.

Водоприёмник гидроэлектростанции располагается на фундаментной железобетонной плите шириной 5,0 м и толщиной 0,5 м. Утолщение бетонной плиты со стороны верхнего и нижнего бьефа выполняется с целью повышения общей устойчивости конструкции сооружения [3].

Водоприёмник предусматривается из металлического контура, включающего в себя пять быков с пазами для ремонтного затвора и сороудерживающей решётки и шесть пролётов шириной по 1,5 м, в каждом из которых расположены напорные водоводы диаметром 900 мм. Оголовки быков выполнены из труб диаметром 720 мм, разрезанных по длине на две части. Металлическая конструкция предусматривается с целью сведения к минимуму опалубочных работ на месте строительства и изготавливается секциями шириной по 2,22 м. Секции водоприёмника доставляются на строительную площадку автотранспортом и монтируются на подготовленной железобетонной плите-основании водоприёмника, а полости конструкции заполняются бетонным раствором. В приведённом исполнении металл выполняет роль как опалубки на период строительства, так и защищает бетон от неблагоприятных воздействий на него в период эксплуатации ГЭС.

Конструкция водоприёмника проверена на устойчивость при действии сдвигающих внешних нагрузок, кроме того были определены значения нормальных напряжений в крайних точках фундаментной железобетонной плиты. При этом расчётная плоскость железобетонной фундаментной плиты проходила по подошве. Основные нагрузки, действующие на водоприёмник: гидростатическое давление воды со стороны верхнего бьефа, активное

давление грунты со стороны нижнего бьефа, собственный вес быков, грунта обратной засыпки, вес фундаментной плиты, собственный вес конструкции водоприёмника и воды в напорных водоводах [4]. Ширина расчётного элемента водоприёмника составила 2,22 м. В результате расчётов водоприёмник прошёл проверку устойчивости на сдвиг, а значение нормальных напряжений в крайних точках фундаментной плиты оказались допустимыми для грунтов основания.

Водоприёмник сопрягается с земляной плотиной с помощью устоев. В целях экономии средств на возведение сопрягающих устоев принято решение выполнить устои в виде стенки шандорного типа. Конструкция устоев состоит из металлических стоек; высота их составляет 3,5 м. Стойки заделаны в фундаментную плиту с шагом 1,52 м по длине плиты посредством устройства в бетоне закладных деталей. Между стойками друг на друга устанавливаются брусья с поперечным сечением 200×100 мм. Для повышения устойчивости стойки соединяют с фундаментной плитой дополнительно посредством наклонных тяг. Между стойками по ширине фундаментной плиты на высоту 3,5 м выполняется засыпка песчано-гравийной смесью.

Расстояние между крайними точками стоек по ширине плиты составляет 5,0 м, а расстояние от крайней левой точки фундаментной плиты по ширине до стойки составляет 0,5 м, что говорит о несимметричном расположении конструкции устоев относительно центра тяжести плиты – это обеспечивает повышение устойчивости конструкции и формирование допустимых значений нормальных напряжений в крайних точках плиты. Основные нагрузки, действующие на устои: гидростатическое давление воды со стороны верхнего бьефа, активное давление грунты со стороны верхнего бьефа во взвешенном и нормальном состоянии, активное давление грунта в нормальном состоянии со стороны нижнего бьефа, собственный вес обратной засыпки из песчано-гравийной смеси и собственный вес фундаментной плиты. Ширина расчётного элемента устоев при этом равнялась 1,0 м. В результате расчётов сопрягающие устои прошли проверку устойчивости на сдвиг, а значение нормальных напряжений в крайних точках фундаментной плиты оказались допустимыми для грунтов основания.

Здание гидроэлектростанции представляет собой железобетонный массив, включающий в себя фундамент, стены, а также перекрытие каркасного типа. Решение по использованию перекрытия сборной конструкции на болтовых соединениях было принято с целью обеспечения высокой скорости монтажа при производстве работ [5].

Вывод. В работе были предложены и проанализированы варианты строительства основных элементов Мельничной гидроэлектростанции с использованием различных материалов, а также рассмотрены варианты оптимизации производства работ в труднодоступной местности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Чугаев Р.Р. Гидротехнические сооружения. Учеб. пособие для студ. гидротехн. вузов. В 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. Ч. I. Глухие плотины. Изд-во: Агропромиздат, 1985, 302 с.
2. Можевитинов А.Л. Указания по расчёту устойчивости земляных откосов. Отчёт о научно-исследовательской работе. Изд-во: Ленинград, НИИ гидротехники и гидроэнергетики, кафедра гидротехнических сооружений.
3. Чугаев Р.Р. Гидротехнические сооружения. Учеб. Пособие для студ. гидротехн. вузов. В 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. Ч. II. Водосливные плотины. Изд-во: Агропромиздат, 1985, 318 с.
4. СП 39.13330.2012. Плотины из грунтовых материалов. Актуализированная редакция СНиП 2.06.05-84* (с Изменениями N 1, 2, 3).
5. Коваленко Д.В. Оптимизация технических решений в строительстве деривационных малых ГЭС. Выпускная квалификационная работа магистра. СПбПУ, ИСИ, 2020 г, 50 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ПОСТАНОВКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ
ПЛАВУЧЕЙ ГОСТИНИЦЫ ВБЛИЗИ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ БУРОВОЙ УСТАНОВКИ

Цель работы – определение граничных условий для расчета системы якорного позиционирования плавучей гостиницы и методов ее раскрепления.

Использование гостиницы обусловлено стремлением разграничить жилую и рабочую зону для минимизации рисков, связанных с человеческим фактором и большей безопасности обслуживающего персонала в случае чрезвычайного происшествия. По анализам, проведенным в рамках исследования аварий на буровых установках, человеческий фактор наносит максимальный вред оборудованию платформ [5, 6].

В данной статье рассмотрены и определены основные параметры для расчетов, граничные условия для постановки и эксплуатации, основанные на данных из различных нормативных документов, действующих на территории Российской Федерации.

Плавучая гостиница представляет собой полупогружные буровую установку с заменой бурового оборудования на необходимые сооружения для проживания персонала (рис. 1).

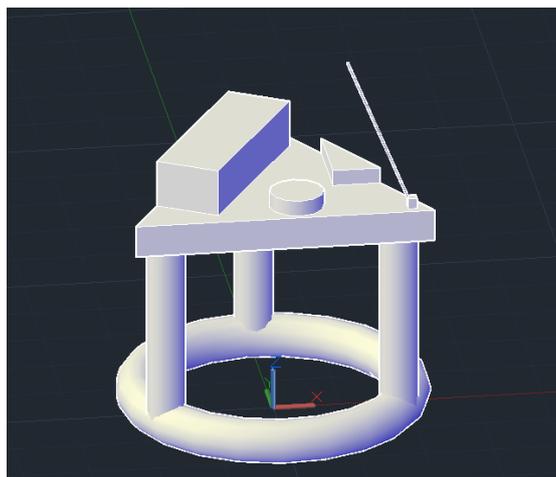


Рис. 1. Вид плавучей гостиницы в программе Autocad

Платформа состоит из трёх частей: нижний корпус (понтон), колонны, палубный набор (верхнее строение). Нижний корпус представляет собой понтон в форме тора радиусом 25 м, радиус сечения 4 м. Форма понтона выбрана для уменьшения нагрузок от течения. Между палубным набором и нижними корпусами установлены три цилиндрические колонны диаметром 7,0 м и высотой 31,0 м.

Палубный набор выбран для размещения сооружений проживания и комфортной жизнедеятельности людей. Список сооружений был выбран как для вахтового поселка с длительным проживанием людей [7]. Приблизительная масса сооружений палубного набора подобрана исходя из количества требуемых сборных модулей и массы заполнения помещений с коэффициентом 1,2. Передвижение персонала с плавучей гостиницы на буровую установку будет производиться с северной части гостиницы по перекидному мосту. Конструкция моста представляет двух шарнирную телескопическую структуру с закрепленной частью на Лунской буровой установке. На плавучей гостинице закрепление моста подвижное, без возможности движения по вертикали.

Таблица 1 – Расчет площади и массы верхнего строения

Наименование	Габариты, м ²	Приблизительная масса, т
Три здания сборно-разборного типа из сэндвич панелей	12×44	288,33
Столовая на 40 посадочных мест	12×30	242,22
Клуб со зрительным залом на 40 человек	15×25	201,36
Спортивный зал на 30 человек	15×20	161,9
Прачечная, совмещенная с душевыми комнатами на 20 человек	12×14	80,54
Суммарно	2859	974,35
Технологическая зона		
Вертолетная площадка	$R = 10$ м	6,00
Трансформаторная	8×8	34,37
Котельная	10×8	42,96
Суммарно	216,8	83,33
Разгрузочная зона		
Склад совместно с мусоросборником	40×10	1000
Кран с рабочей зоной	10×50	1000
Суммарно	900	2000

Планировка палубного строения выполняется исходя из условия максимальной компактности. Большинство сооружений объединены в один блок. Технические помещения размещены в «теле» палубного набора.

Суммарная масса верхнего строения 3057,68 т. Исходя из максимального заполнения складов продовольствием, необходимым для жизнедеятельности персонала, наличия ремонтного и запасного оборудования для буровой установки, наличия вертолета на вертолетной площадке с запасом на неучтенные массы, примем расчетную массу для палубного набора 4500 т.

Исходя из круглой формы основания, доставка в зависимости от места постройки гостиницы может выполняться с помощью двух буксиров (спереди и сзади), или с помощью судна-доставщика. Из-за формы понтона гостиницы существенно усложняется процесс и условия проведения буксировки. Поэтому, безопасную доставку платформы до места раскрепления целесообразно проводить с помощью суда-доставщика, специально предназначенного для транспортировки морских платформ (аналог судна: *Pioneering spirit*).

Установка платформы на проектное место происходит согласно требованиям «Правил разработки и проведения морских операций» Российского морского регистра судоходства [2].

Система позиционирования представляет собой якорную систему с гибкими якорными связями [3]. В качестве якоря целесообразно использовать самозакапывающиеся якоря. Установка якоря производится с помощью подводного устройства натяжения, например, натяжного устройства *Stevensioner* компании «*Vryhof*», которое работает как муфта, укорачивающая цепь, и используется для установки якорей в виде противодействующей пары или против реактивного якоря (анкерного столба). Количество якорей и длина связей определяется моделированием. Предположительно использование от 6 до 8 якорей.

Установка якорной системы позиционирования производится в следующей последовательности: определяются координаты положения якорей; устанавливаются якоря с прикрепленными к ним бриделями и буйками для обозначения места укладки якорей; производится укладка бриделей от каждого якоря к плавучему объекту и их закрепление на

объекте; производится обтяжка якорей с повышенной держащей способностью и после этого проверяется положение якорей и бриделей [2].

В качестве критериев удержания приняты требования к коэффициентам безопасности по нагрузкам в якорных связях, приведенные в «Правилах классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ» Российского морского регистра судоходства 2018 г. [1].

Таблица 2 – Предельно допустимые угловые перемещения и коэффициенты запаса прочности связей

Режим	Предельное горизонтальное смещение, м	Предельный параметр качки, град	Коэффициент запаса прочности связей	
			Статический метод	Динамический метод
Эксплуатация	5-6 % глубины акватории	2	$\geq 2,7$	$\geq 2,0$
Выживание	–	10	$\geq 1,8$	$\geq 1,5$

Помимо этого, должна быть обеспечена неподвижность якорей во всех режимах работы (коэффициент запаса по распору в режиме выживания должен быть не меньше 1,0 по отношению к держащей силе якоря; в режиме эксплуатации – не менее 1,8).

Система заякорения подбирается таким образом, чтобы минимизировать параметры качки и выживании при максимальном шторме.

Моделирование поведения и численный анализ внешних нагрузок на гостиницу под действием волнения, течения и ветра осуществляется с помощью специализированного программного комплекса «Anchored Structures», разработанного группой научных сотрудников Санкт-Петербургского политехнического университета и имеющего действующий сертификат Российского Морского Регистра Судоходства № 17.00429.314 от 27.03.2017 [4].

В рамках работы установлены размеры и конструкция плавучей гостиницы для проживания 150 человек; определена система заякорения и критерии удержания. Результаты проведенной работы могут быть использованы при проведении аналогичных работ для уточнения позиционирования плавучей платформы вблизи стационарного объекта.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок (ПБУ) и морских стационарных платформ (МСП), Морской Регистр, 2018.
2. Правила разработки и проведения морских операций, Морской Регистр, 2017.
3. Кульмач П.П. Якорные системы удержания плавучих объектов (Вопросы статики и динамики плавучих сооружений на якорях), Судостроение, 1980, р. 336.
4. Большев А.С., Фролов С.А., Кутейников М.А. Математическое моделирование поведения морских плавучих объектов в программном комплексе «Anchored Structures». Научно-технический сборник РМРС, вып. 36, 2013.
5. Лисанов М.В., Савина А.В., Самусева Е.А., Сумской С.И. Аварийность на морских объектах нефтегазовых месторождений. <https://docplayer.ru/34134307>
6. Лисанов М.В., Симакин В.В. Анализ риска аварий на опасных производственных объектах морских нефтегазовых месторождений. Материалы II Международной конференции ROOGD-2008, с. 93-94.
7. ВСН 199-84. Проектирование и строительство временных поселков транспортных строителей, Минстрой 1985.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ НАБЕРЕЖНЫХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Цель работы – анализ зарубежного опыта обследования гидротехнических сооружений и разработка рекомендаций по внедрению современных методов мониторинга для исследования состояния набережных в г. Санкт-Петербург.

Для достижения поставленной цели были проанализированы методы, активно применяющиеся в зарубежных странах:

- электрический метод неразрушающего контроля;
- использование георадаров.

Актуальность статьи обусловлена недостаточным вниманием к данным методам на территории России.

Мониторинг включает в себя регулярные и периодические технические осмотры. Основными методами мониторинга на территории Российской Федерации являются натурные наблюдения, по большей части, визуальный осмотр (в том числе с водолазными работами). Стандартные наблюдения и исследования технического состояния сооружений объединяются в следующие основные группы:

1. Осмотр сооружения в целях проверки наличия его элементов, их соединений и выявления внешних признаков их ненормативного технического состояния и функционирования;
2. Осмотр сооружения для выявления скрытых дефектов контролируемых элементов;
3. Определение пространственного положения элементов сооружения (координат отдельных точек, размеров, наклонов, смещений, деформаций и др.);
4. Измерение характеристик физико-механического состояния материалов с помощью методов неразрушающего контроля [1].

Состояние грунтов критически важно для устойчивости и надежности набережных. Для контроля состояния грунтов предлагается использовать методы, которые уже были апробированы за рубежом.

На первом этапе теоретического исследования был изучен метод электрорезистивной томографии (ЭРТ) (Electrical Resistance (or Resistivity) Tomography (ERT)). Метод удельного сопротивления (электрического сопротивления) является полезным методом для характеристики подповерхностных материалов с точки зрения их электрических свойств. Данный метод используется для выявления геологического строения насыпей, провалов и трещин на поверхности набережных, а также наблюдения за подземными водами [2].

Исследования могут проводиться путем измерения электрического сопротивления как на поверхности земли, так и внутри скважин (путем ввода электродов) или и там, и там. Выбор комбинации зависит от стоимости установки электродов, условий поверхности (наличие зданий, линейных сооружений). В основном, электроды выполнены из нержавеющей стали, но может использоваться и медь с латунью [3].

Для проведения измерений используются четыре электрода. По двум из них пускают электрический ток I , по двум оставшимся измеряют разность потенциалов U . Передаваемый ток и измеренное напряжение связаны законом Ома с импедансом (комплексным сопротивлением).

Импеданс Z – это физическая величина, равная отношению комплексного кажущегося удельного сопротивления ρ_a к геометрическому фактору G , учитывающему расположение

электродов. Для получения достаточного числа независимых измерений импеданса, необходимых для томографической инверсии, используют все возможные линейно-независимые комбинации из массива электродов. Для n электродов существует $\frac{n(n-1)}{2}$ возможных комбинаций.

Одним из широко используемых подходов к измерению является схема «полюс – полюс», в которой один удаленный электрод используется в качестве опорного полюса тока, а другой – в качестве опорного полюса напряжения. Два других полюса (один для тока, другой для напряжения) используются во всех возможных комбинациях в массиве. Для n электродов в матрице (не считая удаленные электроды) существует $n(n-1)$ измерений импеданса. Половина полученных измерений линейно независимы. При смене электродов источника тока и электродов напряжения местами – полученные измерения, за исключением нелинейных эффектов, идентичны.

Другим подходом является схема измерения «диполь – диполь», при которой два электрода используются для подачи тока, а два других для измерения разности потенциалов. Количество комбинаций такое же, как и в предыдущем примере. Полученные данные также идентичны (при смене полюсов). Пример установки представлен на рисунке 1, *а*.

Для проверки правильности полученных данных рекомендуются менять полюса электродов тока и электродов напряжения местами. Если в обоих случаях данные импеданса идентичны, значит ошибки в сборе данных нет.

Основными элементами системы сбора данных являются: передатчик или источник тока, приемник, измеряющий результирующие электродные потенциалы, мультиплексор, соединяющий электроды с приемником и мультиплексором, а также компьютер, оснащенный системой управления и архивирования данных [4].

Обработка данных основана на итерационной процедуре, включающей определение двумерной (2D) модели разреза земной поверхности (рис. 1, *б*), которая затем сравнивается с наблюдаемыми данными и пересматривается [5].

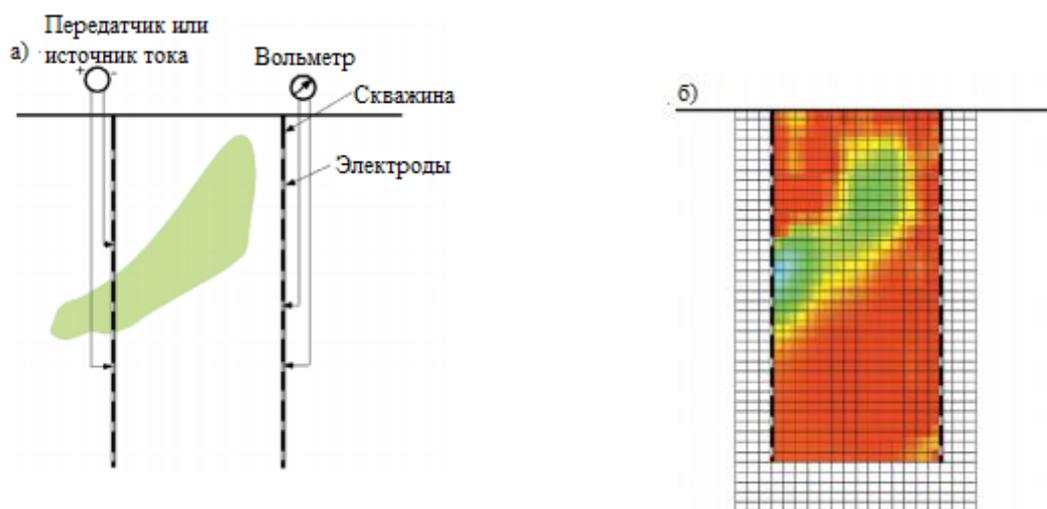


Рис. 1. Метод электрорезистивной томографии:
а – пример измерения электродами;
б – 2D-инверсия удельного сопротивления данных ERT

В качестве меры точности системы используется простая калибровка системы по стандартному резистору. Один канал используется для измерения тока через стандартный резистор, в то время как другой канал используется для измерения результирующего падения потенциала [4].

Полученные модели удельного сопротивления представлены в виде цветowych контурных разрезов, выявляющих пространственные вариации подповерхностного удельного

сопротивления. 2D-метод представления данных об удельном сопротивлении ограничен там, где присутствуют непостоянные геологические процессы в земной коре. В таком случае может потребоваться 3D-съемка. Геологические материалы имеют характерные значения удельного сопротивления, позволяющие идентифицировать границы между различными литологиями на разрезах удельного сопротивления. Однако на некоторых участках, где расположены иные объекты (здания, линейные сооружения и т.д.) провести измерения не представляется возможным, так как для этого требуется использование других геофизических исследований и/или бурения [5, 6].

Другим исследуемым методом мониторинга является использование георадаров проникающего действия, позволяющее проводить приповерхностное и неинвазивное обследование гидротехнических сооружений по всей длине в относительно короткие сроки.

Данные о техническом состоянии объекта получают с помощью GPS-приемников. Только комплексное использование данных приборов позволяет получить полную информацию об исследуемом объекте.

Принцип работы георадаров заключается в отражении электромагнитных волн от поверхностей объектов. Передающая антенна излучает одиночные импульсы в исследуемую среду, где они отражаются и рассеиваются на уровнях с различной литологией, пористостью или плотностью. Приемная антенна улавливает отраженные волны и записывает их в цифровом формате. Полученные радарограммы отражают внутренний состав исследуемой структуры [7].

Метод GPS-съемки заключается в определении трехмерного положения приемника в глобальной системе координат на основе времени распространения радиосигналов, посылаемых спутниками. Точность определения координат зависит от технических параметров приемника и применяемой технологии съемки.

Установка состоит из: базового приемника, установленного на точке с известными координатами, приемника ровера, используемого для определения координат последовательных точек, а также канала связи, по которому базовый приемник передает свои наблюдения приемнику ровера.

Минусом данного метода является чувствительность георадара к помехам, вызванных природными и культурными факторами (например, отражением от близлежащих транспортных средств, зданий, линий электропередач и т.д.) [7].

Таким образом, выбор неразрушающих методов контроля обусловлен целями исследования, возможностью применения того или иного метода в конкретных условиях, доступностью оборудования и возможностью обработки данных. Применение таких методов на территории России требует большого внимания к выбору оборудования, а также к технологии проведения исследований. Анализ опыта и наработок других стран – первый шаг к внедрению данных методов на территории нашей страны.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ Р 54523–2011. Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – Москва, 2012.
2. Sjödaahl, P., Dahlin, T. and Johansson, S. Embankment dam seepage evaluation from resistivity monitoring data. Near surface geophysics. Pp. 463-474. 2009.
3. Binley A, Kemna A DC resistivity and induced polarization methods. Water science and technology. V. 50. Pp. 129–156. 2005
4. Daily, W., Ramirez, A., Binley, A. and LeBrecque, D. Electrical resistance tomography. The leading edge. Pp. 438-442. 2004.
5. Alumbaugh, D.L., Newman G.A. Image appraisal for 2-D and 3-D electromagnetic inversion. Geophysics. Pp. 1455–1467. 2000.
6. Al-Qadi, I.L., and Lahouar, S. Measuring layer thicknesses with GPR Construction and Building Materials. V. 19. Pp. 763 – 772. 2005.
7. Henryk M. The use of GPS attributes to map a weak zone in a river dike. Exploration Geophysics. 2014.

РАСЧЕТ ОГРАДИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПОРТА «БУХТА СЕВЕР»
В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ PLAXIS 2D

Арктические земли Таймыра – одни из самых перспективных нефтегазовых регионов страны и крупнейшие по запасам нефти [1]. В настоящее время ведется активное проектирование на Таймыре крупнейшего в арктической зоне морского порта «Бухта Север».

Новый морской терминал будет использоваться для отгрузки и транспортировки нефти, добытой при освоении нового нефтяного кластера. Планируется построить нефтеналивной терминал мощностью 25 млн т с возможностью расширения до 50 млн т.

Из-за сложных климатических и геологических условий Арктики для обеспечения безопасности акватории порта требуются строительство оградительных сооружений для защиты от различных воздействий со стороны моря: волновых, ветровых нагрузок и напоязания льда.

Предлагается устройство оградительного сооружения откосного типа.

Материал тела – камень массой 15-60 кг [2]. На гребне возводится волноотбойная стенка. Под подошвой сооружения устраивается обратный фильтр.

Основные параметры:

- Ширина по гребню – 20 м.
- Максимальная высота – 34 м.
- Отметка гребня – +5 м.
- Заложение откосов:
 - верховой до отм. –15,0 м – 1:2;
 - с отм. –15,0 м – 1:1,5.
 - низовой – 1:1,5.

Верховой откос крепится более крупным камнем (350-500 кг) и тетраподами [3]. Гребень засыпается слоем щебня с расклинцовкой. Низовой откос крепится крупным камнем (350-500 кг).

Данное сооружение является одним из вариантов защиты от напоязания льда.

Целью работы является математическое моделирование оградительных сооружений порта «Бухта Север» и расчет деформаций при ледовой нагрузке.

Расчет [4, 5] проводился в программном комплексе Plaxis 2D [6-8]. Модель представлена на рис. 1.

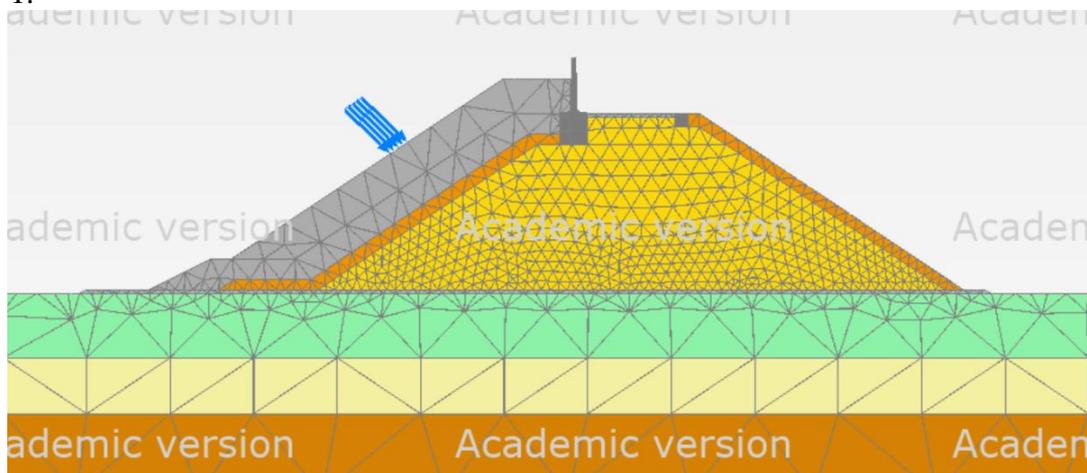


Рис. 1. Модель волнолома в Plaxis 2D

Внешние условия и геология приняты по аналогии с месторождением Утреннее [9].

Типом элемента для моделирования слоев грунта выбраны 15-узловые треугольные элементы. Значение параметра, отвечающего за плотность сетки конечных элементов, Global coarseness (глобальная крупность) – Medium (среднее).

Нагрузка от напоязания льда задана распределенной нагрузкой, посчитанной по методике [10].

Расчет проходил по семи стадиям:

1. Отсыпка постели из гравия.
2. Отсыпка тела плотины.
3. Укрепление уклонов камнем (350-500 кг).
4. Установка верхнего строения.
5. Установка первого слоя тетраподов.
6. Установка второго слоя тетраподов.
7. Приложение ледовой нагрузки.

Результаты расчета (рис. 2, 3) оценивались по значениям максимальной деформации (u_x , u_y). Осадка сооружения под действием нагрузки не должна нарушать нормальные условия работы волнолома по защите акватории порта от высоких волн.

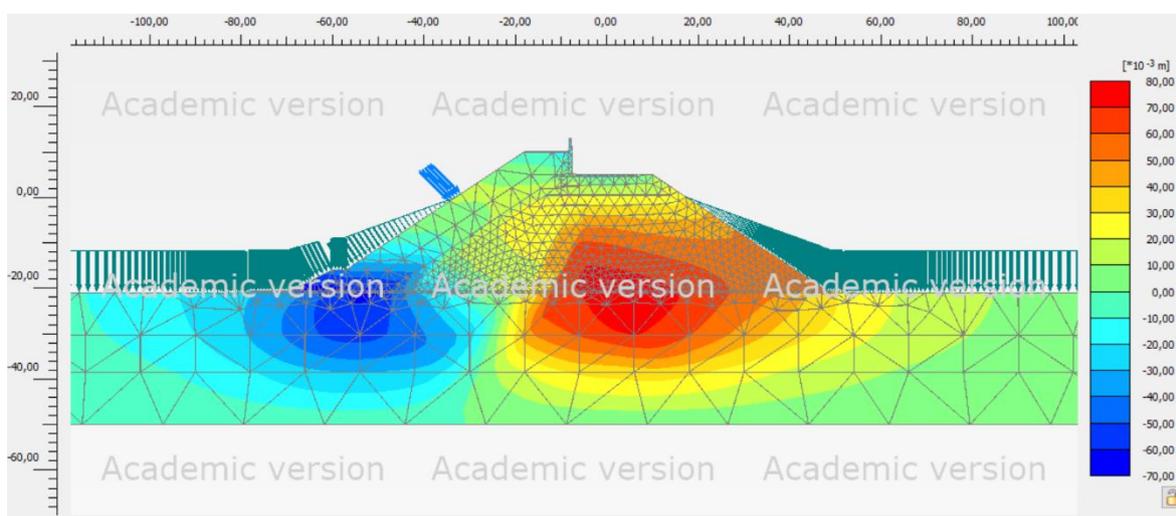


Рис. 2. Горизонтальные деформации конструкции u_x

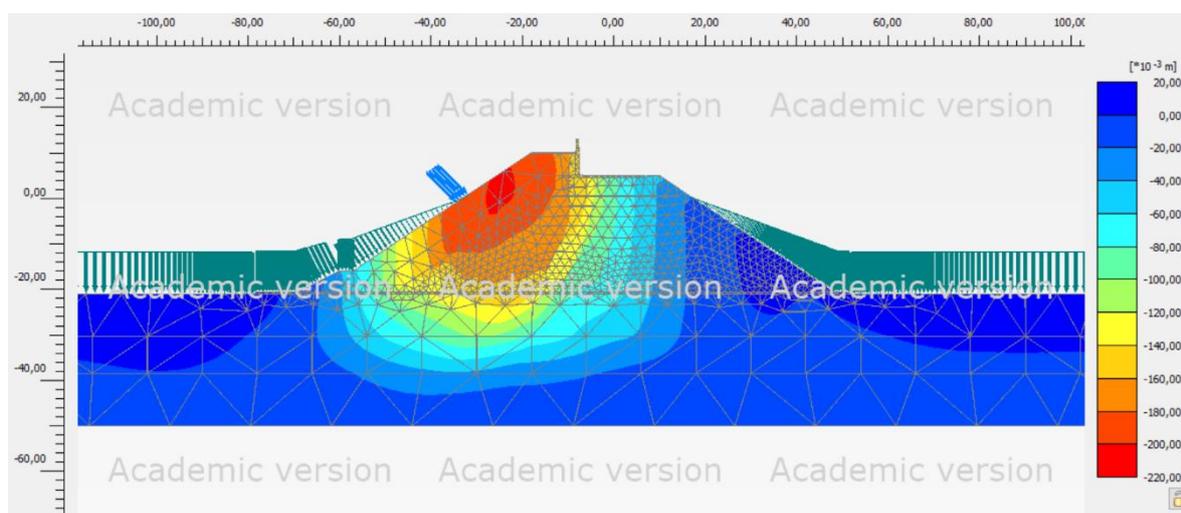


Рис. 3. Вертикальные деформации конструкции u_y

В результате математического моделирования оградительного сооружения под действием ледовой нагрузки получены следующие результаты: максимальная осадка – 220 мм и горизонтальное смещение – 80 мм. На основании полученных данных можно сделать вывод, что деформации в сооружении не влияют на условия работы волнолома и это значит, что такая конструкция пригодна для использования. На основе данной статьи можно составить рекомендацию по проектированию оградительных сооружений порта «Бухта Север» и аналогичных им.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Таймыр – полуостров сокровищ [Электронный ресурс]. URL: <https://www.neftegaz.ru/>. Дата обращения – 05.03.2021.
2. ГОСТ 20132-76. Камень бутовый. Технические условия.
3. ГОСТ 20425-2016. Тетраподы для берегозащитных и оградительных сооружений.
4. СП 23.13330.2011. Основания гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85.
5. РД 31.31.55-93. Инструкция по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений
6. PLAXIS. Справочное пособие [Электронный ресурс]. URL: <https://www.PLAXIS.ru/>. Дата обращения – 10.03.2021.
7. PLAXIS. Пособие по моделям материалов [Электронный ресурс]. URL: <https://www.PLAXIS.ru/>. Дата обращения – 10.03.2021.
8. PLAXIS. Научное пособие [Электронный ресурс]. URL: <https://www.PLAXIS.ru/>. Дата обращения – 10.03.2021.
9. Утреннее месторождение [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nftn.ru/>. Дата обращения – 07.03.2021.
10. СП 38.13330.2018. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82.

УДК 627.034

В.М. Тяготин, Д.А. Шарапов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАСЧЕТ СМЕЩЕНИЯ ЯКОРЯ С ПОМОЩЬЮ PLAXIS 3D

Цель работы – определить максимальное смещение якоря под воздействием горизонтальной и вертикальной нагрузок в программе Plaxis 3D.

В данной работе рассчитывается смещение цилиндрического якоря диаметром 44 м и высотой 10 м, состоящем из бетона класса В30 [1], который предназначен для удержания плавучего сооружения с вертикально туго натянутыми якорными связями (платформы с такими связями принято обозначать аббревиатурой TLP). В таких системах заякорения удержание плавучего сооружения обеспечивается силой плавучести, которая действует на якорную связь в вертикальном направлении и вызывает горизонтальное восстанавливающее усилие при смещении сооружения (так называемый эффект обратного маятника). Системы заякорения с вертикально туго натянутыми якорными связями требуют для необходимого удержания плавающего объекта якорей, устанавливаемых в грунте и способных воспринимать большие вертикальные нагрузки от якорных связей [2].

Программа, в которой был произведен расчет – Plaxis 3D – является одним из наиболее популярных в Европе и России программных комплексов. Это программа, основанная на методе конечных-элементов, используется для решения задач инженерной геотехники, проектирования и инженерной геологии. Она представляет собой пакет вычислительных

программ для конечно-элементного расчёта напряжённо-деформированного состояния сооружений, фундаментов, включая фундаменты морских сооружений. Программа Plaxis 3D содержит широкий набор инструментариев для анализа состояния трехмерной модели комплексной геотехнической системы и визуализации результатов расчетов [3]. Для успешного выполнения вычислений, соблюдая требования нормативных документов, в программе были созданы модель рассматриваемого якоря [4] и модель грунта [5], соответствующая морскому дну (рис. 1).

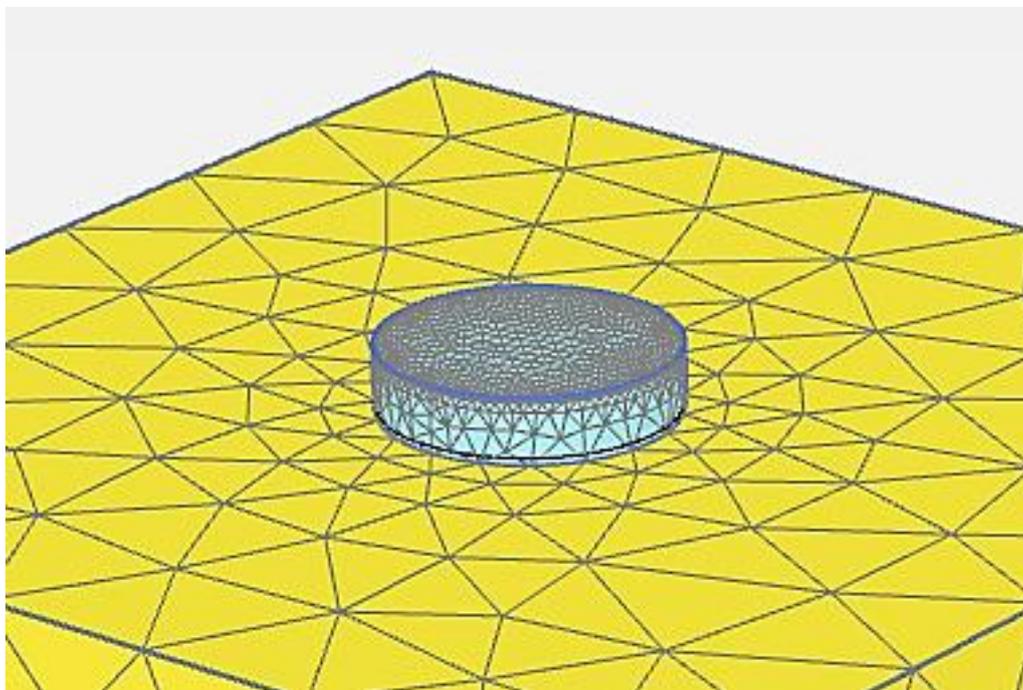


Рис. 1

Для оценки максимального смещения по вертикали (отрыва) и по горизонтали, в программе Plaxis 3D к заданному якорю была приложена нагрузка, соответствующая максимальной нагрузке на подобное сооружение типа TLP [6, 7], составившая 16,82 МН по вертикали и 1,15 МН по горизонтали. Нагрузка была задана в восемь точек верхней плоскости якоря, соответствующих точкам крепления якорных цепей к якорю (рис. 2), поскольку в моделируемой системе пространственного заякорения используются восемь якорных линий, равномерно распределенных вокруг удерживаемого объекта. Подобное расположение обеспечивает хорошее удержание плавучего объекта вне зависимости от направления действия внешних сил, а веерное расположение якорных связей позволяет производить всевозможные подводные работы непосредственно под удерживаемым сооружением [8].

После произведения расчетов смещения якоря программой, были получены следующие результаты: заданный якорь зарывается в грунт на глубину 20,83 см (отрыва не происходит), смещение по горизонтали составляет 2,99 см, что укладывается в допуски, определенные в СТО НОСТРОЙ 2.30.154-2014 [9]. В результате полученных данных, показывающих, что якорем выдерживается приложенная нагрузка, она была увеличена в два раза, чтобы уточнить предел надежности конструкции. Результаты по вертикальной нагрузке не изменились, а горизонтальное смещение составило 4,12 см, что также укладывается в допуски [9].

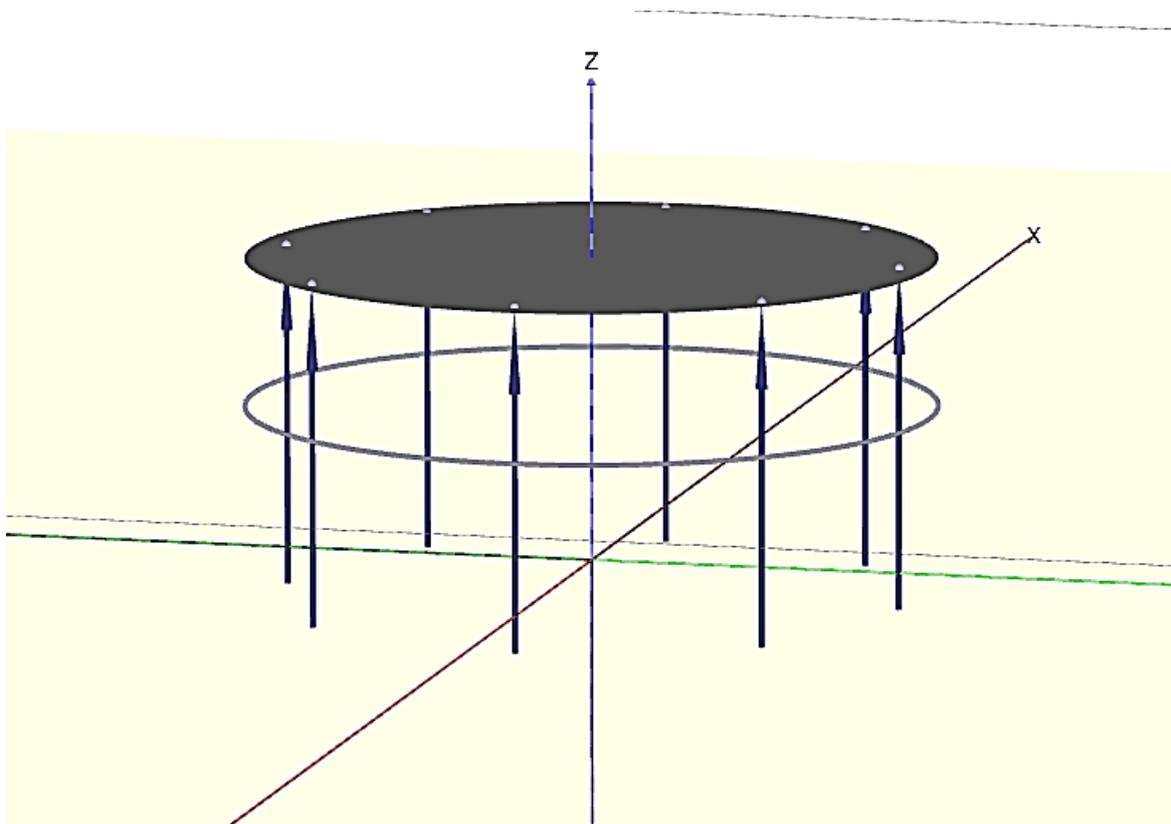


Рис. 2

Вывод. Проведенные в работе расчеты максимальных смещений цилиндрического якоря из бетона показали, что они не превосходят допустимых значений. Также было определено, что при увеличении нагрузки в два раза, вертикальное смещение останется таким же, а горизонтальное увеличится, но останется в допустимых пределах.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ 25820-2014. Бетоны лёгкие. Технические условия. – Введ. 2015-07-01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 20 с.
2. Караев Р.Н. Океанотехника и морские операции на шельфе: Учебник для ВУЗов /Р.Н. Караев, В.Н. Разуваев, А.С. Портной. – СПб.: Моринтех, 2008. – 520 с.
3. Plaxis 3D Foundation: Учеб. пособие. Версия 1 [Электр. ресурс]. URL: https://www.plaxis.ru/support/manual_supplement/
4. ГОСТ 25496-82. Якоря повышенной держашей силы. Технические условия. – Введ. 1984-01-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 10 с.
5. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. – Введ. 2013-01-01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 85 с.
6. Шарапов Д.А. Нагрузки от льда на вмержшие вертикальные стальные сооружения при горизонтальных подвижках ледового покрова /Д.А. Шарапов, К.Н. Шхинек // Известия ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева – 2016. – Т. 282. – С.99-107.
7. Sharapov D., Shkhinek K., Delvalls T.A., Ice collars, Development and effects, Ocean Engineering, Vol115 (2016), pp. 189–195.
8. Кульмач П.П. Якорные системы удержания плавучих объектов (Вопросы статики и динамики плавучих сооружений на якорях). – Л.: Судостроение, 1980. – 336 с.
9. СТО НОСТРОЙ 2.30.154-2014. Гидротехнические работы. Системы удержания плавучих сооружений в месте эксплуатации. Правила и общие требования к производству и приёмке работ по монтажу и установке. – Введ. 2014-12-11. – М.: Бумажник, 2018. – 101 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТР-ПАТРОНОВ ФОПС В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ПРИМЕРЕ ГИДРОУЗЛА НА Р. КУЗЬМИНКА

Введение. Река Кузьминка, на которой расположен гидроузел, содержащий насыпную однородную грунтовую плотину и шахтный водосброс, протекает в черте Санкт-Петербурга. Для данного региона характерны обильные осадки и избыточная влажность.

По всей длине гребня насыпной однородной грунтовой плотины расположена эксплуатационная дорога. Дорога имеет одну полосу движения, ширина которой составляет 4 м и соответствует автомобильной дороге V класса [1].

По краю обочины автомобильной дороги устроен лоток для сбора и отвода поверхностного стока с проезжей части. Для очистки поверхностного стока, который сбрасывается по трубе через водовыпуск в нижний бьеф, за лотком устраивается установка очистной конструкции. Очистка поверхностного стока, попадающего в нижний бьеф реки Кузьминка, должна быть доведена до допустимых показателей загрязнения во избежание загрязнения русла реки.

Целью работы является анализ работы фильтр-патронов ФОПС для использования в гидротехническом строительстве.

Актуальность. По имеющимся данным, поверхностный сток на участке дороги, проходящем по гребню плотины, имеет следующие значения:

Расход дождевых вод: $q_y = 5,9 \text{ л/с} = 21,24 \text{ м}^3/\text{ч}$.

При таких значениях расхода поверхностного стока с автомобильной дороги предполагается установка в дождеприемный колодец фильтр-патрона «ФОПС» фирмы «Аква-Венчур». Фильтр-патрон «ФОПС-МУ-2,0-1,2» осуществляет комбинированную очистку поверхностных стоков от взвешенных веществ, нефтепродуктов (эмульгированных и растворённых), фенолов, железа общего, марганца (Mn^{2+}) [2].

Следует учесть, что состав поверхностного стока с городских территорий зависит от ряда трудно учитываемых и трудно прогнозируемых факторов [3, 4].

В таблице 1 приведены некоторые характеристики городского поверхностного стока до очистки и после очистки фильтром «ФОПС-МУ».

Таблица 1 – Показатели очистки загрязненного поверхностного стока
после очистки в фильтр-патроне «ФОПС-МУ»

Загрязняющие вещества, мг/дм ³	Концентрация в очищаемом стоке, не более	Концентрация в очищенном стоке, не более
Взвешенные вещества	2000	50
Нефтепродукты	50	0,05
Фенол	0,1	0,001
Железо общее	5	0,05
Марганец (Mn^{2+})	3	0,01

Принцип работы фильтр-патрона состоит из трех этапов [5]:

1 этап. Грубое предварительное очищение происходит перед поступлением жидкости внутрь корпуса, т.е. специальная решётка, установленная на крышке изделия, задерживает загрязнения больших размеров, такие как листья, ветки и другой крупный мусор. Решетка требует периодической очистки.

2 этап. Далее вода поступает в верхнее отделение фильтр-патрона, где она очищается с помощью нетканого фильтра от нефтяной плёнки и механических взвесей.

3 этап. На последнем этапе поверхностный сток проходит сорбционную засыпку из активированного угля во второй камере, где отделяются органические соединения, мелкие частицы тяжёлых металлов, нефтепродукты, и др. Сорбционная засыпка требует замены раз в год.

Характеристики фильтр-патрона «ФОПС-МУ-2,0-1,2» приведены на рисунке 1 и в таблице 2.

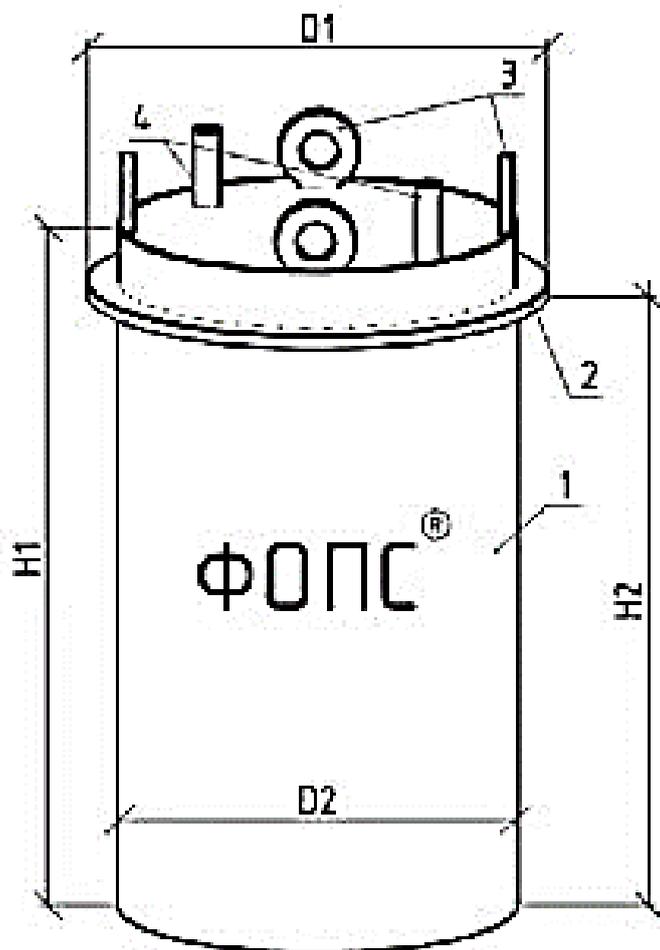


Рис. 1. Схема фильтр-патрона

Таблица 2 – Характеристики фильтр-патрона «ФОПС-МУ-2,0-1,2»

Характеристика	Значение
Рабочая производительность м ³ /ч, не более	16
Максимально-допустимая кратковременная производительность м ³ /ч, не более	32
Диаметр наружный фланца D1, мм	1920
Диаметр наружный корпуса D2, мм	1430
Высота обечайки фильтра H1, мм	1200
Высота H2, мм	1125
Масса, кг	800

Монтаж фильтр-патрона осуществляется в железобетонный сборный колодец диаметром 2 м. Перед установкой колодца необходимо подготовить котлован с устроенным щебеночным основанием толщиной не менее 200 мм.

Установка фильтр-патрона в колодец происходит следующим образом:

1. При помощи стеновых и опорных колец набирают высоту колодца не менее H_2+200 мм в соответствии с параметрами фильтр-патрона (табл. 1).
2. При установке верхнего стенового кольца необходимо предусмотреть отверстие для отводящей трубы с условием, чтобы 80% высоты фильтра было погружено в воду.
3. На верхнее стеновое кольцо устанавливают плиту перекрытия, на которую затем ставят опорное кольцо.
4. Над опорными кольцами устанавливают стеновые и регулировочные кольца для обеспечения глубины крышки фильтра не менее глубины промерзания (1,2 м).
5. Далее осуществляют установку плиты перекрытия с дождеприёмной решеткой.
6. Через горловину люка размещают фильтр «ФОПС» на опорное кольцо при помощи строп. Крюки должны быть зацеплены за все проушины.
7. Закрывают колодец дождеприёмной решеткой.

Выводы. Проведенный анализ работы фильтр-патрона «ФОПС-МУ-2,0-1,2» для очистки поверхностного стока с дороги, позволяет сделать вывод, что установка фильтр-патрона «ФОПС-МУ-2,0-1,2» является оптимальной для использования в гидротехническом строительстве, так как характеристики очищенного поверхностного стока являются допустимыми при дальнейшем попадании его в реку. Автономность работы фильтр-патрона «ФОПС-МУ-2,0-1,2», возможность обслуживания очистного сооружения несколько раз в год, а также простота установки фильтр-патрона являются преимуществами использования такой установки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги.
2. ГидроСпецКом. ФОПС фильтр-патрон: [Электронный ресурс]. 2017-2018. URL: <https://g-c-k.ru/> (Дата обращения: 29.03.2021).
3. Ватин Н.И., Чечевичкин В.Н. Особенности состава и очистки поверхностного стока крупных городов // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 6. С. 67-74.
4. Борзова Ю.С. Использование экологически безопасных технологий очистки сточных вод // Young Science. 2014. № 1. С. 16-17.
5. ООО «Аква-Венчур». Паспорт и руководство по эксплуатации «Фильтры очистки поверхностного стока ФОПС®»: [Электронный ресурс]. 2018. URL: <http://aquaventure.ru> (Дата обращения: 28.03.2021).

УДК 69.034.2

А.Р. Гадьлышина, А.С. Большев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПОВЕДЕНИЯ ПЛАВУЧИХ ПРИЧАЛОВ

Цель работы – анализ динамики поведения плавучих причалов под действием внешних нагрузок, оценка его работы и системы удержания.

Одним из наиболее распространенным решением для постановки судна с его последующим отстоем является возведение плавучего причала, состоящего из нескольких понтонов. Понтоны могут быть выполнены из разных материалов: металл, железобетон, пластик. К преимуществам такого способа можно отнести возможность установки на больших глубинах при значительных

колебаниях уровня воды при сложном рельефе и слабых грунтах, быстроту возведения за счет индустриального изготовления конструкций элементов и устройств [1].

В данной статье рассматривается металлический четырехпонтонный плавучий причал ПМ-61М (рис. 1), понтоны которого соединены шарнирно друг с другом, что позволяет понтонам при волнении быть наплаву и передавать друг другу вертикальные и горизонтальные усилия. Конструкцию якорной системы принимаем наиболее простую, обеспечивающую равномерное распределение нагрузок между якорными связями – перекрестную систему раскрепления с подвесными грузами, позволяющие дополнительно натянуть связи между якорем и причалом, не допуская провисания [2].

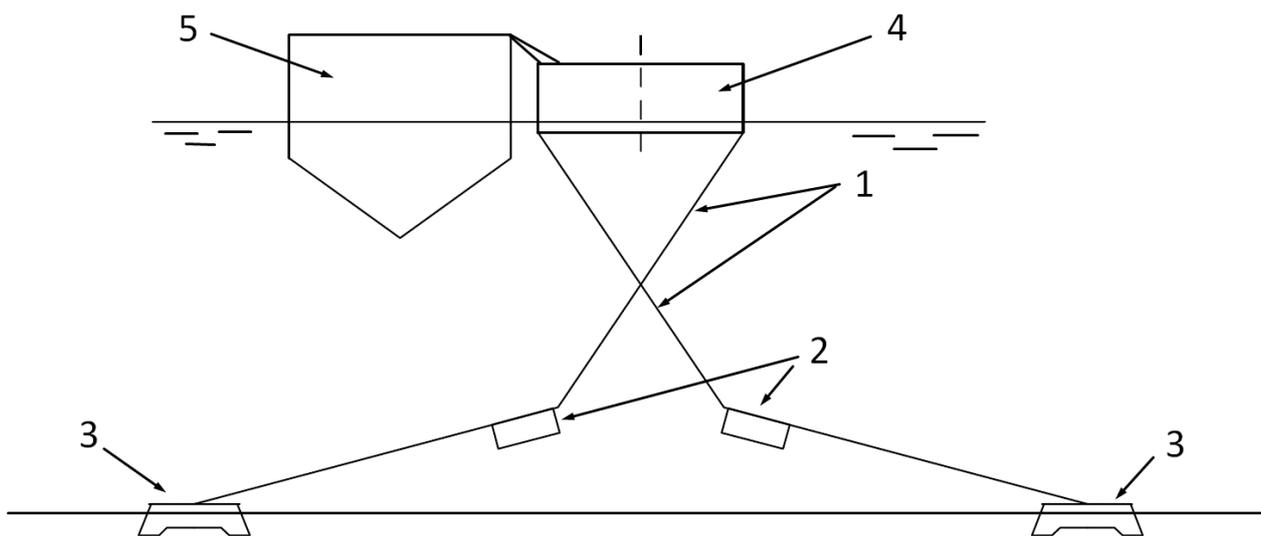


Рис. 1. Якорное крепление причала:

1 – якорные связи, 2 – подвесные массивы, 3 – якоря, 4 – торец понтона причала, 5 – судно

Якорная система обеспечивает эксплуатационные качества плавучего причала, конструктивные элементы которой должны иметь характеристики, позволяющие не допускать сползание якорей и подвесных грузов, обеспечивать прочность и жесткость якорных связей в самых неблагоприятных условиях [2]. Коэффициент запаса в связях якорной системы удержания можно принять 2,5 в соответствии с нормами Методического пособия по расчету плавучих причалов.

Якорная система плавучего причала ПМ-61М должна включать не менее 8 якорных связей с калибром цепи не менее 44 мм, якоря массой 40-50 т и подвесные массивы не менее 10 т. Коэффициент запаса в связях принимается в соответствии с нормами Российского Морского Регистра Судоходства: при удержании морских платформ в штормовых условиях может быть не менее 1,8 [3].

Связи рекомендуется принимать большей массой на единицу длины и при меньшем количестве, чем меньшей массой, но большим числом связей, и они располагаются перпендикулярно к продольной оси причала. Торцы корневого понтона плавучего причала соединяется с берегом одинарной штангой, ограничивая горизонтальные перемещения вдоль продольной оси причала (рис. 2).

Для сооружений III класса капитальности коэффициент устойчивости якорей на сдвиг рекомендуется принимать равным 1,15. Максимально допустимое усилие в штанге принимается 100 тс. Максимально допустимые усилия в шарнирах – 200 тс в продольном направлении и 80 тс в поперечном направлении.

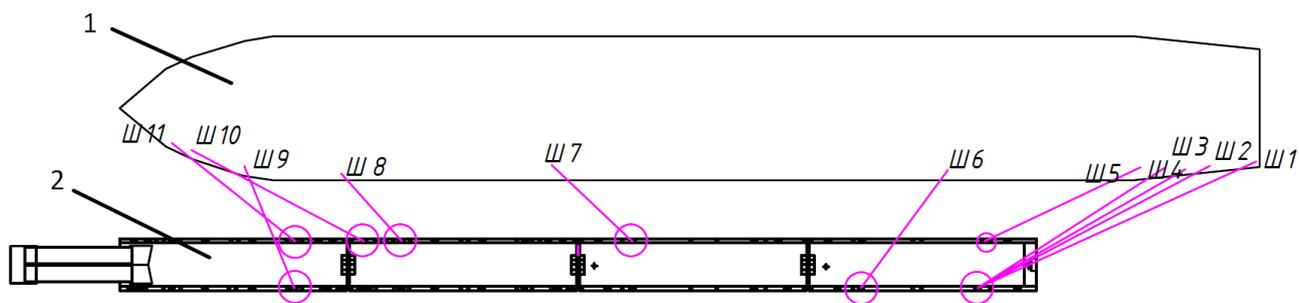


Рис. 2. Система швартовых связей: 1 – судно, 2 – причал

Динамика поведения плавучих причалов напрямую зависит от внешних нагрузок, действующих на причал – ветер и течение. При математическом моделировании необходимо учесть фактор частичного или полного снижения данных воздействий – экранирование нагрузок пришвартованным к причалу судном. Для оценки степени экранирующей преграды для ветра необходимо рассчитать экранирующую площадь по формуле (И.1) согласно СП 38.13330.2018 для определения коэффициента α_B , учитывающего степень экранирующего действия (И.2) от ветровой нагрузки [4].

Влияние пришвартованного судна как экранирующей преграды на плавучий причал при воздействии течения учитывается введением коэффициентов сопротивления продольной C_l и поперечной C_t нагрузки. Коэффициент C_l учитывает влияние формы корпуса судна, трения воды по смоченной поверхности судна, а коэффициент C_t зависит от числа Re (соответственно от продольной составляющей скорости течения, длины плавучего причала по ватерлинии, кинематического коэффициента вязкости воды) [4].

Анализ поведения плавучего причала, имеющего якорную систему удержания с пришвартованным судном под действием природных нагрузок выполняется при помощи пакета программ «Anchored Structures» сертифицированного Морским Регистром РФ и предназначенного для вычисления подобных задач, а также расчета гидродинамических характеристик плавучих объектов, жесткостных характеристик якорных систем удержания, нагрузок от волнения, ветра и течения [5]. Таким образом, подбирается оптимальная система заякорения, которая будет обеспечивать безопасную эксплуатацию плавучего причала с пришвартованным судном в поставленных условиях – смещение причала, усилия в связях и коэффициенты запаса в якорях не превышают предельных значений, установленных нормами.

Предварительные расчёты плавучего причала для центрального района Баренцева моря продолжительностью эксплуатации 25 лет при воздействии течения, волнения и ветра [1] позволяют убедиться, что принятая якорная система может применяться, поскольку наихудший коэффициент запаса равен 1,9.

ЛИТЕРАТУРА:

1. РД 31.35.10-86. Правила технической эксплуатации портовых сооружений и акваторий. Инструктивное письмо Министерства Морского Флота СССР от 5 августа 1987 года № 119. – М. 1987,
2. Кульмач П.П. Якорные системы удержания плавучих объектов (Вопросы статики и динамики плавучих сооружений на якорях), Судостроение, 1980, р. 336,
3. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ. 2014, 493 с.
4. СП 38.13330.2018 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). СНИП 2.06.04-82*,
5. Большев А.С, Фролов С.А., Кутейников М.А. Математическое моделирование поведения морских плавучих объектов в программном комплексе «Anchored Structures». Научно-технический сборник РМРС, вып. 36, 2013.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШПУНТА ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ
В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В последнее время наметилась тенденция на использование композитного шпунта в строительстве, как частными заказчиками, так и государственными службами, как у нас в стране, так и за рубежом. Такой шпунт является надёжным вариантом для обустройства рельефа береговых линий и возведения гидротехнических сооружений на берегах водоёмов [1].

Целью работы является обоснование возможности применения композитного шпунта, как альтернативы металлическому и ПВХ в гидротехническом строительстве.

Композиционный материал – искусственно изготовленный неоднородный материал, состоящий из двух или более компонентов, как правило, из пластичной основы – матрицы, с армирующими наполнителями. Изменяя состав матрицы и наполнителя, получают материал, с новым набором свойств, составляющие которого являются долговечными и обладают хорошей выносливостью [2].

Эффективность применения композитных материалов связана с тем, что их прочностные и деформационные характеристики – прочность при разрыве, модуль упругости и относительное удлинение при разрыве, существенно отличаются от аналогичных характеристик типовых материалов (бетон, металл).

Главная особенность композитов – сохранение или улучшение механических характеристик, при уменьшении массы конструкции.

Проведём сравнительную характеристику шпунтов из разных материалов (табл.1.).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика шпунта

Шпунт	Достоинства	Недостатки
Металлический	Большая несущая способность; Высокая прочность; Возможность многократного использования; Возможность работы на любой разновидности грунта	Подверженность коррозии; Большой вес конструкции; Дороговизна; Отсутствие пластичности
ПВХ	Малый вес; Доступная цена, низкие издержки; Устойчив к перепаду температур и агрессивным химическим средам	Небольшая несущая способность
Композитный	Большая несущая способность; Экономичность; Высокая прочность; Долговечность; Высокая механическая стойкость к истиранию, растрескиванию, появлению царапин; Не подвержен коррозии, гниению и воздействию морской воды; Устойчив к сезонному перепаду температур; Простота в монтаже; Экологичность	Хрупкий характер разрушения; Малый модуль деформации; Длительный срок изготовления

До недавнего времени на российском рынке присутствовали только шпунты из двух материалов – металлические и из поливинилхлорида (ПВХ). Применение лучших мировых композитных решений сдерживалось высокой стоимостью импортной продукции достойного качества и отставанием отечественных технологий. В последние годы в Российской

Федерации появились организации, производящие композитный шпунт, первая из них ЗАО «Пултрузионные технологии», которая на базе последних высокотехнологичных разработок мировой композитной промышленности предложили и внедрили шпунтовые сваи, которые имеют те же преимущества, что и сваи из ПВХ, при этом их несущая способность превосходит металлические аналоги, выигрывая у последних по цене [3].

Рассмотрим применение шпунта в гидротехническом строительстве на основании анализа различных источников и результатов исследований [4-7]. В условиях эксплуатации сооружения подвергаются статическим, динамическим, циклическим нагрузкам, перепадам температур и агрессивных сред [8].

Имеются примеры использования композитных шпунтов при строительстве следующих ГТС (табл. 2.).

Таблица 2 – Проекты, реализованные с применением композитного шпунта [3]

№ п/п	Наименование проекта	Тип сооружения	Длина сваи, м	Грунты	Метод погружения
1	Река Пахра	Берегоукрепление	4; 5; 6	Суглинки/глина	Вибропогружение
2	Каскад прудов в Центральном парке в г. Долгопрудный	Формирование искусственного водоёма	4	Суглинки/глина	Вибропогружение
3	Река Бурная	Берегоукрепление	4	Песок/суглинки	Гидравлический копер
4	Куйбышевское водохранилище	Строительство причала	5	Песок	Вдавливание ковшем экскаватора
5	Пироговское водохранилище	Берегоукрепление	4	Песок/суглинки	Гидравлический копер
6	Финский залив	Берегоукрепление	4,5	Песок/глина	Гидравлический копер
7	Песчаный карьер, Волгоград	Противофильтрационная завеса	7	Песок/глина	Вибропогружение
8	Река Воронеж	Берегоукрепление	5	Песок/суглинок/глина	Вибропогружение
9	Чебоксарское водохранилище	Подпорная стенка	7	Тугопластичные суглинки/глина	Вибропогружение
10	Каспийское море	Пирс для швартовки яхт	4-13,5	Песок/глина/ракушечник	Вибропогружение

Проанализируем параметры реализованных проектов с шпунтовыми элементами из композитных материалов.

С точки зрения монтажа композитные шпунты с некоторыми ограничениями могут применяться в связных, достаточно плотных грунтах, а также и в несвязных грунтах, которые главным образом представлены песками, песчанистыми илами и т.п. Шпунт, выполненный из композитного материала, обладает высокой механической стойкостью к истиранию, растрескиванию и появлению царапин. Он не подвержен коррозии, гниению, и воздействию морской воды, не требует технического обслуживания. Композитный материал более стоек к агрессивной среде, нежели сталь и бетон. Шпунтовая свая при достаточной глубине погружения в грунт служит водонепроницаемым барьером, разделяющим воду и грунт. Соединения шпунта располагаются в отдалении от зоны наибольших нагрузок. Момент инерции – до 30150 см³/м и момент сопротивления – до 4250 см³/м показывают, что физико-механические свойства достаточно высоки и шпунтовое ограждение получается надёжным.

Также достоинством укрепления берега шпунтом из композитного материала является удобство и простота в монтаже. Для работ по погружению шпунтовых свай используются специальные инструменты (вибропогружатель, пневматический молот), позволяющие выполнять их довольно быстро. Производительность составляет около 15 погонных метров в 8-ми часовую рабочую смену с берега, с глубиной погружения свай до 3 м. Погружение шпунтовых свай производится автономными гидравлическими станциями или установками на базе экскаватора. Могут использоваться специальные плавсредства или понтоны, оборудованные стрелой для крепления вибропогружателя, что позволяет выполнить монтаж шпунтовой стены как с берега, так и с воды. Тип оборудования зависит от вида грунта и глубины погружения.

Экономическая эффективность состоит в снижении затрат при проектировании, возведении, на транспортировку материалов, так как отпадает необходимость использования специального большегрузного транспорта. Уменьшаются траты на аренду подъёмного и другого специального оборудования, так как сокращается время монтажных работ. Увеличивается коррозионная стойкость строительных конструкций, следовательно, надёжность и долговечность сооружений [9].

Повышается надёжность и безопасность гидротехнических сооружений и снижается ущерб за счёт сокращения числа потенциальных аварий и повреждений гидротехнических сооружений.

На основании проведённого анализа, можно сделать вывод, что у композитного шпунта много сфер применения в гидротехническом строительстве, таких, как берегоукрепление, строительство причалов, подпорных стенок, формировании искусственных водоёмов. У причалов типа большеверк, где основной причиной износа и возникновения аварий являются коррозионные повреждения, следует рассмотреть использование композитного шпунта, как альтернативы металлическому. Шпунт из композитных материалов рекомендуется применять в местах, труднодоступных для проезда крупногабаритной техники; в тех конструкциях, где по расчётам металлический шпунт имеет излишний запас прочности и это позволяют расчетные нагрузки, а также для формирования эстетичного внешнего вида объекта.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Илюхин Д.А. Сваи из ультракомпозитного материала – новая эра в строительстве. / Д.А. Илюхин // гидротехника 2(27). – 2012. – с.66-67
2. Немолочнов А.Г. Совершенствование конструкций берегоукрепительных сооружений с использованием композитного шпунта. Дис. канд. техн. наук. М.: НИУ МГСУ, 2019, 12 с.
3. Интернет ресурс <https://itk-mdl.asutk.ru/upload/iblock/8fd/lzuieupugul%20kzi.pdf>
4. Кокорева К.А., Беляев Н.Д., Ялышев А.И. Шпунты из ультракомпозитных материалов в гидротехническом строительстве. Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 4 (31). С. 163-172.
5. Кокорева К.А., Колгушкин А.В., Ялышев А.И. Анализ возможности применения шпунта из ультракомпозитных материалов в гидротехническом строительстве. НПК XLIII Неделя науки СПбПУ. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2014. С. 109-111.
6. Кокорева К.А., Ялышев А.И. Расчётное обоснование применения шпунта из ультракомпозитных материалов в гидротехническом строительстве. НПК XLIII Неделя науки СПбПУ. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2014. С. 112-114.
7. Немолочнов А.Г. Исследование композитного шпунта. Строительство – формирование среды жизнедеятельности. Сборник трудов Восемнадцатой Международной межвузовской НПК. – Москва: НИУ МГСУ, 2015. – С.388-391.
8. Ялышев А.И. Ремонт берегоукрепления на р. Неве с разработкой защиты от размыва. Магистерская диссертация. СПб.: СПбГПУ, 2014. 142 с.
9. Колгушкин А.В., Беляев Н.Д. Влияние природных факторов на скорость коррозии морских ГТС. Предотвращение аварий зданий и сооружений. Сборник научных трудов. М., 2009. С. 216-227.

ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ С СУЛАКСКОГО КАСКАДА ГЭС
В РЕСПУБЛИКЕ ДАГЕСТАН

Цель работы – оценка выбросов парниковых газов с поверхности водохранилищ ГЭС на примере Сулакского каскада ГЭС.

Республика Дагестан известна, как регион, богатый водными ресурсами, а также имеющий значительные запасы других энергоресурсов: геотермальных вод, гелиоэнергетики, ветроэнергетики [2]. Основной вклад в генерируемую энергию вносит гидроэнергетика (98%). Общая установленная мощность республики составляет 1827 МВт. В регионе функционирует 16 гидроэлектростанций общей установленной мощностью 1783 МВт и 2 теплоэлектростанции – 44 МВт [2].

Анализ эксплуатируемых объектов генерации показывает ее рост. Темп прироста в 2018 г. по отношению к 2011 составил более 24%, в абсолютной величине – 1154 млн кВт·ч [3]. Динамика выработки электроэнергии ГЭС представлена на рис. 1.

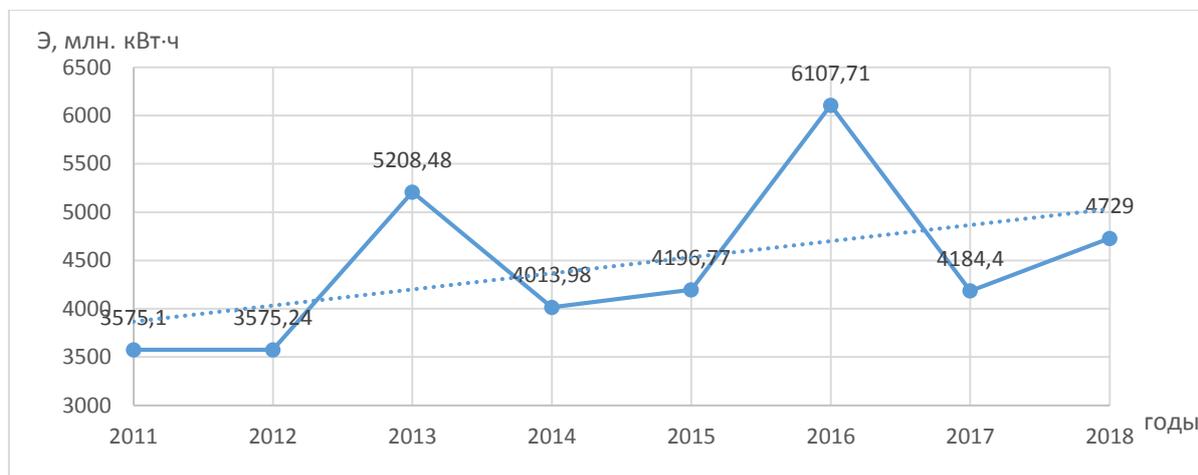


Рис. 1. Динамика выработки электроэнергии на ГЭС в Республике Дагестан за 2011-2018 гг.

Пристальное внимание к проблеме выделения парниковых газов с поверхности водохранилищ ГЭС было отмечено в 2010 г. на Третьем международном форуме по плотинам, проходившем в Мексике. Согласно исследованиям ученых, проведенным более чем на 100 крупных водоемах и водохранилищах ГЭС Северной Америки и Бразилии, отмечено следующее:

- выбросы метана (CH_4) и углекислого газа (CO_2) с поверхности водохранилищ ГЭС;
- образование метана и углекислого газа вследствие затопления территорий;
- выделение газов в турбинных камерах и на водосливах вследствие дегазации воды;
- диффузия парниковых газов с поверхности воды и со дна водохранилищ;
- наибольшие выбросы парниковых газов отмечаются в первые годы эксплуатации водохранилищ с последующим понижением (а иногда и повышением);
- количество выбросов зависит от площади водохранилища, площади затопления территории, глубины водоема, его формы, местного климата, продолжительности и размера ледяного покрова, площади наводных растений, pH и содержания питательных веществ в воде.

Данные по валовым выбросам парниковых газов ряда водохранилищ на территории Северной и Латинской Америки, в бореальных и умеренных регионах Канады, Финляндии, Исландии, Норвегии и Швеции приведены в табл. 1 [4, 5].

Таблица 1

Зона	мг CO ₂ ·м ⁻² ·сут ⁻¹					мг CH ₄ ·м ⁻² ·сут ⁻¹				
	сред.	мин.	макс.	σ	n	сред.	мин.	макс.	σ	n
Умеренно холодная	1870	85	5750	1190	50	17	-5	113	25	39
Умеренная	550	-1190	4980	1150	43	9	3	21	6,1	10
Субтропическая	780	-1180	4790	1180	36	7,7	4,2	10	2,3	5
Тропическая	4000	-860	10400	3090	20	137	-137	1140	258	22

σ – среднеквадратическое отклонение, n – количество исследованных водохранилищ

В работе представлены расчеты выбросов парниковых газов, с водохранилищ Сулакского каскада ГЭС, находящегося в умеренной климатической зоне. Комплекс ГЭС на реке Сулак состоит из трех ступеней, суммарной мощностью 1345 МВт и среднегодовой выработкой 3680 млн. кВт·ч, информация о выработке станций и их площадях водохранилища представлена в табл. 2.

Таблица 2

ГЭС	Выработка, млн кВт·ч	Площадь зеркала, м ² ·10 ⁶
Чиркейская ГЭС	2470,0	42,50
Миатлинская ГЭС	690,0	1,72
Чирюртские ГЭС:		3,00
– Чирюртская ГЭС-1	386,0	
– Гельбахская ГЭС	91,5	
– Чирюртская ГЭС-2	42,8	

По данным табл. 1 и 2 были рассчитаны среднесуточные и среднегодовые выбросы CO₂ и CH₄ для Сулакского каскада ГЭС. Итоговое количество выбросов представлено на рис. 2.

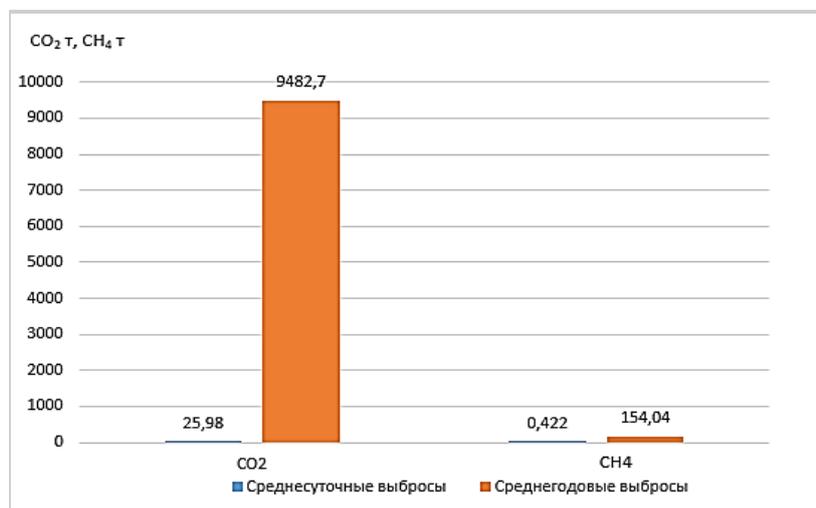


Рис. 2. Итоговое количество выбросов

Для сравнения количества выбросов с водохранилищ и тепловых станций проведены расчеты. По результатам расчета получен объем выбросов углекислого газа при сжигании природного газа на ТЭЦ для получения годовой выработки электроэнергии Сулакского каскада ГЭС. Чтобы получить выработку 3680,3 млн кВт·ч необходимо сжечь 257363,63 т природного газа. Данные о выбросах парниковых газов при сжигании различного вида топлива представлены в табл. 4 [6].

Таблица 4

Виды топлива	Объем выбросов CO ₂ , т
Уголь каменный	2,29
Уголь бурый	1,45
Брикеты угольные	2,12
Кокс	2,8
Природный газ	1,88
Мазут	3,16
Дизельное топливо	3,12

В результате расчетов получен объем выбросов CO₂ при сжигании природного газа для выработки 3680 млн. кВт·ч составил 483843 т CO₂, в то время как для выработки идентичного количества энергии объем выбросов с поверхности водохранилищ ГЭС в умеренной зоне составит 9482 т. (рис. 3).

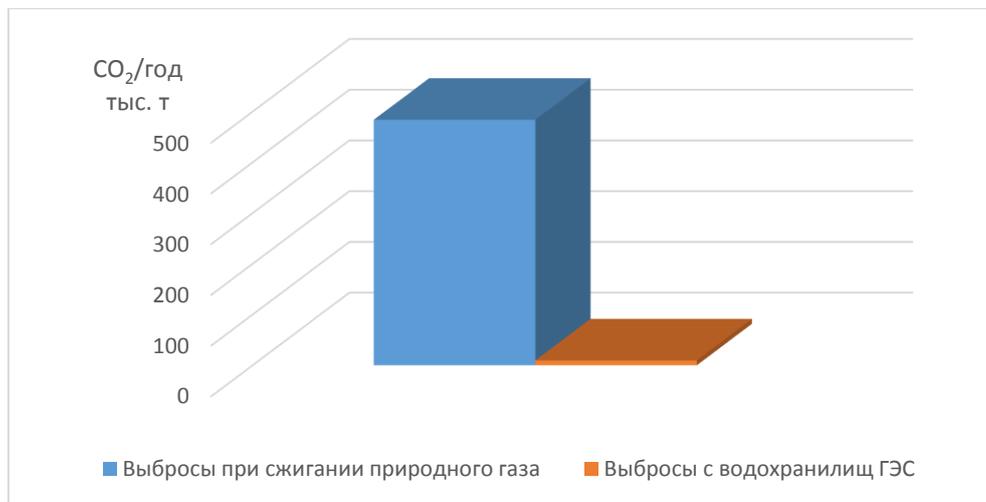


Рис. 3. Количество выбросов CO₂ при выработке электроэнергии Э = 3680 млн. кВт·ч

Проведенный анализ показал, что объем выбросов на ТЭЦ во много раз превышает объем выбросов с поверхности водохранилищ Сулакского каскада ГЭС при генерации того же количества электроэнергии. Это подтверждает актуальность и экологическую безопасность развития гидроэнергетики в республике Дагестан.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Девятова К.А., Кудряшева И.Г. Перспективы развития малой гидроэнергетики Республики Дагестан, Гидроэлектростанции в XXI веке, сборник материалов V Всероссийской НК. 2018. С. 347-352.
2. Стратегия социально-экономического развития Республики Дагестан до 2025 года. Министерство экономики Республики Дагестан, AV Investment Consulting Company LLC, 2011 г.
3. РусГидро Дагестанский филиал, Производство электроэнергии. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.dagestan.rushydro.ru/branch/production/> (Дата обращения 19.03.2021).
4. Varis O., Kumm M., Härkönen S. & Huttunen J.T. Greenhouse Gas Emissions from Reservoirs, Springer Water Resources Development and Management. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg. 2012. P. 69-94. DOI: 10.1007/978-3-642-23571-9_4.
5. Елистратов В.В., Масликов В.И., Сидоренко Г.И., Молодцов Д.В. Вопросы парниковых газов с водохранилищ ГЭС: анализ опыта исследований и организация проведения экспериментов в России, International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology № 11 (151) 2014.
6. СОК № 9 2019 Выбросы парниковых газов и их взаимосвязь с выработкой энергии [Электронный ресурс] – URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/vybrosy-parnikovyyh-gazov-i-ih-vzaimosvyaz-s-vyrabotkoy-energii> (дата обращения 23.09.2020).

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОРТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ
НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

Мировой океан – это значительная составляющая экосистемы нашей планеты, которая является существенным источником минеральных, биологических и энергетических ресурсов для человечества и позволяет развиваться морским торговым путям. Все эти факторы за последние годы привели к росту антропогенных нагрузок на океан и увеличению вреда, наносимого окружающей среде. Исходя из этого, можно утверждать, что одной из важнейших задач в настоящее время является сохранение и рациональное использование Мирового океана.

Цель работы – анализ экологического состояния акваторий портовых сооружений с оценкой экологического ущерба в соответствии с природоохранным законодательством.

Для минимизации негативных последствий от деятельности человека на морскую среду эффективнее использовать профилактический подход, который включает в себя следующее [1]: оценку состояния окружающей среды и проведение предварительных экологических экспертиз мероприятий, которые могут нанести урон окружающей среде; использование экологически безопасных методов производства и строительства; уменьшение количества отходов; применение водоочистных сооружений; и разработку мер по урегулированию аварийных ситуаций с опасными веществами.

В качестве рассматриваемых объектов для экологической оценки были выбраны порты Дальневосточного бассейна, что является актуальным в силу активного освоения и застройки этих территорий промышленными сооружениями.

Анализ загрязнения акваторий был проведен согласно [2-4], по средним концентрациям загрязняющих веществ (ЗВ), по отношению к регламентированным ПДК (иными словами: кратность ПДК) для водной среды и для донных отложений, и в целом, по классу качества вод. Для сравнения были выбраны наиболее опасные ЗВ, найденные в пробах на объектах: нефтяные углеводороды (НУ), фенолы и синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ).

На диаграммах (рис. 1-3) отсутствует корреляция между пропускной способностью порта и количеством ЗВ в воде. Располагая рассматриваемые порты в порядке возрастания их пропускной способности [5]: порт Корсаков (11,4 млн т/год), порт Владивосток (22,7 млн т/год), порт Восточный (81,7 млн т/год), можно отметить, что наибольшее количество превышений ПДК отмечается в порту Владивосток. Для анализа концентрации ЗВ в донных отложениях взяты значения для НУ, приведенные в соотношении к предельно допустимым величинам. Во всех рассматриваемых портах эти концентрации значительно превышают нормативные величины, но в порту г. Владивостока превышения достигают рекордных значений (грунты в пробах со всех станций с маслянистыми вкраплениями нефтепродуктов). С точки зрения качества вод в динамике трех лет (рис. 4): порт Корсаков (III класс – умеренно загрязненные), порт Владивосток (IV класс – загрязненные, V – грязные), порт Восточный (III класс – умеренно загрязненные, IV класс – загрязненные). Это дает возможность предположить, что основным фактором экологичности акваторий являются технологии, применяемые в портах, и качество проведения природоохранных мероприятий.

Для предотвращения загрязнений акваторий необходимо предусмотреть специальные мероприятия по сбору судовых отходов и ликвидации аварийных ситуаций, очищению прибрежных вод. Для этих целей в порту Восточном используется сборщики льяльных вод и нефте-мусоросборщики, на борту которых происходит сепарация и очищение воды. Твердые отходы с судов передаются на площадки временного хранения, проходят сортировку, а затем

сжигаются в инсинераторной установке с утилизацией оставшейся золы. Во Владивостоке воды с судов очищаются на специализированной станции с сепарационными и фильтрующими установками. Некоторые твердые отходы с судов сдаются на мусороперерабатывающий завод, оставшуюся часть перевозят на полигон для захоронения отходов.

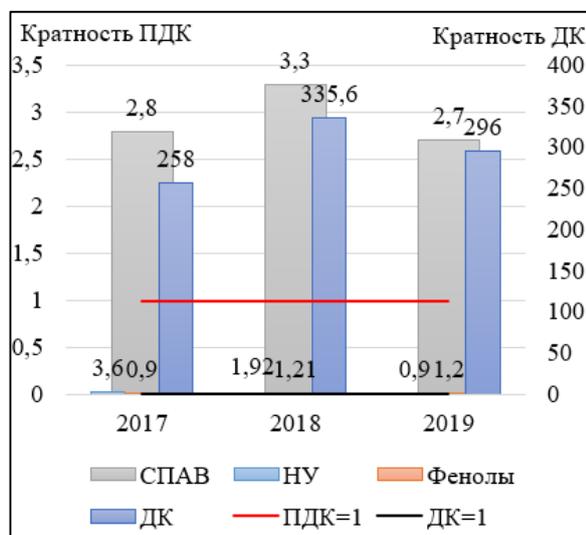


Рис. 1. Порт Владивосток

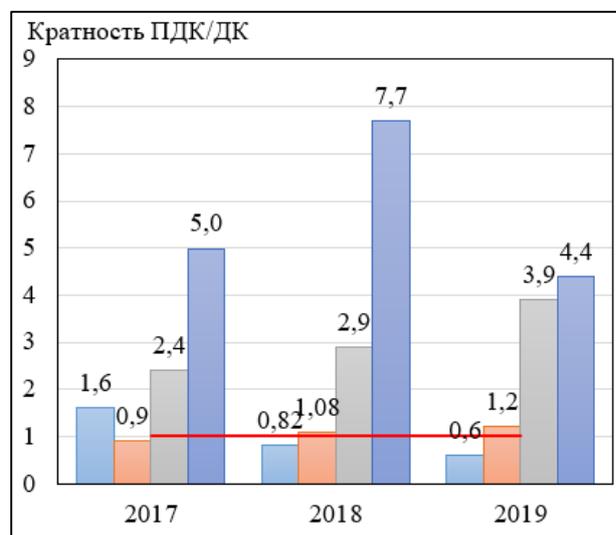


Рис. 2. Порт Восточный

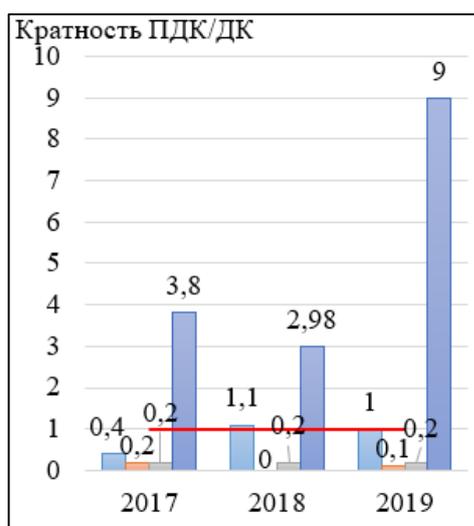


Рис. 3. Порт Корсаков

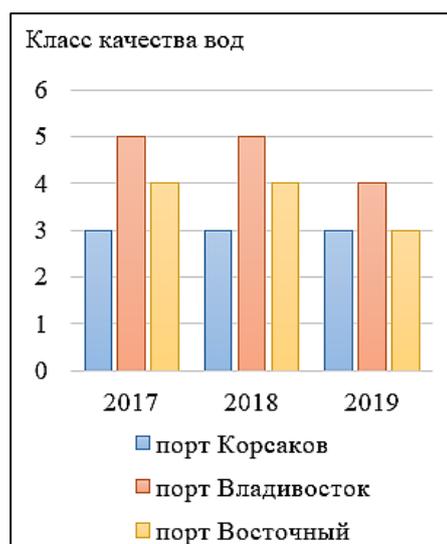


Рис. 4. Классы качества вод

Оценка экологического ущерба включает в себя [6]:

- платность негативного воздействия на окружающую среду;
- стоимость природоохранных мероприятий.

Плата за нанесение вреда окружающей среде рассчитывается в соответствии с и взимается за [6,7]:

- выбросы в атмосферный воздух ЗВ стационарными источниками;
- сбросы ЗВ в водные объекты;
- хранение, захоронение отходов.

Размер платы напрямую зависит от объема или массы ЗВ, и должен быть определен для каждого стационарного источника по всем ЗВ в отдельности, с учетом коэффициента к ставкам платы, который зависит от соотношения концентраций веществ к допустимым [6, 8].

Стоимость природоохранных мероприятий приравнивается к стоимости проведения производственного экологического контроля (ПЭК), который реализуется в целях обеспечения охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты расчета стоимости ПЭК

Вид работ	Всего стоимость, тыс. руб.		
	Порт Корсаков	Порт Владивосток	Порт Восточный
Эколого-рыбохозяйственный мониторинг водных биологических ресурсов и среды их обитания	316	316	316
Контроль воздушной среды	964	685	822
Контроль шумового воздействия	62	66	79
Контроль почвенного покрова	530	734	881
Контроль водной среды	583	354	304
Итого:	2455	2155	2402

В работе был проведен анализ экологического состояния вод акваторий трех портов Дальневосточного бассейна, в результате которого не было выявлено корреляции между уровнем загрязненности акватории морских портов и их пропускной способностью. Таким образом, первоочередными задачами по сохранению качества акваториальных вод является проведение природоохранных мероприятий и использование соответствующих технологий по сбору, утилизации и хранению отходов. Наряду с этим, была рассчитана стоимость природоохранного экологического ущерба (ПЭК), представляющего комплекс природоохранных мероприятий, необходимый для предотвращения деградации и улучшения экологического состояния морской среды, а также снижения рисков аварийных ситуаций.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Коптюг В.А. Конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, июнь 1992 года): анализ. обзор, Рос. акад. наук, Сибирское отделение – Новосибирск, 1992. – 79 с.
2. Качество морских вод по гидрохимическим показателям: Ежегодник. Вып.48 /Отв. ред. А.Н. Коршенко. – М.: Наука, 2018. – 295 с.
3. Качество морских вод по гидрохимическим показателям: Ежегодник. Вып.49 /Отв. ред. А.Н. Коршенко. – М.: Наука, 2019. – 287 с.
4. Качество морских вод по гидрохимическим показателям: Ежегодник. Вып.50 /Отв. ред. А.Н. Коршенко. – М.: Наука, 2020. – 281 с.
5. Официальный интернет-сайт ФГУП «Росморпорт» [Электронный ресурс] – URL: <https://www.rosmorport.ru/> (дата обращения: 25.03.2021)
6. Об охране окружающей среды: Федеральный закон РФ от 10.01.02 № 7-ФЗ [принят Государственной думой 20 декабря 2001 года]. – Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс.
7. Об исчислении и взимании платы за негативное воздействие на окружающую среду: Постановление Правительства РФ от 03.03.2017 N 255: (редакция от 29.06.2018). – Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс.
8. О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах: Постановление Правительства РФ от 13.09.2016 N 913: (редакция от 24.01.2020). – Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс.

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ РАЗМЫВА ГАЛЕЧНОГО ПЛЯЖА

Наиболее надежной защитой основания волноотбойных стен от воздействия волн является галечный пляж полного профиля, воспринимающий на себя энергию максимальных штормов. Объектом исследования является галечный пляж, защищающий от волнового воздействия основание волноотбойной стены, выдвигаемой в море в районе мыса Видный на перегоне Мацеста-Хоста железной дороги Туапсе-Адлер (рис. 1).



Рис. 1. Ситуационный план

Цель данной работы – анализ причин и оценка интенсивности размыва пляжей для дальнейшей разработки проекта по созданию волногасящего галечного пляжа, прикрывающего основание выдвигаемой в море волноотбойной стены от воздействия волн. В актуальности работы нет сомнений, так как береговая пляжная полоса в пределах Большого Сочи и близлежащих районах находится в крайне неудовлетворительном состоянии. Размеры пляжей не обеспечивают защиту берегов от разрушения и не отвечают рекреационным требованиям федерального города-курорта (рис. 2).

Данные многолетних наблюдений показывают, что мощность вдольбереговых потоков наносов на Черноморском побережье с каждым годом снижается. Это связано, прежде всего, с тем, что сокращается твердый сток рек, подающих пляжеобразующий материал на взморье. Значительная часть наносов идет на истирание [5]. В итоге дефицит дебета бюджета наносов на участке от Туапсе до р. Псоу составляет около 300 тыс. м³ в год. Это значит, что для его ликвидации необходимо постоянное пополнение наносов в приурезовой зоне.

Основные геологические процессы, влияющие на состояние береговой зоны, можно подразделить на три группы [3]:

- эндогенные, куда, в основном, относятся тектонические движения земной коры и землетрясения;
- экзогенные, включающие абразию, аккумуляцию, вдольбереговой транспорт наносов, выветривание, эрозию, склоновые процессы и
- антропогенные.



Рис. 2. Состояние исследуемого галечного пляжа (фото, октябрь 2020 г.)

Данные о современных тектонических движениях земной коры свидетельствуют о опускании берега, нарастающем к югу от Туапсе, со скоростью, не превышающей 1 мм/год. По поперечным разломам и шовным зонам, по которым заложены подводные каньоны в районе Туапсе, Чемитоквадже, Лоо и Адлера темп опускания увеличивается до $1,5\div 5$ мм/год. Подъем уровня моря, обусловленный опусканием прилегающей суши, приводил и может привести к потере пляжного материала из-за его ухода на большие глубины с исключением возврата в береговую зону. Сейсмичность района Туапсе-Адлер, относящегося к 9-бальной зоне, оказывает влияние на развитие оползневых процессов [2].

При сильных волнениях моря и недостаточной ширине пляжа большое значение для развития береговых процессов приобретает абразионное воздействие прибойного потока. Эффект этого воздействия на клиф, бенч и берегозащитные сооружения может быть весьма значительным. Контур пляжа изменяется под воздействием штормов разных направлений. За продолжительное время на любом участке берега, в том числе и в межбунном отсеке, вырабатывается равновесный контур пляжа, формируемый под воздействием всего спектра волн [1]. Среднее его положение, определяемое суммарным волновым воздействием от штормов всех направлений, ориентировано по нормали к так называемой равнодействующей волновой энергии, определяемой по расчетам или по изолированным фрагментам пляжа на прилегающих участках берега [5].

Галечный пляжный материал перемещается вдоль берега, в основном, под воздействием накатывающихся на пляж волн и, в меньшей степени, течений, формирующихся во время штормов в зоне их разрушения [7, 8]. Вдольбереговые течения формируются при подходе волн под углом к линии берега. В течение года к берегу подходят волн от разных румбов, что

вызывает перемещение пляжного материала в двух противоположных направлениях. Преобладание волнений от северо-западных румбов обуславливает итоговый перенос материала на юго-восток и формирование вдольберегового потока наносов. На участках берега, ориентированных под углом к волновой равнодействующей, интенсивность перемещения пляжного материала возрастает. Там, где углы между линией берега и волновой равнодействующей малы, создаются условия для осаждения материала из потока наносов и формирования широкого пляжа [4].

В простых условиях равновесный контур пляжа определяется расчетом азимута волновой равнодействующей. При сложных очертаниях берега расчет равновесного контура пляжа целесообразно контролировать по изолированным фрагментам на прилегающих участках берега. В связи со значительным изменением направления береговой линии в пределах исследуемого участка, обусловленного мысом Видный, целесообразно рассмотреть берегозащитные мероприятия отдельно по его западному и восточному флангам, в пределах которых, береговая линия почти прямолинейна. Выбор типа берегозащитных и пляжеудерживающих сооружений, их компоновка и размеры существенно зависят от направления береговой линии.

Вывод. В работе были проанализированы причины и проведена оценка интенсивности размыва галечного пляжа, защищающего основание волноотбойной стены от волнового воздействия. Проведенный анализ показал, что для создания проекта пляжа, обеспечивающего качественную защиту волноотбойной стенки или для поддержания существующего пляжа в работоспособном состоянии, нужно учитывать многофакторные условия и особенности местности для обеспечения максимального снижения интенсивности его размыва. Рассмотренные в работе характеристики черноморского побережья с точки зрения их влияния на интенсивность размыва, можно использовать в качестве основы для проектирования волногасящего сооружения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Лебедев В.В., Гарибин П.А., Беляев Н.Д. Инженерная геология. Заносимость морских гидротехнических сооружений. СПб.: СПбГТУ, 1996.
2. Матушевский Г.В. Гидрометеорологические условия Азовского и Черноморского побережий Краснодарского края. Научно-технический отчет ГОИН. М., 1996. 61 с.
3. Пешков В.М. Галечные пляжи непривливаемых морей. Основные проблемы теории и практики. – Краснодар, 2005 г. 444 с.
4. Результаты натурных исследований и моделирования береговых процессов побережья Черного моря в пределах Краснодарского края РСФСР с заданием на разработку генеральной схемы берегозащитных мероприятий. Отчет ЧО ЦНИИС, кн.
5. Рекомендации по проектированию и строительству свободных галечных пляжей. М., 1988. 85 с.
6. Справочник по климату Черного моря. Гидрометеиздат, М., 1974. 406 с.
7. Gaydarov N.A., Zakharov Y.N., Ivanov K.S., et al. Numerical and experimental studies of soil scour caused by currents near foundations of gravity-type platforms. Proceedings of the International Conference on Civil Engineering, Energy and Environment (CEEE 2014). 2014. pp. 190-196.
8. Semenov K.K., Lebedev V.V., Nudner I.S., et al. Impact of waves and currents on the soil near gravity-type offshore platform foundation: numerical and experimental studies. Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference. 2015. pp. 807-814.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ БЕТОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ
НА ПРИМЕРЕ ГИДРОУЗЛА НА Р. КУЗЬМИНКА

Железобетонные конструкции достаточно долговечны и надежны, если они эксплуатируются в нормальных тепло-влажностных условиях неагрессивной среды. Для гидротехнических сооружений (ГТС) свойственна работа в агрессивных и слабоагрессивных средах. Из-за особенности условий эксплуатации бетон ГТС подвергается не только физико-химическому, но и физико-механическому разрушению.

Основные дефекты железобетонных конструкций, возникающие в процессе эксплуатации:

- Недостаточное опирание конструкций, крены, смещения осей, перекосы;
- Трещины в бетоне;
- Коррозия бетона и арматуры;
- Разрушение защитного слоя бетона;
- Деформации формы конструкций (прогибы, выгибы, перекосы, кручение);
- Разупрочнение стыков сборных конструкций;
- Сколы на поверхности;
- Раковины и каверны.

Бетон ГТС больше подвержен разрушению в зоне переменного уровня воды в суровых климатических условиях, при циклах замерзания и оттаивания. Чаще всего эти разрушения выражены кавернами в бетоне в зоне переменного уровня. Зону ремонта нужно рассматривать как разрушение конструкции [1].

В данной статье приводится технология ремонта сколов и каверн на бетонных поверхностях на примере шахтного водосброса гидроузла на реке Кузьминка.

Основным дефектом шахтного водосброса гидроузла на р. Кузьминка является большое количество локальных разрушений в виде сколов и каверн глубиной до 120 мм. На части дефектов присутствует обнажение рабочей арматуры.

На основе имеющихся рекомендаций была разработана следующая технология ремонта локальных дефектов железобетонных конструкций шахтного водосброса [2, 4]:

1. Необходимо удалить деструктивный бетон до структурно-здорового бетона, но не меньше глубины промерзания. Для начала выполняется оконтуривание дефектов с помощью алмазной фрезы, глубина надреза 50 мм. Затем, с помощью перфоратора производится удаление дефектного бетона.

2. Арматурные стержни необходимо очистить от коррозии абразиво-струйным или механическим способом, если коррозия сквозная, необходимо заменить поврежденную арматуру композитной.

3. Для восстановления геометрии на вертикальных поверхностях можно установить опалубку. Для подачи раствора за опалубку необходимо предусмотреть окна.

4. Произвести приготовление ремонтных составов согласно указаниям производителя.

5. Перед заделкой дефектов на очищенную влажную поверхность бетона необходимо нанести праймерный слой для повышения адгезии – ЦМИД-1 или ЦМИД-2 с водой в соотношении 1:1.

6. Не позднее 15 минут после нанесения праймерного слоя нанести раствор на основе ЦМИД-3. Нанесение раствора производить вручную кельмами штукатурными, а уплотнение и выравнивание – полутерками и правилами.

7. После устранения дефектов нанести гидроизоляционную мастику «Гипердесмо».

Узел восстановления бетонной поверхности после скола бетона представлен на рис. 1.



Рис. 1. Узел ремонта скола

Установка водонепроницаемого экрана способствует поддержанию сухости бетонной поверхности в зоне переменного уровня. Экран создается нанесением или инъектированием гидроизоляционных составов. Самым распространенным решением является нанесение на поверхность материалов, в составе которых присутствуют полиуретаны, битумы либо каучуки. Существует множество различных продуктов, предназначенных для создания водонепроницаемого экрана. Каждый материал имеет свои особенности и технологию нанесения [3]. Одним из самых качественных вариантов защиты бетона является напыление материалов на полиуретановой основе (полимочевина, полиуретановая мастика и пенополиуретан), такие покрытия обладают большой прочностью и стойкостью к воздействию окружающей среды.

Технология ремонта с установкой водонепроницаемого экрана на основе мастики Гипердесмо. Мастика Гипердесмо – это однокомпонентная полиуретановая текучая масса, которая полимеризуется под воздействием атмосферной влаги. Полимеризовавшись Гипердесмо, образует прочную эластичную пленку с качественной адгезией к основаниям разной природы.

Восстановление производится в два этапа:

1. Устранение дефектов бетонного покрытия;
2. Нанесение мастики Гипердесмо с помощью аппаратов безвоздушного нанесения.

Распыление мастики производят с помощью аппаратов безвоздушного нанесения HydraPro Super или другим аналогичным. Такие аппараты основаны на распылении материала под высоким давлением через сопла. При выходе из сопла материал создает факел из распыляемого материала и обеспечивает равномерное нанесение материала на поверхность.

Основными элементами аппаратов являются:

- Двигатель;
- Насос;
- Шланги;
- Краскопульт.

Мастика наносится на подготовленную поверхность с расходом 0,6-0,8 кг/м² в три слоя, время полимеризации зависит от температуры окружающей среды, время полимеризации перед нанесением следующего слоя составляет 6-24 ч, время полной полимеризации – 7 суток [5].

Вывод. В работе рассмотрены причины разрушения железобетонных конструкций. На основании анализа дефектов, возникающих в железобетонных элементах во время эксплуатации гидротехнических сооружений на реке Кузьминка, расположенной в Санкт-Петербурге, предложена технология ремонта каверн в железобетонных конструкциях с использованием современных методов и материалов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бойко М.Д. Диагностика повреждений и методы восстановления эксплуатационных качеств зданий. – Л.: Стройиздат, 1975. – 176 с.
2. Овчинникова, А.Н. Маринин, И.Г. Коррозия и антикоррозионная защита железобетонных мостовых конструкций // Наукоеведение. – 2014. – №5 (24).
3. Кириллов В.С. Эксплуатация и реконструкция мостов и труб на автомобильных дорогах. – М.: Наука, 1971. – 196 с.
4. МГСН 2.08-01. Защита от коррозии бетонных и железобетонных конструкций жилых и общественных зданий.
5. Мастика Гипердесмо. URL: http://membranakrov.ru/nanesenie_mastiki_giperdesmo_appara (дата обращения: 25.03.2021).

УДК 622.242.4

Д.Д. Онучина, А.С. Большев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ СПБУ НА ДОННОМ ГРУНТЕ

Цель работы – определение максимальной силы задавливания опоры самоподъемной буровой установки (СПБУ) в донный грунт и проверка устойчивости с помощью программных комплексов (ПК) «PLAXIS 2D» и «Anchored Structures».

В последние годы информационные технологии (ИТ) позволяют рассчитать большое количество параметров, что позволят точно посчитать необходимое значение или критерий. С помощью ИТ можно посчитать нагрузки на сооружение, устойчивость, прочность, и т.д. В данной статье рассмотрены и определены основные нагрузки для расчетов устойчивости платформы на сдвиг и просадку основанные на данных из различных нормативных документов, действующих на территории Российской Федерации.

В статье рассмотрена СПБУ «Energy Endeavour», опоры которой имеют шестигранные башмаки с пятой, предназначенной для консолидации грунта под башмаком. Для расчетов устойчивости башмаков на сдвиг и просадку в донном грунте был использован программный комплекс «PLAXIS 2D». Конструкция башмаков была разделена на две части и упрощена [6].

В ходе работы в ПК «PLAXIS 2D» были смоделированы: донный грунт до глубины 30 м, опорный башмак СПБУ (рис. 1), горизонтальные и вертикальные нагрузки на опору. Было выбрано три варианта вертикальной нагрузки для проверки устойчивости [2]:

1. Собственный вес без балласта (122 МН);
2. Собственный вес + ½ балласта (122+48 МН);
3. Собственный вес + полностью заполненные балластные цистерны (122 + 96 МН).

Далее были вычислены максимально возможные перемещения от вертикальных и горизонтальных нагрузок и реакции грунта от них (таблица 1).

Таблица 1 – Перемещения и реакции грунта от вертикальных и горизонтальных нагрузок на башмак

Вариант нагрузки	Нагрузка, МН	Полная реакция грунта, МН	Смещение опоры, м	Жесткость грунта, МН/м
Вертикальные нагрузки				
Собственный вес без балласта	122	1,25	0,45	2,77
Собственный вес + ½ балласта	170	1,57	0,57	2,75
Собственный вес + полностью заполненные балластные цистерны	218	1,88	0,68	2,75
Горизонтальные нагрузки				
Начальное максимальное значение	95	0,51	0,00877	58,15

Был выбран третий вариант нагрузки, для того, чтобы в дальнейшем использовать балластные цистерны и предотвратить дальнейшую просадку грунта под опорными башмаками.

Так же был произведен расчет внешних нагрузок в ПК «Anchored Structures». Так как расчет СПБУ на упругом основании в ПК «Anchored Structures» не предусмотрен, то для моделирования поведения платформы от нагрузок под опорными башмаками платформы и сбоку от башмаков устанавливались отбойные устройства, представленные на рисунке 2 (4 горизонтальных и 1 вертикальный на каждый башмак), имитирующие реакцию донного грунта на смещение платформы. Жесткость башмаков была предварительно найдена в ПК «PLAXIS 2D» (для вертикальных отбойных устройств – 2,77 МН/м, для горизонтальных – 58,15 МН/м) [3].

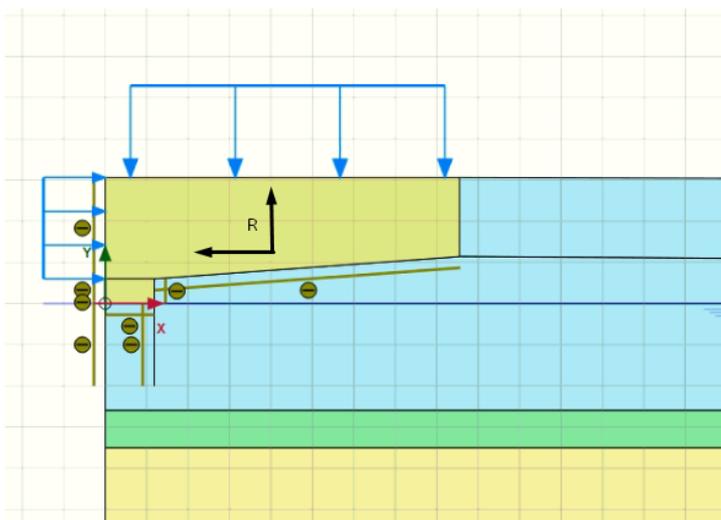


Рис. 1. Конструкция опорного башмака и верхние слои грунта в ПК «PLAXIS 2D»

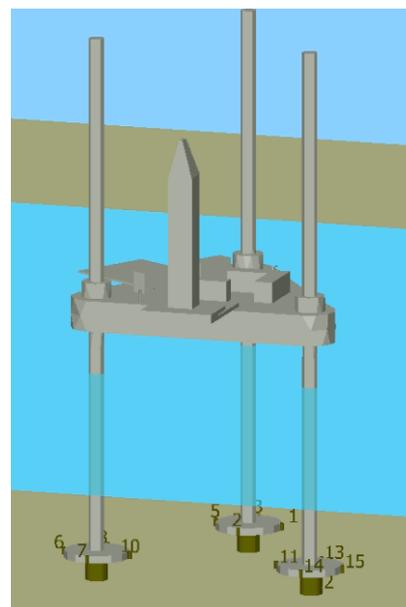


Рис. 2. 3D-вид платформы с отбойными устройствами в ПК «Anchored Structures»

При опирании платформы на донный грунт производятся расчеты прочности и устойчивости конструкции всего сооружения с учетом верхнего строения при различных колебаниях динамических нагрузок. После этого производится сброс балласта и дальнейшее упрочнения грунта не производится. Расчет производится с учетом неблагоприятных сочетаний нагрузок и соответствующих им усилий, а также были рассмотрены наихудшие комбинации веса понтона в зависимости от состояния загрузки СПБУ и суммарной силы в зависимости от направления экстремальных внешних воздействий [1].

В результате расчета в ПК «Anchored Structures» на внешние нагрузки получили, что суммарные горизонтальные нагрузки на сооружение составили 69 МН, вертикальные, с учетом заполнения балластных цистерн на 85% – 185 МН. В ПК «Anchored Structures» была рассчитана гидродинамическая характеристика волн, действующих на конструкцию. По розе повторяемости ветров были выбраны наиболее вероятные направления ветра, и были заданы значения шторма, а после этого найден наихудший вариант, который был включен в общую нагрузку на сооружение.

После сбора нагрузок была рассчитана устойчивость на сдвиг и просадку.

1. Устойчивость на сдвиг:

$K_{sh} = 1,6 \geq 1,5$ – проверка устойчивости на сдвиг пройдена.

2. Устойчивость на задавливание:

$K_{sub} = 1,17 > 1,05$ – проверка на просадку пройдена.

Программные комплексы «PLAXIS 2D» и «Anchored Structures» предназначены для статического и динамического анализа и моделирования поведения грунта морских объектов, и достаточно часто применяются для научно-технического обоснования проектов морских сооружений. Функциональные возможности данных ПК позволяют определить поведение моделируемого объекта под действием различных внешних нагрузок. Таким образом в работе определены максимальные нагрузки для проверки устойчивости.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок (ПБУ) и морских стационарных платформ (МСП), Морской Регистр, 2018.
2. Морские инженерно-геологические изыскания в пределах «Южно-Русского» лицензионного участка (для разработки проектной документации на строительство поисково-оценочной скважины «Мадагаская-1. Технический отчет. Книга 2. Том 1. Текстовая часть. ОАО «МАГЭ», 2014. – 217 с.
3. Большев А.С, Фролов С.А., Кутейников М.А. Математическое моделирование поведения морских плавучих объектов в программном комплексе «Anchored Structures». Научно-технический сборник РМРС, вып. 36, 2013.
4. СП 38.13330.2018 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82*
5. Болдырев Г.Г. Методы определения механических свойств грунтов. Состояние вопроса [Текст]: монография / Г.Г. Болдырев. – Пенза: ПГУАС, 2008. – 696 с.
6. PLAXIS. 2D, V.11. Руководство пользователя.
7. Официальный русскоязычный сайт программного комплекса PLAXIS. – Режим доступа: <http://www.PLAXIS.ru>
8. Альхименко А., Большев А., Тучков А., Фертман И. Информационные технологии как ключевой элемент при подготовке нового поколения инженеров-строителей. САПР и графика. 2002. № 12. С. 70-73.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ПОСТАНОВКИ ПОЛУПОГРУЖНОЙ
БУРОВОЙ УСТАНОВКИ «SONGA VENUS» В ОХОТСКОМ МОРЕ

Цель работы – определение граничных условий для расчета системы якорного позиционирования полупогружной буровой установки «Songa Venus» и методов ее раскрепления.

Необходимость определения оптимальных условий постановки обусловлена безопасностью её эксплуатации, поскольку при несоблюдении различных норм и правил возрастает вероятность чрезвычайных происшествий и аварий на сооружении.

В данной статье рассмотрены и определены основные параметры для необходимых расчетов, граничные условия для постановки и эксплуатации полупогружной буровой установки «Songa Venus», опирающиеся на данные из различных нормативных документов, действующих на территории Российской Федерации.

Полупогружная буровая установка «Songa Venus» является разведочной платформой для определения наличия полезных месторождений в море (рис. 1).

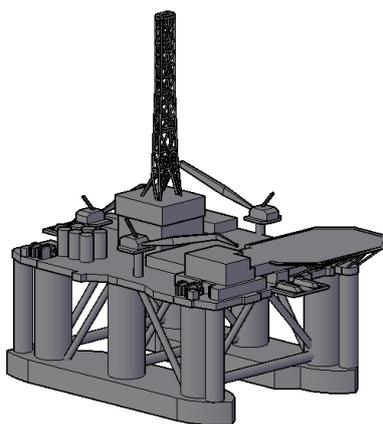


Рис. 1. Вид полупогружной буровой установки «Songa Venus» в программе Autocad

У платформы есть нижнее строение, которое состоит из двух водоизмещающих понтонов, шести стабилизирующих колонн и распорок для усиления прочности конструкции, и есть верхнее строение, на котором расположено всё необходимое для бурения оборудования. Длина нижних понтонов составляет 79,25 м, ширина доходит до 19,53 м. Форма понтона в профиле имеет сигарообразную форму для более благоприятной ходкости установки. Высота и диаметр колонн составляет 25,87 м и 9,73 м соответственно.

Таблица 1 – Основные параметры платформы «Songa Venus»

Наименование величины, размерность	Режим эксплуатации	Режим выживания
Масса корпуса платформы, т	13523	
Длина платформы, м	79,25	
Ширина платформы, м	62,44	
Ширина понтонов, м	19,53	
Высота платформы (с буровой вышкой), м	31,99 (99,56)	
Осадка платформы, м	13,72	18,29
Клиренс платформы, м	13,70	18,30
Водоизмещение, м ³	22183	18856

В статье рассмотрены ограничения для полупогружных буровых установок, предназначенных для освоения нефтегазовых месторождений на континентальном шельфе. На место бурения его транспортируют с помощью судов-буксиров.

Установка платформы на проектное место происходит согласно требованиям «Правил разработки и проведения морских операций» Российского морского регистра судоходства [2].

Система позиционирования представляет собой якорную систему с гибкими якорными связями [3]. При постановке сооружения на проектную точку используются специальные суда-снабженцы, которые друг за другом сбрасывают якоря на проектных точках якорей. Количество якорей и длина связей определяется моделированием. Предположительно использование 8 якорей.

Для постановки сооружения на место бурения необходимо определить узловые точки, после чего с помощью навигационно-гидрографического оборудования, установленного как на полупогружной буровой установке, так и на буксирах вывести сооружение на место постановки, после чего начинается завозка якорей с помощью судов-снабженцев. Пока один буксир выводит якорь на точку установки, второй удерживает платформу над местом постановки. После установки первого якоря второй буксир вывозит второй якорь на место установки, и так якорь за якорем. После того, как все якоря установлены на свои проектные точки, ППБУ регулирует с помощью якорных лебёдок натяжения связей, а также заполняет отсеки балластов, выводя сооружение в проектное состояние.

Нагрузки на отдельные конструкции, возникающие при буксировочных операциях ПБУ, определяются двумя составляющими: постоянной, зависящей от скоростей движения установки относительно воды и ветра; переменной, зависящей от волнения и относительных перемещений буксира и установки, обусловленных качкой на волнении. При буксировке крупногабаритных элементов ПБУ необходимо учитывать собственный момент инерции элемента. Допускаемые внешние условия устанавливаются проектантом и подлежат согласованию с Регистром. Выполняется расчет прочности конструкции на соответствующие данному режиму нагрузки [4].

В качестве критериев удержания приняты требования к коэффициентам безопасности по нагрузкам в якорных связях, приведенные в [1].

Таблица 2 – Предельно допустимые угловые перемещения и коэффициенты запаса прочности связей

Режим	Предельное горизонтальное смещение, м	Предельный параметр качки, град	Коэффициент запаса прочности связей	
			Статический метод	Динамический метод
Эксплуатация	5-6 % глубины акватории	2	$\geq 2,7$	$\geq 2,0$
Выживание	–	10	$\geq 1,8$	$\geq 1,5$

Также, необходимо обеспечить неподвижность удерживающих якорей для каждого режима работы (коэффициент запаса по распору в режиме выживания должен быть не меньше 1 по отношению к держащей силе якоря, в режиме эксплуатации – не менее 1,8).

Помимо этого, должна быть обеспечена неподвижность якорей во всех режимах работы плавкрана (коэффициент запаса по распору в режиме выживания должен быть не меньше 1 по отношению к держащей силе якоря, в режиме эксплуатации – не менее 1,8).

Математическое моделирование поведения объекта при воздействии внешних нагрузок (волнение, течение, ветер) нужно производить с помощью специализированного программного комплекса «Anchored Structures», разработанного группой научных сотрудников Санкт-Петербургского политехнического университета и имеющего действующий сертификат Российского Морского Регистра Судоходства № 17.00429.314 от 27.03.2017 [5].

В соответствии с Правилами Регистра [7] расчет нагрузок необходимо выполнять для двух режимов:

1. Рабочий режим – постоянные и переменные нагрузки, вызываемые воздействием окружающей среды, соответствующие такой интенсивности, при которой возможно выполнение платформой основных функций
2. Режим выживания – экстремальными переменными нагрузками считаются вероятные из возможных максимальных внешних нагрузок, воздействующих на ПБУ за весь период эксплуатации.

Таблица 3 – Расчетные параметры скорости ветра

T, лет	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Интервал осреднения – 1 час								
1	22,0	21,2	22,0	21,2	18,4	17,7	20,5	22,8
5	25,9	25,2	25,5	24,6	22,0	21,3	23,9	26,2
10	27,5	26,9	27,0	26,0	23,5	22,9	25,4	27,7
25	29,7	29,1	29,0	28,0	25,6	25,0	27,3	29,7
50	31,4	30,8	30,6	29,4	27,1	26,5	28,8	31,2
100	33,1	32,5	32,1	30,9	28,7	28,1	30,3	32,7

По таблице 3 составляется роза ветров Охотского моря. Значения берутся для 10-летней периодичности, так как именно на такую периодичность необходимо рассчитывать разведочные буровые установки.

Остальные нагрузки необходимо направлять при математическом моделировании в сторону северо-запада, чтобы нагрузки складывались. Таким образом мы получим наиболее неблагоприятный исход, на который и рассчитывается сооружение.

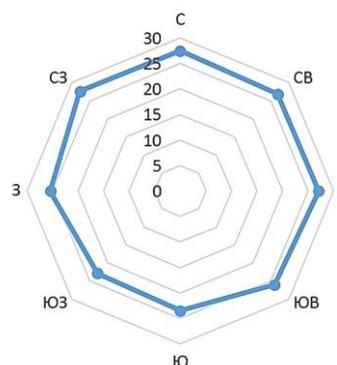


Рис. 2. Роза ветров Охотского моря

На основании проведенного анализа в работе определены размеры сооружения, способ постановки сооружения на проектные значения, определена система закорения данного сооружения и, также, критерии для его удержания. Также, рассмотрены расчётные случаи для математического моделирования сооружения. Результаты работы могут быть использованы для решения аналогичных задач, связанных с постановкой плавучих сооружений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок (ПБУ) и морских стационарных платформ (МСП). Морской Регистр, 2018.
2. Правила разработки и проведения морских операций, Морской Регистр, 2017.
3. Кульмач П.П. Якорные системы удержания плавучих объектов (Вопросы статики и динамики плавучих сооружений на якорях). Судостроение, 1980, р. 336.
4. НД № 2-020201-015. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ, 2018
5. Большев А.С, Фролов С.А., Кутейников М.А. Математическое моделирование поведения морских плавучих объектов в программном комплексе «Anchored Structures». Научно-технический сборник РМРС, вып. 36, 2013.
6. СП 11-114-2004. Инженерные изыскания на континентальном шельфе для строительства морских нефтегазопромысловых сооружений
7. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок (ПБУ) и морских стационарных платформ (МСП). Российский морской регистр судоходства, 2014.

ЗАЩИТА ОСНОВАНИЙ ШЕЛЬФОВЫХ СООРУЖЕНИЙ ОТ РАЗМЫВА

Цель работы – оценка конструкций защиты стационарных шельфовых сооружений на основании анализа размывающего действия волн и течений на искусственные острова и гравитационные платформы.

При проведении исследования учитывались природные условия в районе месторождения, расположенного в Обской губе, с глубиной 5,7 м; расчетными максимальными скоростями суммарных течений, возможными один раз в сто лет – 0,94 м/с (на поверхности); 0,79 м/с (у дна) и высотой волн 1% обеспеченности повторяемостью 1 раз в 100 лет – 2,53 м.

Для обустройства шельфовых месторождений могут использоваться различные типы сооружений, на которых размещается буровое и другое оборудование [3, 5, 6]. В данной статье рассматриваются вопросы, связанные с проектированием искусственных грунтовых островов и стационарных гравитационных платформ.

Искусственные острова – это стационарные гидротехнические сооружения, расположенные, как правило, на относительно небольших глубинах (обычно до 10-15 м) и расстояниях от материка (не более 10 км). В большинстве случаев искусственные острова не имеют непосредственной связи с берегом.

В конструктивном плане грунтовые острова состоят из ограждения и тела, которое может быть образовано намывом или засыпкой [6]. Ограждающая конструкция имеет два основных варианта решения – она или гравитационная, или свайная (из шпунта).

Стационарные платформы являются альтернативой искусственным островам для проведения разведочного и эксплуатационного бурения, размещения объектов нефтяных или газовых промыслов, ветроэнергетических установок, вертолетных площадок и т.п. По конструкции выделяют гравитационные с корпусом-понтонем, выступающим над водой; с опорными колоннами на подводном фундаменте блоке; на погружном понтоне.

Основными видами внешних воздействий на шельфовые сооружения являются волновые и ледовые нагрузки. Все сооружения рассчитываются на данные виды нагрузок в процессе проектирования. Выбор типа опорных конструкций и проверку общей устойчивости проводят с учетом возможности общего размыва в месте строительства сооружений и местного размыва у их опор [2, 9, 10]. В данной статье анализируются проблемы, относящиеся только к местным размывам.

У всех типов рассматриваемых в статье стационарных сооружений, элементом, воспринимающим размывающие нагрузки, является вертикальная или наклонная поверхность, прямолинейная или изогнутая в плане.

Если донные скорости у основания сооружения и, соответственно, величины местного сдвигающего давления становятся больше пороговых для начала движения наносов, размыв будет продолжаться до тех пор, пока сдвигающие давления внутри воронки размыва не станут опять меньше предельных значений. Воронки размыва быстро увеличиваются в размерах при воздействии потока с размывающими скоростями.

Достаточно сложным является вопрос выбора параметров размывающего воздействия при одновременном волнении и течении в месте расположения объекта. Влияние волнения обычно превосходит влияние течения при небольшой глубине воды. Имеются рекомендации для однонаправленного действия волн и течений, в этом случае происходит несущественное увеличение площади и глубины размыва.

Современный опыт строительства сооружений в мелководных районах шельфа, и имеющаяся нормативная база явно недостаточны для обоснованного выбора мероприятий по защите оснований сооружений от местного размыва.

Разнообразие рассматриваемых форм конструкций, недостаточная полнота публикуемых данных, различия и противоречия в методике исследований не позволяют обобщить результаты вышеназванных работ с целью получения достоверных инженерных рекомендаций.

Обзор и анализ научно-технической литературы показывают, что проблема оценки параметров местных размывов не имеет строгого теоретического решения даже для простых случаев и все известные работы базируются в основном на данных экспериментальных, главным образом лабораторных, исследований, и применении методов теории подобия и размерностей [1, 9, 10].

В технической литературе представлены различные подходы к классификации мероприятий по защите от размыва дна и оснований шельфовых сооружений [1-3, 8]:

1. По воздействию на водные потоки и перемещение наносов в районе расположения платформы – не воздействующие (пассивные) и воздействующие (активные) на них.

2. По размещению относительно основных сооружений:

- распространяющиеся по поверхности дна на определенной площади (гранулированные материалы; гибкие системы; покрытия из мешков, матрасов, габионов; плиты, шарнирно соединенные с основным сооружением и т.п.);
- распространяющиеся вдоль вертикальной оси («юбки»; шатровая защита и перфорирование стенок; изменения формы корпуса).

3. По использованию материалов: природных (камень); искусственных (бетонные блоки); смешанных (мешки с песком, габионы с камнем и т.п.).

4. По связям с основным сооружением.

В рассматриваемом случае обустройства месторождения в Обской губе предпочтительным является применение традиционного способа защиты из каменной наброски. В данном проекте варианты сооружений предусматривают замену части естественных слабых грунтов и, следовательно, предлагается схема наброски, изображенная на рис. 1.

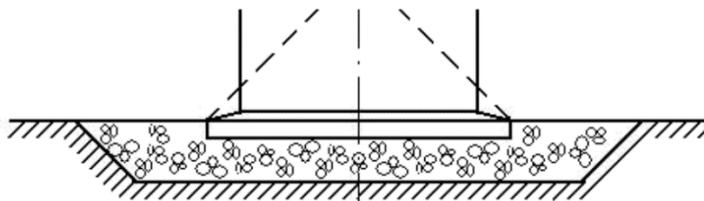


Рис. 1. Схема защиты дна у сооружений месторождения в Обской губе

Крупность материала и толщина слоя наброски зависят от выбора одной из двух возможных концепций защиты от размыва:

- крупность наброски подбирается из условия неподвижности верхнего слоя (отсутствие размыва) при воздействии волн и течений с расчетными параметрами редкой повторяемости (например, 1 раз в 50 или 100 лет); крупность материала при этом максимальная;
- крупность наброски подбирается из условия допущения размыва верхнего слоя на заранее заданную глубину при шторме или течении заданной повторяемости; при этом должно быть предусмотрено периодическое пополнение защитного слоя наброски в период эксплуатации сооружения.

Выбор вариантов крупности материала и толщины слоя защитной наброски определяется технико-экономическими расчетами.

В расчетах при обосновании неподвижности защитного слоя (первая концепция) были получены максимальные значения донных скоростей у основания откосного сооружения при глубинах $V_{b,max} = 1,42$ м/с. Для оценки максимально возможных размывающих воздействий на основание сооружения произведем суммирование донных скоростей, вызванных однонаправленным действием волнения и течения

$$V_{\Sigma} = V_{b,max}^T + V_{b,max}^B = 1,42 + 0,79 = 2,21 \text{ м/с.}$$

Требуемая крупность верхнего слоя наброски в соответствии с рекомендациями [4, 7] составит 0,18 м. Толщина защитного покрытия с учетом обратного фильтра принимается равной не менее 1,0 м (непосредственно у объекта толщина покрытия составляет не менее 3,0 м, учитывая заглубление основания в дно, и ее размер зависит от обеспечения общей устойчивости сооружения). Общая площадь защиты в представленном примере составит около 5 тыс. м² (рис. 2).

Вывод. В результате проведенного исследования обоснован тип и параметры конструктивного решения для защиты оснований стационарных шельфовых сооружений, расположенных в Обской губе, в виде традиционного решения с использованием каменной наброски.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Беляев Н.Д. Защита оснований ледостойких платформ от размыва. Предотвращение аварий зданий и сооружений: Сб. науч. тр. Выпуск №8. М., 2009. с. 228-236.
2. Беляев Н.Д. Инженерные методы предотвращения размыва дна от работы судовых движителей. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – СПб, 1999.
3. Беляев Н.Д., Лебедев В.В., Нуднер И.С., и др. Выбор мероприятий по защите от размыва оснований гравитационных платформ для освоения шельфа. Инженерно-строительный журнал. № 3 (55), 2015, с.: 79-88.
4. ВСН 80-80. Инструкция по проектированию откосных и сквозных оградительных сооружений и специальных подводных стендов / Минобороны. М.: ГИУ ВМФ, 1981.
5. Макаров К.Н. Искусственные островные сооружения на Черноморском побережье России. Труды Межд. конф. Создание и использование земельных участков на берегах и акватории водоёмов. Новосибирск, 2009 г, с.31-37.
6. Морские гидротехнические сооружения на континентальном шельфе / Г.В.Симаков, К.Н.Шхинек, В.А.Смелов и др. – Л.: Судостроение, 1989.
7. СП 38.13330.2012. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82*
8. Belyaev N.D. Review of protection methods against propeller erosion. Proceedings of IV international seminar on renovation and improvements to existing quay structures. 1997. pp. 5-12.
9. Gaydarov N.A., Zakharov Y.N., Ivanov K.S., et al. Numerical and experimental studies of soil scour caused by currents near foundations of gravity-type platforms. Proceedings of the International Conference on Civil Engineering, Energy and Environment (CEEE 2014). 2014. pp. 190-196.
10. Semenov K.K., Lebedev V.V., Nudner I.S., et al. Impact of waves and currents on the soil near gravity-type offshore platform foundation: numerical and experimental studies. Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference. 2015. pp. 807-814.

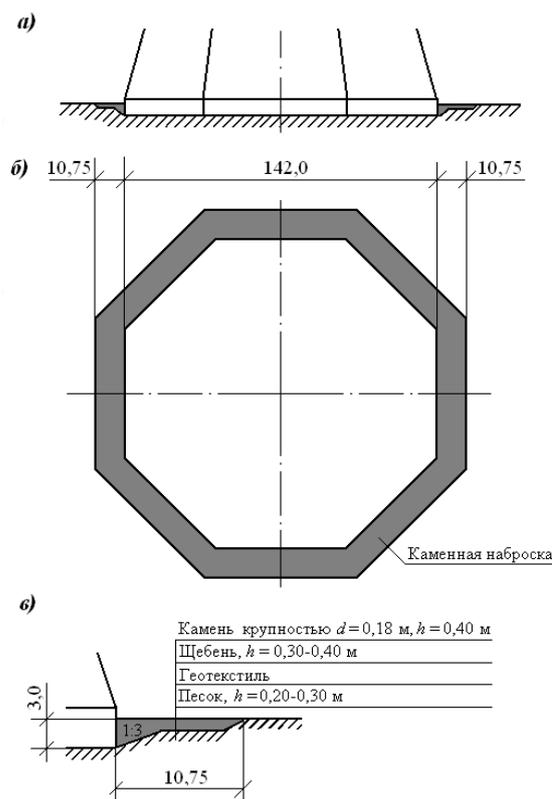


Рис. 2. Предлагаемая схема защиты от размыва:
а – общий вид; б – план; в – разрез

ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НА СЕЙСМИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ В PLAXIS 2D

Целью работы является определение и описание процесса расчета сооружений 1 и 2 категорий ответственности на сейсмические воздействия по акселерограммам, т.е. нелинейным динамическим методом, в программном комплексе PLAXIS 2D.

Акселерограммы используются для ответственных сооружений, но при их применении чаще всего получаются значения параметров НДС выше, чем при расчете по нормам. Это связано с тем, что:

- нормативный спектральный коэффициент динамичности норм соответствует среднему значению из нескольких акселерограмм;
- в нормах используется коэффициент редукции, косвенно учитывающий неупругую работу сооружения;
- расчет по акселерограммам без учета нелинейной работы материала конструкций даст заведомо завышенный результат.

Для задания граничных условий при сейсмическом нагружении выбирается опция *Standard earthquake boundaries* (стандартные границы при сейсмическом воздействии). При выборе данной опции программа автоматически создаёт поглощающие границы на левой и правой вертикальных границах модели, а на нижней границе задаёт горизонтальные перемещения равные 0,01 м (что соответствует размерности принятой акселерограммы – см/с²) и вертикальные, равные нулю.

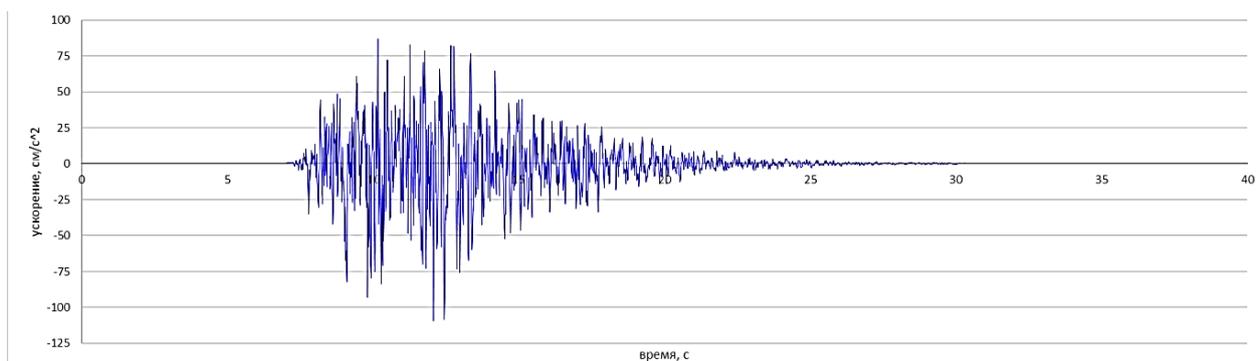


Рис. 1. Акселерограмма землетрясения Z2 на условной скале

Для исключения влияния граничных условий при динамических расчетах (тип *Dynamic*) на сейсмическое воздействие размеры схемы значительно увеличены в сравнении с расчетными схемами, создаваемыми только для статических расчетов.

Коэффициенты Ньюмарка для сейсмических воздействий, являющихся затухающими процессами, приняты равными $\alpha = 0,3025$; $\beta = 0,600$ по Руководству пользователя PLAXIS 2D [4].

В рассматриваемой модели при расчёте на сейсмическое воздействие считается, что сейсмические волны подходят к границам под прямым углом, поэтому в соответствии с Руководством пользователя PLAXIS 2D [4] граничные коэффициенты релаксации $C1$ и $C2$ принимаются равными 1,00.

Поскольку расчёт выполняется на уровне проектного землетрясения соответствующего повторяемости землетрясения 1 раз в 100 лет [3], а принятая акселерограмма соответствует повторяемости землетрясения 1 раз в 500 лет, то она корректируется коэффициентом приведения, равным 0,72. Величина коэффициента приведения определена исходя из п. 8.4.5 СП 14.13330.2014 [5] как произведение двух следующих коэффициентов:

- 0,80 – коэффициент принят по формуле (20) для безнапорных сооружений;
- 0,90 – коэффициент принят для сооружений, чей срок службы не превышает 50 лет.

Так как глубина воды у сооружения менее 10,00 м сейсмическое давление воды на сооружение согласно п. 8.4.27 [5] допускается не учитывать.

Потери (диссипация) энергии колебаний описываются в программе с использованием коэффициентов демпфирования по Рэлею (α и β), отражающих инерционное и конструкционное демпфирование соответственно: матрица демпфирования состоит из двух слагаемых – одно пропорционально матрице масс, другое пропорционально частоте колебаний (ИСО 3010, приложение Н [2]).

Коэффициенты демпфирования по Рэлею (α и β) предполагается определять двумя парами заданных круговых частот ω и соответствующих им коэффициентов демпфирования (затухания) ζ :

$$\alpha = \frac{2\omega_1\omega_2(\xi_1\omega_2 - \xi_2\omega_1)}{\omega_2^2 - \omega_1^2} \text{ и } \beta = \frac{2(\xi_2\omega_2 - \xi_1\omega_1)}{\omega_2^2 - \omega_1^2}.$$

Как правило, данные о коэффициентах демпфирования отсутствуют, данный вопрос предполагается решать экспериментальным путем натуральных и крупномасштабных исследований элементов строительных конструкций [1, с. 29, 228] и лабораторных исследований грунта (СП 23.13330.2018, п. 5.4; П 01–72 [6]).

Согласно рекомендациям по проектированию гидротехнических сооружений в сейсмических районах (п. 8.4.7 [5]), при отсутствии экспериментальных данных о реальных величинах параметров затухания в расчетах сейсмостойкости допускается применять значения коэффициентов затухания (или относительной диссипации энергии) ξ , не превышающие:

- 0,05 – для бетонных и железобетонных сооружений;
- 0,08 – для скальных пород оснований;
- 0,12 – для полускальных и нескальных грунтов оснований.

Основываясь на зависимости круговой частоты $\omega = 2\pi f$, коэффициенты α и β с достаточной степенью надежности могут быть найдены исходя из $\xi_1 = \xi_2 = \xi_{\min}$. Принятый консервативный прием обеспечивает выполнение условия, когда значения коэффициента ξ , соответствующего коэффициентам α и β , в выбранном характерном диапазоне частот землетрясения не более ξ_{\max} . Концепция выбора значений коэффициентов α и β в заданном диапазоне частот при известном коэффициенте демпфирования ξ приведена на рис. 2.

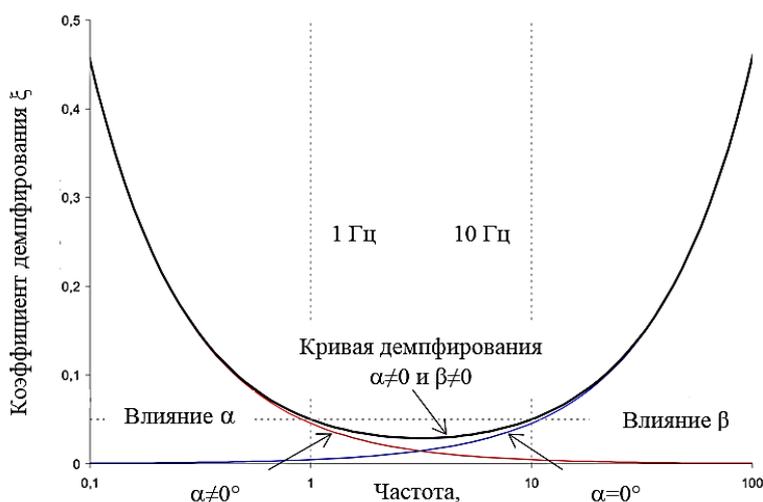


Рис. 2. Зависимость затухания при использовании матрицы пропорционального (рэлеевского) затухания

Результаты расчета сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Коэффициенты демпфирования

Наименование	α	β
Железобетонные конструкции (ростверк, сваи) при $\xi \leq 0,05$	0,57	0,0014
Основание из нескальных грунтов и каменная постель $\xi \leq 0,12$	1,37	0,0035
Скальный грунт $\xi = 0,08$	0,91	0,0023

Из анализа вышеприведенного графика можно сделать вывод, что примененный метод расчета коэффициентов обеспечивает осторожную нижнюю оценку диссипации; найденные значения коэффициентов согласуются с данными по аналогичным конструкциям.

Число Dynamic sub steps (динамических подшагов) для расчета сооружения в программе Plaxis 2D Classic на сейсмическое воздействие с применением акселерограммы землетрясения определено по формуле

$$n_{д.п} = \frac{X}{100} \times 10 = \frac{2500}{100} \times 10 = 250,$$

где 100 – число Additional steps (дополнительных шагов) в текущей фазе расчета (значение по умолчанию); 10 – коэффициент учащения, учитывающий необходимость расчета в интервале между расчетными точками; X – количество расчетных значений на акселерограмме, определяемое по формуле:

$$X = \frac{T}{t} = \frac{25,0}{0,01} = 2500,$$

где T – общее время расчетного землетрясения по акселерограмме, с; t – интервал времени, при котором фиксируются значения ускорений по акселерограмме, с.

Для обеспечения корректного расчёта абсолютных деформаций выполняется балансировка акселерограммы.

В работе были рассмотрены коэффициенты, описывающие основные характеристики расчета сооружения на сейсмическую нагрузку в программном комплексе Plaxis 2D, а также описан метод их определения с использованием современной нормативной литературы. Так же приведен способ описания потери энергии колебаний с использованием коэффициентов демпфирования по Рэлею.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бирбраер А.Н., Шульман С.Г. Прочность и надежность конструкций АЭС при особых динамических воздействиях. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 304 с.
2. ИСО 3010 Основы расчета конструкций – Сейсмические воздействия на конструкции. Второе издание, 2001.
3. СТП ВНИИГ 210.02.НТ-04. Методические указания по проведению анализа риска аварий гидротехнических сооружений. ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», 2-е издание / Под ред. Е.Н. Беллендира, Н.Я. Никитиной, 2005.
4. Руководство пользователя PLAXIS 2D, 2012
5. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах.
6. СП 23.13330.2018. Основания гидротехнических сооружений.

ПРИЧАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС В ЛАХТИНСКОЙ ГАВАНИ

Цель работы – разработка конструктивной схемы причального сооружения в районе Лахтинской гавани, способной противостоять волновому воздействию и предотвращать возможную заносимость внутренней части причального комплекса.

Предполагаемый причальный фронт располагается на участке Северно-Приморской части города Санкт-Петербург в Лахтинской гавани. Для данного местоположения характерно наличие намывов и наносов слабых грунтов вдоль береговой линии. При возведении комплекса «Лахта-центр» был намыт участок (рис. 1), который предположительно повлиял на течения в Лахтинской гавани [1]. На рисунке 1 представлена схема местоположения рассматриваемого причального сооружения.

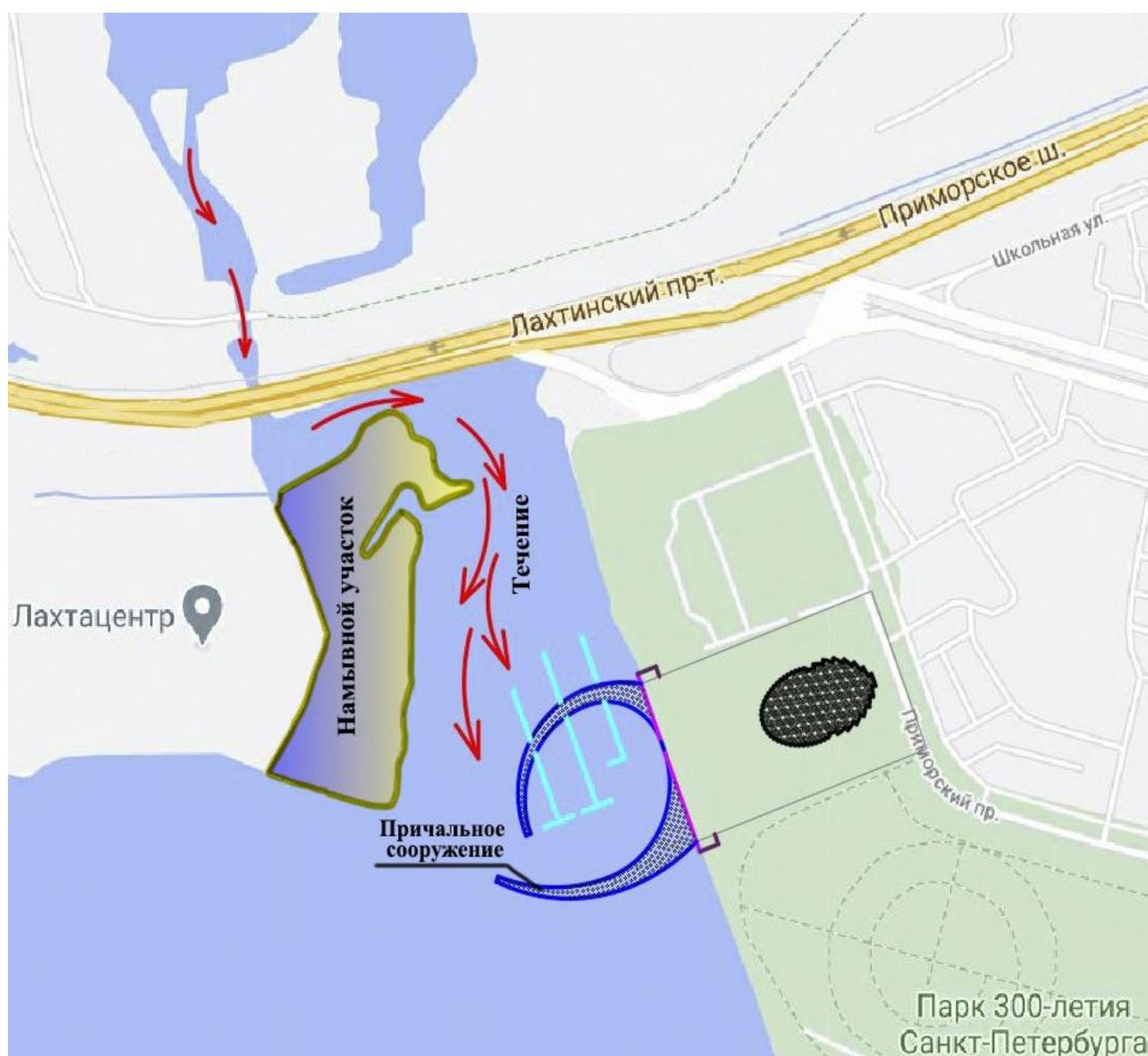


Рис. 1. Схема местоположения причального сооружения

Рассмотрено несколько концептуальных вариантов будущего сооружения:

1. Причальное сооружение с дугообразной формой сплошной внешней ограждающей стенки. Такая форма способствует уменьшению глобальной нагрузки от волн за счет достижения максимальных значений в разное время по длине ограждающей стенки. После контакта волны с внешней ограждающей стенкой причала волновой фронт не отражается в одном направлении, что помогает избежать стоячих волн в гавани.

2. Сквозное причальное сооружение на свайном основании. Незасыпная конструкция причального сооружения на свайном основании не уменьшает поперечное сечение гавани. Такое решение не ограничивает естественную циркуляцию воды. Данный тип конструкции, несмотря на отсутствие сужения эффективного поперечного сечения гавани, может быть менее эффективным из-за образования наносов внутри самого причального сооружения, а также из-за менее эффективной защиты судов внутри причального комплекса. Схема расположения основных элементов причального комплекса представлена на рисунке 2.



Рис. 2. Схема расположения основных элементов

3. Откосное оградительное сооружение. При правильном выборе размеров и характеристик, данный тип конструкции позволит минимизировать результат волнового воздействия [2]. При использовании данного варианта конструкции возможно получить величину отраженной волны близкой к минимально возможной [3]. При данной конструктивной схеме предполагается использование сортированного и несортированного камня для формирования откосов с заданным уклоном.

В результате анализа предложенных схем, помимо конструктивной составляющей, было оценено длительность строительства, влияние на окружающую среду, экономическая составляющая и внешний архитектурный вид. Засыпная конструкция из сплошной стенки представляется избыточной для восприятия существующих нагрузок. Данная конструкция в условиях слабых грунтов требует увеличенной глубины погружения шпунта и вероятной замены части слабого грунта основания, что влечет дополнительные финансовые затраты. Конструктивная схема на свайном основании может быть возведена в условиях слабых неоднородных грунтов [4] при минимальном объеме отторгаемой территории [5] и минимальном воздействии на окружающую среду, при этом обеспечивая максимальный процент полезного использования образованных причально-защитных конструкций за счет возможного оборудования вертикальных стенок для швартовки судов [6]. Конструктивная схема с использованием ограждающих сооружений откосного типа представляется нежизнеспособной, по причине отсутствия согласования архитектурного стиля с проектируемым портовым комплексом, а также по причине невозможности переоборудования защитных сооружений откосного профиля для временной швартовки судов.

Принимается конструктивная схема состоящая из свайного основания и стального ростверка.

Основной вариант конструктивной схемы причального комплекса состоит из капитальной части на свайном основании и сезонных понтонов, устанавливаемых в навигационный период. Капитальная часть включает в себя свайное основание и ростверк. Используются сваи диаметром 1,2 м и длиной 12 м. Общее количество свай – 257 шт. Средний шаг свай – 5 м. Ростверк выполняется из стальных балочных конструктивных элементов. Покрытие ростверка выполняется из древесно-полимерного композита 250 мм на 6000 мм и имеет площадь покрытия в 7083 м². Сезонные понтоны крепятся к капитальной части, второй свободный конец закрепляется якорными блоками. Для усиления волногасящего эффекта группа элементов, обладающих плавучестью, может быть, установлена в несколько рядов, а поплавки и погружные элементы в соседних рядах шарнирно соединены между собой [7]. Площадь понтонов составляет около 667 м².

Данный тип конструкции возможно возвести в сжатые сроки, он существенно не ограничивает движение воды в гавани. За счет использования конструкции вертикального профиля площадь отторженных территорий будет минимальна.

ЛИТЕРАТУРА:

1. РД 31.31.47-88 Нормы проектирования морских каналов
2. СП 38.13330.2018. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). СНиП 2.06.04-82*
3. Электронный ресурс: Информационный ресурс “slokam” ссылка: <http://www.slokam.ru/plavanie-pod-parusom/harakteristiki-techeniy-i-voln/> (дата доступа: 20.03.2020)
4. Дерябин А.С., Шарапов Д.А., Укрепление грунтов месторождения "Утреннее" методом инъектирования с поверхности ледяного покрова для постановки массивов-гигантов, Современное строительство и архитектура. 2019. № 2 (14). С. 19-25
5. Шарапов Д.А., Шарапов С.А., Проблемы вещных прав на отдельные объекты морских гидротехнических сооружений, Неделя науки СПбПУ. материалы научной конференции с международным участием, 2019. С. 164-165
6. Электронный ресурс: Информационный ресурс “lektsia” ссылка: <https://lektsia.com> (дата доступа: 20.03.2020)
7. Электронный ресурс: Информационный ресурс “findpatent” ссылка: <https://findpatent.ru/patent/270/2705903.html> (дата доступа: 20.03.2020)

ВЫБОР СТВОРА КОМПЛЕКСНОГО НИЗКОНАПОРНОГО ГИДРОУЗЛА НА РЕКЕ БАГОЕ В РЕСПУБЛИКЕ МАЛИ

Цель работы – выбор оптимального створа для комплексного низконапорного гидроузла на основе проведённых исследований.

Территория Республики Мали подвержена влиянию многих проблем, таких как: недостаток воды в засушливых регионах страны, недостаток электроэнергии для населения, растущий дефицит производственной электроэнергии, неконтролируемые наводнения. Влияние этих проблем на развитие страны может быть снижено посредством строительства гидроузла [3, 5].

В 2017 году были проведены геологические и гидрологические исследования организаций NOVEC на предмет возможности постройки комплексного низконапорного гидроузла на р. Багое. В состав планируемого гидроузла должны входить: водоподпорная плотина, здание ГЭС и водосбросные сооружения [4].

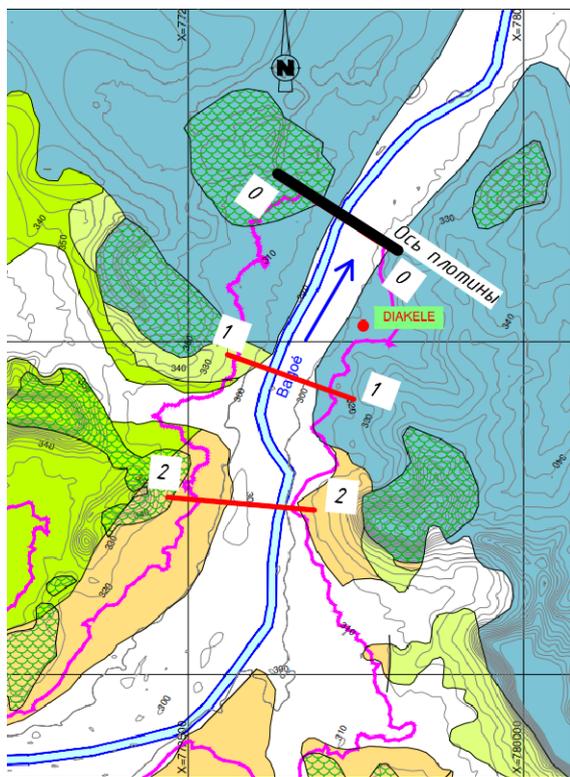


Рис. 1. Схема расположения створов

На (рис. 1). створ строительства, выбранный организацией NOVEC обозначен, как нулевой 0-0. В районе расположения данного створа находится деревня Диакеле. Поскольку деревня Диакеле попадает в зону затопления при создании водохранилища, проживающее население в ней должно быть переселено. Данный фактор является серьёзной проблемой для Республики Мали [2, 4].

На первом этапе исследований нами были намечены два дополнительных варианта местоположения створа строительства гидроузла 1-1 и 2-2.

Выбор месторасположения створов обуславливался топографическими и геологическими условиями района строительства.

Для принятия решения по назначению местоположения створа строительства на первом этапе необходимо определить площадь зеркала предполагаемого водохранилища, объем материала при возведении водоподпорной плотины и близость населенных пунктов.

Для предварительного исследования в качестве водоподпорного сооружения была принята бетонная массивная гравитационная плотина (рис. 2).

Для данной плотины проведена предварительная оценка устойчивости на сдвиг по подошве плотины по следующей формуле (нагрузки, действующие на плотину, определялись на погонный метр).

$$R > K_3 Q, \quad (1)$$

где R – обобщённые удерживающие силы; Q – обобщённые сдвигающие силы; K_3 – коэффициент запаса (для II класса капитальности $K_3 = 1,2$);

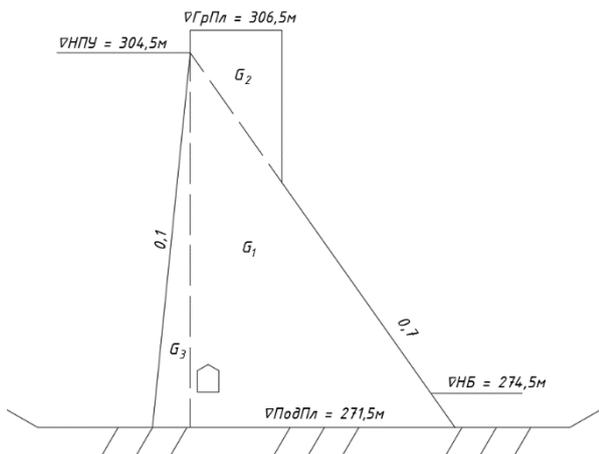


Рис. 2. Схема бетонной массивной гравитационной плотины

$$R = Nf + cF, \quad (2)$$

где N – вертикальные составляющие нагрузок; f – тангенс угла внутреннего трения грунта основания; c – сцепление грунта основания; F – площадь рассматриваемого сечения;

$N = G_1 + G_2 + G_3 + W_{вб} + W_{нб} - (u_1 + u_2)$, (3)
 где G_1, G_2, G_3 – составляющие веса погонного метра участка плотины; $W_{вб}, W_{нб}$ – давление воды на погонный метр плотины в верхнем и нижнем бьефе соответственно; u_1, u_2 – фильтрационные силы;

$$Q = (0,5H_{вб}^2\gamma_в) - (0,5H_{нб}^2\gamma_в), \quad (4)$$

где $H_{вб}, H_{нб}$ – глубина воды до расчетного сечения в верхнем и в нижнем бьефах соответственно.

Проведенные расчеты показали, что бетонная плотина устойчива против сдвига по основанию с прочностными характеристиками $f = 0,74$ и $c = 12 \text{ т/м}^3$ [1].

На рис. 3 представлены поперечные разрезы бетонных плотин по створам 1-1, 2-2. В этих створах были определены объемы бетона для подпорных плотин гидроузла по формуле

$$V_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^{n=13} S_i l_i, \quad (5)$$

где $V_{\text{общ}}$ – объем плотины; S_i – площадь поперечного сечения участка; l_i – длина участка; n – число участков;

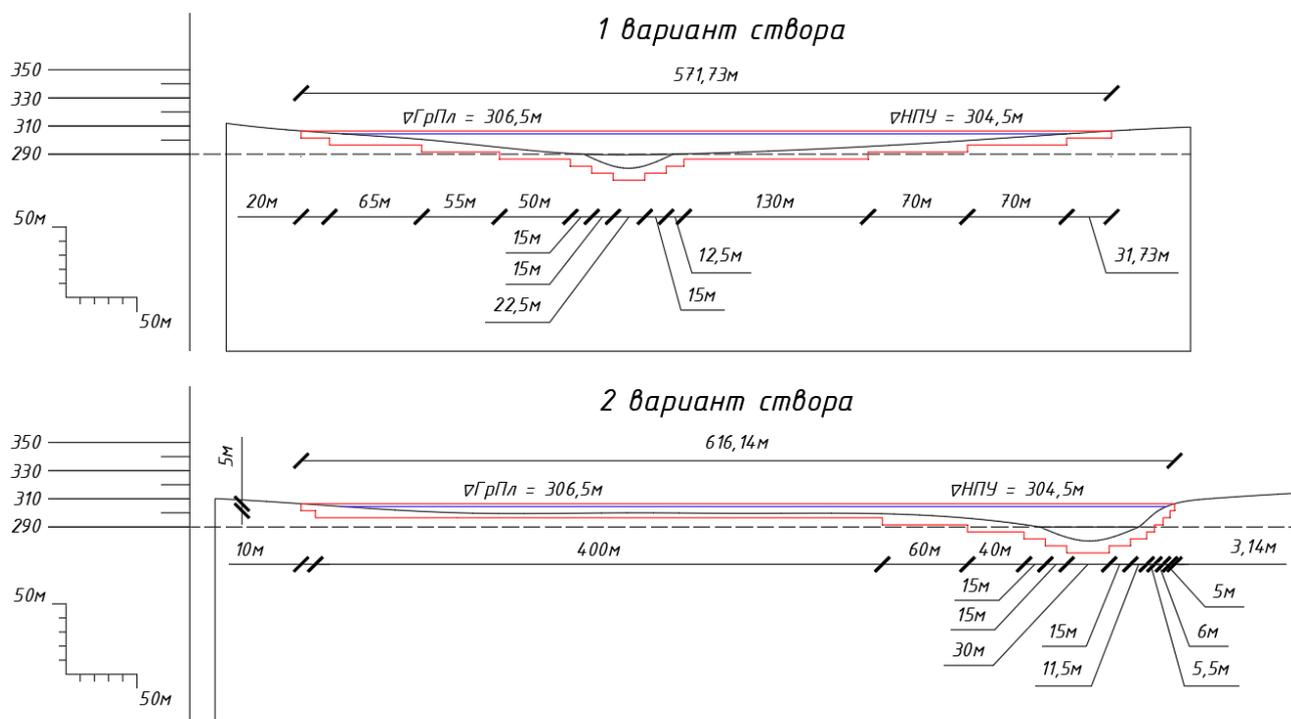


Рис. 3. Поперечные разрезы плотин по створам 1-1 и 2-2

В таблице 1 представлены значения объемов бетона по подпорным плотинам в створе 1-1 и 2-2.

Таблица 1

Номер створа	Объем бетона м ³
1-1	93884,97
2-2	84884,35

Площадь водохранилища по подсчёту NOVES в створе 0-0 составляет приблизительно 1520 км². Для страны, в которой сельское хозяйство – одна из главных сфер экономики, это величина имеет большое значение. На территориях, подлежащих затоплению, находится больше десятка деревень, жители которых занимаются преимущественно сельским хозяйством. Предложенные варианты расположения створов 1-1 и 2-2 уменьшают площадь зеркала водохранилища приблизительно на 20 км² и 40 км² соответственно [2, 4, 5].

Однако, данные варианты расположения створов позволяют жителям д. Диакеле не переезжать и сохранить привычный образ и место жизни. Более того, близкое расположение к гидроузлу положительно скажется на развитии данного поселения.

Наиболее благоприятные возможные геологические условия для строительства гидроузла соблюдаются при варианте расположении створа 0-0, однако при рассмотрении варианта расположения плотины в створе 1-1, можно увидеть, что грунты на этой территории почти не уступают по своим характеристикам, чего нельзя сказать о варианте расположения в створе 2-2.

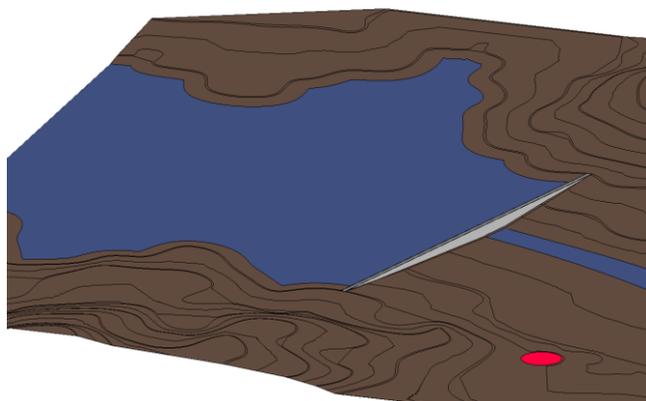


Рис. 4. Трёхмерная модель

Таким образом, в ходе работы были предложены и рассмотрены три варианта расположения створа плотины. Основываясь на полученных результатах, можно сделать вывод, что наиболее экономически выгодным вариантом расположения створа гидроузла является вариант 1-1. Так же на заключительном этапе работы была выполнена предварительная трёхмерная модель местности с возведённой плотинной (рис. 4). Для принятия окончательного решения по параметрам плотины требуется дополнительная оптимизация треугольного профиля, что может являться предметом дальнейшего исследования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бухарцев В.Н., Того И., Фролова И.Е. Конструирование и статический расчет высоких бетонных гравитационных плотин: учебно-методическое пособие, 2019
2. Арефьев Н.В., Баденко В.Л., Баденко Г.В. Методические подходы к созданию информационно-аналитических систем на базе геоинформационных технологий для поддержки управления водными ресурсами, 2007
3. Synthèse et évaluation des prévisions saisonnières en Afrique de l'Ouest Sécheresse n3, vol. 15, Septembre 2004
4. Etudes de faisabilité et d'avant projet sommaire de la centrale hydroélectrique de Bagoé II.
5. Мари́ко Сейду – Региональные особенности сельского хозяйства Республики Мали, Вестник СПбГУ, сер. 7, 2004, вып. 3.

КОНСТРУКЦИЯ ЗАЩИТЫ МОРСКИХ БЕРЕГОВ И АКВАТОРИИ
ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА

Обеспечение защиты от внешних воздействий акваторий портов, а также элементов береговой инфраструктуры городов, расположенных на морских побережьях, является задачей, решение которой имеет большое практическое значение [1]. Проектирование и строительство современных конструкций оградительных сооружений позволяет повышать экономическую привлекательность новых портов, а также осуществлять более эффективную реконструкцию уже существующих. В статье проанализирована конструкция оградительных сооружений неполного вертикального профиля, обеспечивающая гашение ветровых волн при их переливе через верхнее строение.

Проблема защиты морских берегов и акватории на временный срок (строительный период) является актуальной и не решённой в настоящее время. В литературных источниках приведено описание большого количества постоянных волнозащитных устройств, но их общий недостаток для кратковременного использования – сложность конструкций и высокая стоимость [2, 3, 9].

Необходимость защиты акватории от шторма в строительный период обусловлена невозможностью проведения морских операций при сильном волнении. Наибольшая допустимая балльность волнения и сила ветра, при котором могут работать плавучие краны, устанавливается руководителями строительной организации в зависимости от типа крана, местных условий и характера работ.

Для решения поставленной задачи на практике используются различного типа волноломы – от массивных, капитальных гидротехнических сооружений до волноломов плавучей конструкции. Данные сооружения имеют затратные экономические характеристики, не в полной мере справляются с поставленными задачами, они требуют также периодического восстановления и постоянного наблюдения за их состоянием.

Способы защиты морских акваторий сооружениями неполного профиля, через верхнее строение которых допускается перелив воды с дальнейшей трансформацией волн (изменением их основных параметров), представляют собой особый интерес для инженерной практики защиты территорий морских портов и элементов городской инфраструктуры. Такие сооружения в зависимости от условий их применения могут подвергаться воздействию как стоячих, так и разбивающихся волн. В нормативных документах отсутствуют практические рекомендации, позволяющие определять значения коэффициентов трансформации волн сооружениями данного типа [8].

Работа кранов в морских условиях на не защищенных от волнения акваториях допускается по согласованию с представителем Портнадзора и при наличии дежурного буксира необходимой мощности для своевременного отвода плавкрана в безопасное от шторма место.

На строительных работах универсальные плавкраны грузоподъемностью до 100 т могут работать, как правило, при волнении не выше 2 баллов (высота волны до 0,75 м). Краны большей грузоподъемностью (150-250 т) могут работать при волнении 3-4 балла (высота волны 1,25-2,0 м).

Допустимые параметры волн, ожидаемые на защищенной акватории, регламентируются также параметрами сохранения морских берегов и пляжного материала, а также недопущением затопления прибрежных территорий вследствие волнового воздействия.

Рассмотрим конструкцию временного оградительного сооружения при проведении реконструкции системы берегоукрепительных сооружений набережной СКК «Мрия». Строительная площадка реконструкции расположена на побережье Черного моря в районе Ялты. В проекте предусмотрено использование плавкрана «Севастополец-1», грузоподъемностью 140 т.

После обзора возможных конструкций временного волнолома, к дальнейшему технико-экономическому обоснованию принята конструкция вспомогательного волнозащитного сооружения в виде взаимозаанкеренных шпунтовых стенок из шпунта Ларсен 5УМ (рис. 1).

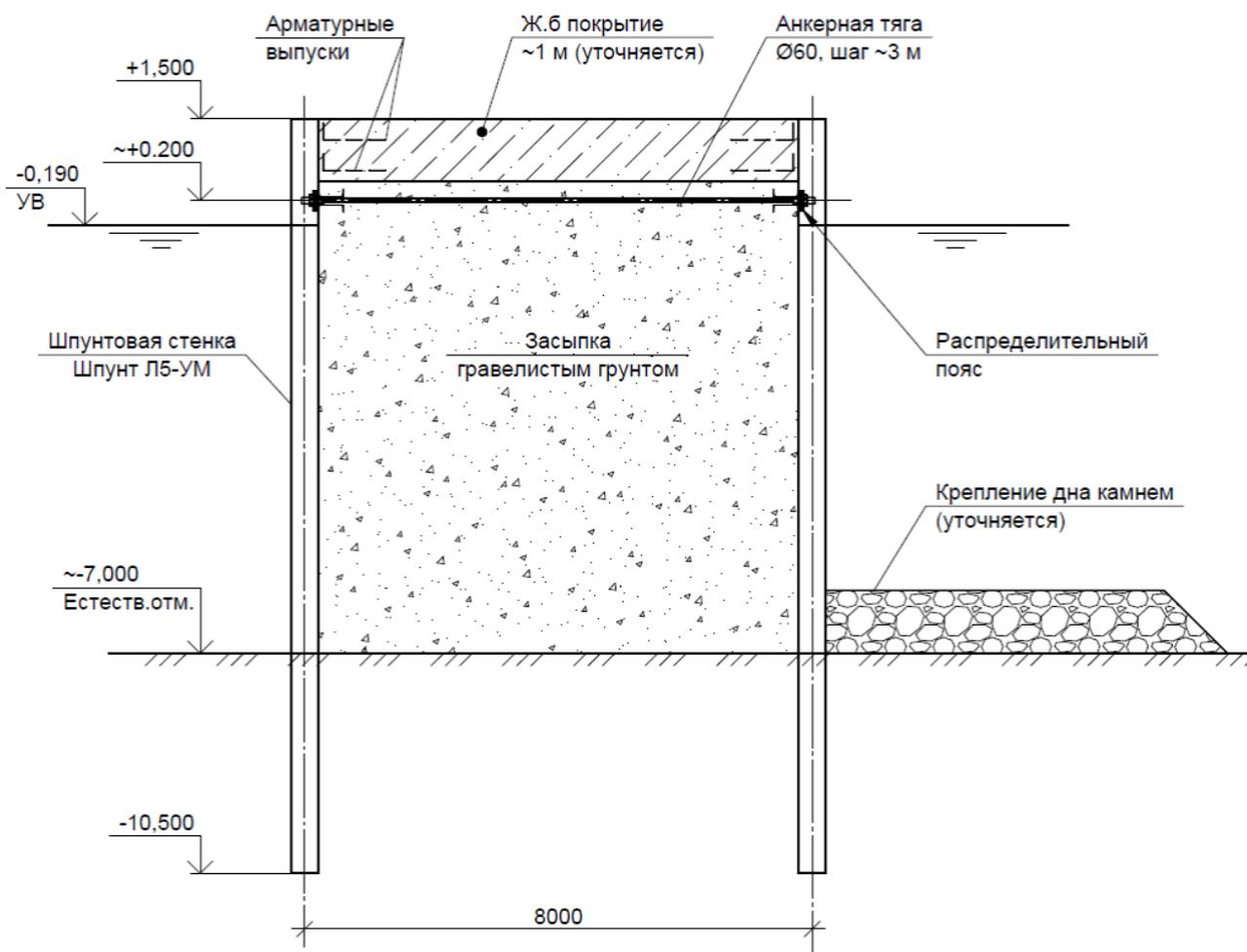


Рис. 1. Конструктивный разрез сооружения

При штормовом воздействии на вертикальные стенки у основания сооружения возможны размывы грунта. Этот эффект можно компенсировать либо запасом длины шпунта, либо каменной защитой дна. В соответствии с СП 32-103-97 п. 1.9 [6] размывающая скорость перед вертикальной стенкой на расстоянии $0,25\lambda$ (где λ – длина волны) от передней грани на глубине 5-7 м при высоте волны 3,5 м составляет 3-3,5 м/с, что требует крепления камнем 50-150 кг [7].

Перед морской гранью сооружения требуется крепление камнем 50-150 кг на расстоянии около 15 м ($0,25\lambda$), с устройством переходного фильтра.

Головные части сооружения должны быть увеличены в связи с концентрацией волновой энергии [4]. По сравнению с основным участком ширина увеличивается на 40%, а длина принимается равной двойной ширине.

Изменение направления сооружения в плане необходимо сделать более плавным: входящие углы в оградительных сооружениях не рекомендуются нормами [5].

Расчеты показали, что прочность и устойчивость системы сооружение-основание обеспечены. Условие прочности выполнено для всех элементов конструкции с нормативными запасами, полученный коэффициент устойчивости равен 1.4.

Вывод. На основании проведенного анализа различных вариантов временных оградительных сооружений выбрана конструкция волнолома в виде взаимозаанкеренных шпунтовых стенок. В работе определена и просчитана на устойчивость и прочность его конструкция. В дальнейшем необходимо определить значение величины трансформированных волн, прошедшей через тело оградительного сооружения неполного профиля при выбранной компоновке волнолома.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Беляев Н.Д. Причины аварий причальных сооружений. Предотвращение аварий зданий и сооружений. Межвузовский сборник научных трудов. Магнитогорск: МГТУ, 2003. С. 34-39.
2. Беляев Н.Д., Лебедев В.В., Нуднер И.С. и др. Выбор мероприятий по защите от размыва оснований гравитационных платформ для освоения шельфа. Инженерно-строительный журнал. 2015. № 3 (55). С. 79-88.
3. Беляев Н.Д., Чугунова В.В. Анализ методов защиты от размывов у морских ГТС. Неделя науки СПбГПУ: материалы НПК. НОЦ «ВИЭ». СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. С. 80-83
4. ВСП 33-03-07/МО РФ Инструкция по проектированию откосных и сквозных оградительных сооружений и специальных подводных стендов.
5. Лебедев В.В., Гарибин П.А., Беляев Н.Д. Инженерная геология. Заносимость морских гидротехнических сооружений. СПб.: СПбГТУ, 1996.
6. СП 277.1325800.2016 Сооружения морские берегозащитные. Правила проектирования.
7. СП 32-103-97. Проектирование морских берегозащитных сооружений.
8. СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003.
9. Shchemelinin L.G., Utin A.V., Belyaev N.D., et al. Experimental studies regarding the efficiency of seabed soil protection near offshore structures. Proceedings of the ISOPE Busan, 2014. С. 625-631.

УДК 627

Н.М. Морозова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ПОДТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДОВ

Введение. Стихийные бедствия – это события, которые за короткий промежуток времени могут нанести значительный ущерб жизни, имуществу и окружающей среде. В 21 веке процесс урбанизации находится на пике своей активной стадии, поэтому большая часть населения сосредоточена в городах. Следовательно, эффект от стихийного бедствия на таких территориях может иметь колоссальный характер. Разновидностью стихийных бедствий является наводнение. Это глобальное явление, которое вызывает широкомасштабные разрушения во всех сферах общества.

Целью работы является разработка рекомендаций по обоснованию мероприятий инженерной защиты городов от подтоплений в условиях изменения климата.

Актуальность. В настоящее время во многих странах остро стоит вопрос управления паводковыми водами, вызывающими наводнения, сопровождающиеся значительным материальным ущербом и человеческими жертвами. Задача становится еще более актуальной

в условиях наблюдаемых тенденций глобального изменения климата, соответственно водности рек, увеличения частоты катастрофических наводнений во многих регионах. Проблема наводнений в России существует постоянно и практически все регионы страны потенциально подвержены наводнениям.

Городские наводнения – серьезная проблема, с которой сегодня все чаще сталкиваются жители городов [1]. Интенсивная урбанизация усугубляет проблему наводнений за счет прироста населения в районах, увеличения количества непроницаемых поверхностей, изменения маршрутов водяных потоков, а также создает повышенную нагрузку на сточные системы. Темпы урбанизации растут очень быстро, поэтому важно научиться жить с наводнениями, смягчая их последствия в настоящем и будущем [2-3].

Задача становится еще более актуальной в условиях наблюдаемых тенденций глобального изменения климата. Увеличение интенсивности осадков, таяние льдов, нарушение водного баланса рек и озер, соответственно, приводит к увеличению частоты катастрофических наводнений во многих регионах, что в свою очередь, приводит к многочисленным жертвам и экономическому ущербу.

Изменение климата в значительной степени увеличило неопределенность в отношении прогнозирования будущих климатических условий.

Существующие мероприятия предотвращения риска городских наводнений, такие как прогнозирование наводнений, эвакуация, оповещение, инженерно-технические, градостроительные, экономические и т.д., не адаптированы к тенденции изменения климата, поэтому появляется необходимость в разработке мероприятий, учитывающих дальнейшее изменение погодных условий.

Градостроительные мероприятия являются неотъемлемой частью механизма предотвращения наводнений. Посредством проведения таких специальных мероприятий, как зонирование территорий, подверженных наводнению, увеличению пропускной способности стоков и качества инфраструктуры города, моделирования маршрутов движения сточных вод и подбор оптимальных путей их отвода с населённых территорий, можно обезопасить население и городские территории от возможности наводнения, а также обеспечить рост и расширение городов в районах, защищенных от наводнений, в том числе посредством переселения. Снизить величину материального ущерба от неизбежных наводнений можно с помощью проведения детальных экономических и экологических расчетов с целью выявления путей получения максимально возможного экономического эффекта от освоения опасных территорий и вместе с тем сведение к минимуму возможного ущерба от наводнений [4-5].

Для планирования, прогнозирования и дальнейшего сокращения риска наводнений, используются различные методы моделирования наводнений, такие как 1D, 2D, 3D гидродинамическое моделирование, математическое моделирование и т.д. С развитием современных технологий стало доступно большое количество методов определения и мониторинга территорий, подверженных стихийным бедствиям, например, визуальное и дистанционное зондирование. В работе были рассмотрены наиболее популярные и эффективные из них [6-7].

Развитые страны активно внедряют различные «зеленые» концепции в существующие превентивные мероприятия для повышения устойчивости городов к наводнениям, которые ориентированы не только на защиту городов от паводков, но и на адаптацию их к изменению климата и постепенному увеличению городов [8-9]. За счет интеграции таких экологических решений, как зеленые кровли, водопроницаемые покрытия и т.д. в городское планирование можно улучшить общее состояние городской системы. Но для принятия решений по внедрению вышеперечисленных концепций, важно понимать, что они должны вести не только к смягчению и компенсации проблем, но также к защите и устойчивости городской системы в долгосрочной перспективе.

В данной работе был рассмотрен опыт применения таких «зеленых» концепций в разных странах, а также был проведен анализ стандартных превентивных мероприятий защиты территорий от наводнений с точки зрения преимуществ и недостатков их применения [10].

Анализ данных позволяет сделать следующие выводы:

1. Рост городов и глобальное изменение климатических условий оказывает влияние на увеличения частоты и интенсивности стихийных бедствий, в особенности наводнений;
2. Стандартизированные инженерные мероприятия по предотвращению наводнений такие, как повышение отметок территорий, строительство инженерных сооружений и т.д. не адаптированы к условиям быстрого изменения климата, что может понизить эффективность их применения в дальнейшей перспективе;
3. Существует потребность в пересмотре действия мер по предотвращению наводнений и внесении в них корректировок и предложений, учитывающих дальнейшую перспективу изменения климата;
4. Интеграция современных экологических концепций, таких как зеленые кровли, совместно с текущими превентивными мероприятиями способствует увеличению эффективности результата предотвращения наводнений;
5. Градостроительные мероприятия являются одними из основных инструментов управления наводнениями, посредством которого можно свести к минимуму полученный ущерб, а также обеспечить дальнейшее функционирование подверженных наводнениям территорий.

ЛИТЕРАТУРА:

1. UNISDR and CRED report: Economic Losses, Poverty & Disasters (1998 – 2017) // The Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). – 2018. – URL: file:///C:/Users/%D0%BA%D0%B5%D0%B9/Downloads/CRED_Economic_Losses_10oct.pdf. – (дата обращения: 29.11.2020).
2. Zhou Q, Leng G, Su J, Ren Y. Comparison of urbanization and climate change impacts on urban flood volumes: Importance of urban planning and drainage adaptation // *Science of the Total Environment*. 2019. No. 658. Pp. 24-33.
3. Duy P.N., Chapman L., Tight M., Linh P.N., Thuong L.V. Increasing vulnerability to floods in new development areas: evidence from Ho Chi Minh City // *International Journal of Climate Change Strategies and Management*. 2018. No. 10(1). Pp. 197-212.
4. Войтович А.А., Седнев В.А. Анализ зон и причин наводнений и возможного катастрофического затопления на территории дальневосточного федерального округа и хабаровского края // *Гражданская оборона на страже мира и безопасности. Материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны*. В 3-х частях. 2019. С. 60-65.
5. Bertilsson L, Wiklund K, de Moura Tebaldi I, Rezende OM, Veról AP, Miguez MG. Urban flood resilience – A multi-criteria index to integrate flood resilience into urban planning // *J Hydrol*. 2019. No. 573. Pp. 970-982.
6. Fedorov M, Badenko V, Chusov A, Maslikov V. GIS technologies for selecting location of dams in the flood control systems // *E3S Web Conf*. 2019. Vol. 91. Pp. 1-9.
7. Antonov VI, Badenko VL, Davydov R V., Maslikov VI, Molodtsov D V. Modeling parameters of the flood control facilities adapted to climate change // *J Phys Conf Ser*. 2019. Vol. 1236(1).
8. Qi Y., Chan F.K.S., Thorne C. Addressing challenges of urban water management in Chinese sponge cities via nature-based solutions // *Water (Switzerland)*. 2020. Vol. 12(10). Pp. 1-24.
9. Vukovic N, Pobedinsky V, Mityagin S, Drozhzhin A, Mingaleva Z. A Study on Green Economy Indicators and Modeling: Russian Context. 2019.
10. Водный вопрос: зоны затопления / Защита от опасных геофизических воздействий. – URL: <https://www.normacs.info/articles/735>. – (дата обращения: 01.12.2020).

УДК 528.4

Е.И. Белова, В.С. Кудрявцев, Я.А. Олехнович
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РЕЕСТРОВЫЕ ОШИБКИ И ВАРИАНТЫ ИХ ИСПРАВЛЕНИЯ

Статья 61 Федерального Закона № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости» (далее Закон № 218-ФЗ) посвящена порядку исправления ошибок, содержащихся в Едином государственном реестре недвижимости (далее ЕГРН) [1].

Согласно данной статьи реестровая ошибка – воспроизведенная в ЕГРН ошибка, содержащаяся в межевом плане, техническом плане, карте-плане территории или акте обследования, возникшая вследствие ошибки, допущенной лицом, выполнившим кадастровые работы, или ошибка, содержащаяся в документах, направленных или представленных в орган регистрации прав иными лицами и (или) органами в порядке информационного взаимодействия [1]. Из формулировки можно сделать вывод, что ошибка является реестровой, когда в документах, представленных в орган государственного учета, содержатся некорректные и неточные сведения [2, 3].

В последнее время все чаще собственники земельных участков сталкиваются с ошибками, связанными с несоответствием фактических сведений о местоположении земельного участка с документальными. Это можно увидеть на Публичной кадастровой карте, находящейся на портале Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр) (рис. 1) [4].

Согласно статье 29 Закона № 218-ФЗ кадастровый инженер – физическое лицо, являющееся членом саморегулируемой организации кадастровых инженеров [1]. Реестровые ошибки, совершаемые кадастровыми инженерами, имеют ряд причин:

- осуществление работ в местной системе координат без привязки к общей государственной системе;
- проведение работ кадастровым инженером без выезда на местность, занесение в межевой план или технический план координат с использованием картографических материалов и сведений о смежных участках, являющихся ранее учтенными;
- не обеспечение кадастровым инженером правильной подготовки приборов и оборудования и корректной обработки измерений;
- не соблюдение контроля качества выполненных измерений при выполнении кадастровых работ;
- невнимательность инженера при определении конфигурации объекта, способствующая изменению его площади.

Все это приводит к наложению (пересечению) границ соседних земельных участков и, как следствие – к изменению земельного участка и возникновению спора о правах, разрешаемого во внесудебном или судебном порядках [5].

Приведем пример такого спора. Гражданину А., владеющему на праве собственности земельными участками (условно – участки № 1 и № 2), стало известно, что фактические границы его земельных участков расходятся со сведениями ЕГРН. К тому же данные участки пересекались между собой. Наличие реестровой ошибки не позволяло гражданину А. продать земельные участки № 1 и № 2.

В случае реестровой ошибки Законом № 218-ФЗ предусмотрено три варианта исправления ошибок [2]:

- первый вариант – путем формирования межевого или технического плана (составляются кадастровым инженером);
- второй вариант – в порядке информационного взаимодействия (если документами, которые содержат такую ошибку и на основании которых внесены сведения в ЕГРН, являются документы, поступившие в орган кадастрового учета в порядке информационного взаимодействия);
- третий вариант – на основании вступившего в законную силу решения суда об исправлении такой ошибки (вне зависимости от причин ее возникновения). Суд вправе принять такое решение по требованию любого лица или любого органа, в том числе органа кадастрового учета.



Рис. 1. Пример реестровой ошибки на основании Публичной кадастровой карты села Левадки Республики Крым

Приоритетным вариантом является первый. В таком случае кадастровому инженеру необходимо предоставить документы, которые фиксируют факт наличия реестровой ошибки. Такими документами могут служить предыдущий межевой или технический план земельного участка, где содержится ошибка в определении местоположения границ участка.

В данном случае общий алгоритм исправления реестровой ошибки состоит из следующих шагов:

1. Определение фактического местоположения, площади и границ двух земельных участков.
2. По ранее найденным данным были изображены участки на схеме с указанием площади, линейных размеров и координат характерных точек.
3. Сравнение фактических площади и границ земельных участков со сведениями ЕГРН.
4. При обнаружении несоответствия была проведена проверка документов, на основании которых были внесены данные в ЕГРН.
5. Оценивание возможных причин несоответствия фактических площади и границ земельных участков со сведениями ЕГРН.
6. Принятие решения об исправлении реестровой ошибки.

Чтобы исправить выявленную ошибку в орган кадастрового учета необходимо предоставить следующие документы [4]:

- заявление о государственном кадастровом учете изменений объекта недвижимости;
- документ, подтверждающий соответствующие полномочия представителя заявителя;
- межевой или технический план, заново составленный кадастровым инженером;
- иные предусмотренные законом документы, необходимые для исправления ошибок, если это необходимо.

Таким образом, можем сделать вывод, что реестровые ошибки – явление частое, в основном возникающее вследствие ранее неправильного определения местоположения, площади и границ земельных участков. Исправление реестровых ошибок полностью регламентировано Законом №218-ФЗ, что позволяет всем гражданам Российской Федерации ознакомиться с правилами и порядком устранения таких ошибок. Однако это не решает причину их возникновения [6, 7].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федеральный закон от 13 июля 2015 № 218-ФЗ "О государственной регистрации недвижимости" // Собрание законодательства РФ. – 2015. – № 29, ст. 4344: [Электронный ресурс]: URL http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182661/.
2. Горюнова О.И. Анализ ошибок, допускаемых кадастровыми инженерами при подготовке документов // Межд. научно-практическая конференция «Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития». – Красноярск: изд-во Красноярский ГАУ, 2019. – с. 10-13.
3. Мартынова Е.А., Колпакова О.П. Несоответствие фактических сведений об объектах недвижимости сведениям единого государственного реестра недвижимости // Современные проблемы землеустройства, кадастров и природообустройства: материалы Национальной научной конференции. – Красноярск, изд-во Красноярский ГАУ, 2019. – с. 188-192.
4. Официальный сайт Росреестра: [Электронный ресурс]: URL <https://rosreestr.gov.ru>.
5. Волчек А.Д. Об ошибках в едином государственном реестре недвижимости и методах их исправления // Студенческая наука – взгляд в будущее: материалы XV Всероссийской студенческой научной конференции. – Красноярск: изд-во КГАУ, 2020. – с. 125-127.
6. Полякова О.А. Кадастровая ошибка // Научные достижения и открытия современной молодёжи: сборник статей победителей международной научно-практической конференции: в 2 частях. – Пенза: изд-во «Наука и Просвещение», 2017. – с. 657-659.
7. Кондракова С.А. Кадастровые ошибки и способы их исправления // Кадастр недвижимости и мониторинг природных ресурсов: международная научно-техническая интернет-конференция. – Россия: изд-во Саратовский государственный аграрный университет, 2014. – с. 45-49.

УДК 721.001

С.Д. Кондаков, И.В. Ямшанов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЕТРОВОЙ КОМФОРТНОСТИ

Аннотация. В данной статье рассматриваются нормативные документы регулирующие параметры застройки с точки зрения ветровой комфортности. Оценивается их практическая эффективность и потенциал развития для проектирования в дальнейшем. Предлагаются рекомендации для совершенствования существующей нормативной базы, а также для составления новых регламентирующих документов.

Введение. Совсем недавно основной решаемой проблемой в строительстве было возведение надёжных и устойчивых зданий и сооружений. Сейчас, когда человечество разработало множество вычислительных и программных комплексов, а также составило жёсткий свод нормативной документации, конструкции зданий всё меньше нуждаются в кропотливом расчёте. В связи с чем, особое внимание начало уделяться комфортности среды обитания.

Благоприятная среда должна поддерживаться как внутри помещения, так и снаружи. С точки зрения пространства уделяется внимание удобной планировке и грамотному благоустройству территории. Также совершенствуется оборудование систем вентиляции и кондиционирования, и как следствие ужесточились требования к параметрам внутреннего воздуха. Для моделирования распределения потока воздуха по помещению используется CFD анализ [1].

Если же рассматривать внешнюю среду, то единственная задача, которую по силам решить проектировщикам, создание ветрового комфорта в микрорайоне. В наиболее неудачных местах застройки ветер может достигать настолько высокой скорости, что проживание в данном микрорайоне окажется крайне неприятным.

Чтобы определить является ли микрорайон комфортным с точки зрения ветра нужны критерии, установленные нормативными документами. К сожалению, к этой проблеме не относятся также серьёзно, как к несущей способности здания, поэтому все имеющиеся стандарты и рекомендации являются необязательными. Тем не менее, спроектированный по таким документам жилой комплекс будет иметь большую привлекательность для покупателей. В связи с чем необходимо выяснить, насколько нормативная база является компетентной.

Целью работы является оценка существующих нормативных документов с точки зрения возможности определения критериев ветровой комфортности в микрорайоне.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Обзор нормативной базы для оценки уровня комфортности в жилых микрорайонах.
2. Оценка компетентности нормативных документов с практической точки зрения.
3. Формулирование рекомендаций по улучшению существующих норм, а также по составлению новых.

Актуальность. С активным возведением высотных и протяжённых зданий возникновение участков, в которых ветер имеет высокую скорость, становится более вероятным. Поэтому определение ветровой комфортности микрорайона набирает всё большую популярность, чему способствовало развитие программных комплексов, ориентированных на проведение CFD анализа. Но без хороших нормативов невозможно добиться хороших результатов. Таким образом, изучение данной темы стоит начать именно с документальной базы.

На международном уровне вопросом оценки аэродинамической комфортности в пешеходных зонах занимаются с 1960-х годов, поэтому неудивительно, что существует несколько мировых норм [2]. К ним относятся следующие нормы: шкала Бофорта, в которой указывается зависимость характера ветра от его скорости; нормы разработанные Т.В. Лоусоном, используемые преимущественно в Америке; в Японии же используются нормы установленные А.Ф.Е. Вайсом и А.Д. Пендварденом; нидерландский стандарт NEN 8100 [3] и практические указания по работе с ветровой статистикой NPR 6097 [4]; МДС 20-1.2006 [5] и МГСН 4.19-05 [6] применяемые в России с 2006 года. Остановим внимание на двух последних нормах, так как NEN 8100 имеет наиболее широкое применение, а МДС 20-1.2006 является отечественным стандартом, который используется до сих пор, несмотря на то, что утратил силу ещё в 2011 году.

NEN 8100 был принят с целью обозначить единый подход определения ветровой комфортности в разных проектных институтах [7]. Данный норматив определяет класс качества среды в зависимости от времени действия ветра скоростью большей 5 м/с в году. Подробное распределение указано в таблице 1. Также может производиться оценка относительно 15 м/с. Главным преимуществом нидерландского стандарта является подробное описание восприятия ветра при одном из трёх видов деятельности: быстрая ходьба, прогулка, сидение на открытом воздухе.

Таблица 1 – Определение уровня комфортности пешеходных зон по NEN 8100

$P (U_{гр} > 5 \text{ м/с})$ ч/год, %	Класс качества	Виды деятельности		
		Быстрая ходьба	Прогулка	Сидение на открытом воздухе
< 2,5	A	Хорошо	Хорошо	Хорошо
2,5 – 5	B	Хорошо	Хорошо	Удовлетворительно
5 – 10	C	Хорошо	Удовлетворительно	Плохо
10 – 20	D	Удовлетворительно	Плохо	Плохо
> 20	E	Плохо	Плохо	Плохо

В отличие от нидерландского, российский стандарт МДС 20-1.2006 имеет менее вариативную характеристику, которая состоит из трёх, а не пяти уровней комфортности, а также полностью отсутствует зависимость от вида деятельности человека. Распределение уровней комфортности данного стандарта показана в таблице 2.

Таблица 2 – Определение уровня комфортности пешеходных зон по МДС 20-1.2006

Уровень комфортности	I	II	III
V_{cr} м/с	6	12	20
T_{lim} час/год	1000	50	5

Согласно МДС 20-1.2006 [5] комфортность пешеходных зон определяется следующим образом:

$$T_c(V_{cr}) < T_{lim} \text{ при всех } V < V_{cr},$$

где V – скорость ветра в порыве на уровне 1,5 м; T_c – продолжительность появления скоростей ветра V , больше некоторого критического значения V_{cr} ; T_{lim} – предельное значение T_c .

Методика определённо схожа с NEN 8100, что подтверждает выбор наиболее правильной стратегии при составлении обоих нормативов.

Ветровая нагрузка в расчётах строительной конструкций берётся с максимальными значениями в наиболее неблагоприятном варианте, что делает результаты более достоверными. Оба рассмотренных стандарта определения комфортности пешеходных зон основаны на получении вероятностных результатов, рассчитанных с помощью статистических данных. При этом результаты расчётов могут перестать быть актуальными. В будущем может измениться климат или окружающая застройка, что повлияет на силу и направление ветра. Кроме того, нельзя увеличивать значение скорости ветра с помощью коэффициентов, так как это может повлиять на распределение ветра по микрорайону в целом. В целом, документы до сих пор являются компетентными и могут в дальнейшем использоваться при проектировании.

Также можно решить данную проблему не совершенствованием старых, а введением новых нормативов. Например, с помощью расчётов определить места с экстремальными значениями скорости ветра, а затем предусмотреть установку МАФ (малых архитектурных форм), таких как декоративные щиты, например, инсталляция «Wind Wall», Мальмё, Швеция [8], высадку деревьев трёх ярусов: нижнего – многолетними кустарниками и кустарничками, среднего – деревьями, высотой до 5–6 м; и для самого высокого яруса – деревьями высотой до 12 м, или устройство ажурных зелёных конструкций [9, 10]. При этом благоустройство подобных зон регламентировать с помощью нормативной базы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Улюджиева Г.В., Гельманова М.О. CDF как альтернатива экспериментальному моделированию. Достоинства и недостатки // Московский государственный строительный университет. International scientific review. – 2016. – 18(28). – С. 51-52;
2. Дорошенко А.В. Программа оценки аэродинамической комфортности в пешеходных зонах // Московский государственный строительный университет. ВЕСТНИК ИргТУ. – 2013. – 5(76). – С. 100-103;
3. NEN 8100:2006. Wind comfort and wind danger in the build environment. – 2006;
4. NPR 6097:2006. Application of the statistics of the mean wind speed for the Netherlands. – 2006;
5. МДС 20-1.2006. Временные рекомендации по назначению нагрузок и воздействий, действующих на многофункциональные высотные здания и комплексы в Москве. – М.: ФГУП НИЦ «Строительство», 2006;
6. МГСН 4.19-2005. Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий комплексов в городе Москве. – М., 2005;
7. Янсэн В., Блокэн Б. Ветровой комфорт. Опыт применения в Нидерландах // Перевод и техническое редактирование выполнены Аделей Хайруллиной // Sustainable building technologies;
8. Ермеев Д.Г., Туманик Г.Н. Определение ветрового комфорта для жилой застройки на примере Новосибирска // Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств. Творчество и современность. – 2018. – 4(8). – С. 82-90;
9. Чурин П.С., Федосова А.Н., Брыков А.А. Влияние точечной застройки парковой территории на комфортность пешеходных зон // Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ). Науч.-техн. вестник Поволжья. – 2020. – 1. – С. 146-149;
10. Bobkov A.V., Czvetkov O.Yu. Russia in the Asian – Pacific region: the scientific and technical policy's activization necessity / European journal of natural history. № 2, 2010 / P. 34.

УДК 711.4.01:338.49

И.Д. Антипова, В.А. Новик, О.Ю. Цветков
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ В СОЗДАНИИ ДОСТУПНОЙ СРЕДЫ НА ОБЪЕКТАХ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Цель работы заключается в выделении основных принципов инклюзивного дизайна, исследовании классификации маломобильных групп населения и сопутствующих барьеров, изучении уникальной технической документации на адаптированные объекты.

Подходы обеспечения доступности. Обеспечение доступности заключается в минимизации ограничивающих факторов (барьеров) и увеличении облегчающих факторов (фасилитаторов). Для этого к созданию доступной жизнедеятельной среды Конвенцией о правах инвалидов определены два принципиальных подхода [1] (таблица 1).

Универсальный дизайн, который также называют инклюзивным, максимально приспособлен к потребностям разных людей методом проектирования. Он ориентирован как на особые потребности, так и на повседневную деятельность. Отличительным свойством данного дизайна является его эффективность при передаче нужной информации с помощью звуковых, вербальных, тактильных и визуальных средств [2].

В 1997 году Центром универсального дизайна, основанным Рональдом Мансом, считающимся автором термина «универсальный дизайн», были сформулированы семь принципов инклюзивного дизайна [3], анализируя которые, и рассматривая само определение, автором сформулированы собственные положения:

- Равенство – дизайн должен обеспечивать абсолютно одинаковые условия эксплуатации для всех категорий граждан;
- Гибкость – дизайн должен соответствовать всему многообразию индивидуальных особенностей людей, адаптироваться под вид деятельности и темпы использования;
- Простота – дизайн должен быть интуитивно понятным для восприятия любому человеку,

вне зависимости от его умственных способностей, языковой принадлежности и уровня концентрации в моменте;

- Комфорт – дизайн должен обеспечивать удобство доступа и нахождения в пространстве, сводить к минимуму повторяющиеся физические усилия;
- Безопасность – дизайн должен предполагать надежное использование, снижать риск возникновения опасных ситуаций.

Таблица 1 – Существующие подходы классификации обеспечения доступности жизненной среды

Подход	Универсальный дизайн	Разумное приспособление
Сфера деятельности	Для объектов нового строительства, реконструкции, производства новых товаров и услуг	Для действующих объектов и услуг, введенных ранее утверждения нормативов
Определение	Дизайн предметов, обстановок, программ и услуг, призванный сделать их в максимально возможной степени пригодными к пользованию для всех людей без необходимости адаптации или специального дизайна	Внесение, когда это нужно в конкретном случае необходимых и подходящих модификаций и коррективов, не становящихся несоразмерным или неоправданным бременем, в целях обеспечения реализации или осуществления инвалидами наравне с другими всех прав человека и основных свобод

В понятие «разумное приспособление» вложен смысл соизмерения уровня необходимости изменений, с учётом технических, финансовых и организационных возможностей. Обеспечение доступности в данном подходе происходит двумя способами: применение требуемого оборудования, например, табличками с надписями шрифтов Брайля, широких пандусов, кнопок и т.д., и обучение обслуживающего персонала этике общения с маломобильными людьми в зависимости от ограничивающих их факторов.

Классификация маломобильных групп населения. Для определения доступности объектов Правительством РФ была введена классификация по характеру имеющихся нарушений у людей с ограниченными возможностями – КОСГУ [4] (таблица 2).

Помимо людей с инвалидностью, к маломобильным группам населения относят людей с временным нарушением здоровья, беременных женщин, людей с детскими колясками, пенсионеров и т.д. В СП 59.13330.2012 приведена классификация маломобильного населения, основой которой является КОСГУ, делящая людей на 4 группы в зависимости от мобильности:

- М1 – люди, не имеющие ограничений мобильности, в том числе с дефектами слуха;
- М2 – люди, мобильность которых снижена в связи со старением, наличием протеза, недостатками зрения и психическими отклонениями;
- М3 – инвалиды, затрудняющиеся в передвижении, использующие дополнительные опоры;
- М4 – инвалиды, использующие кресла-коляски [4].

Паспорт доступности объекта социальной инфраструктуры. На объекты недвижимости, в соответствие с возможностью доступа разных категорий инвалидов, оформляется «Паспорт доступности объекта социальной инфраструктуры (далее ОСИ)». Он является основным учётным документом для ведения данных на «Карте доступности субъекта Российской Федерации». Паспорт оформляется на основании «Информации об ОСИ», в форме анкеты, полученной от собственника объекта и «Акта обследования ОСИ». Все описанные документы могут быть сформированы как на бумажном, так и на электронном носителе [5].

Техническая документация содержит общие сведения об объектах недвижимости, такие как наименование организации, адрес, сведения о размещении, годы постройки и

капитального ремонта, форму собственности; характеристику деятельности организации и состояние доступности, для указания которого используются следующие обозначения: А (универсальная доступность) и Б (для инвалидов оборудованы специальные помещения), ДП-В (доступен полностью всем), ДП-И (доступен полностью избирательно), ДЧ-В (доступен частично всем), ДЧ-И (доступен частично избирательно), ДУ (доступно условно), ВНД (недоступно). Оценка происходит по шести основным структурно-функциональным зонам.

Сводная информация, полученная при паспортизации, вносится в «Реестр ОСИ и услуг в приоритетных сферах жизнедеятельности инвалидов и других МГН». Ознакомившись с технической документацией объектов социальной инфраструктуры, человек получит информацию о возможности их посещения и комфортного пребывания [6, 7].

Таблица 2 – Классификация маломобильных групп населения

Буквенное обозначение и аббревиатура	Форма инвалидности	Барьеры	Графическое изображение
К – «колясочники»	Люди, постоянно или систематически использующие при передвижении кресла-коляски	Физические и информационные: пороги, ступени, неровное и скользкое покрытие, отсутствие поручней, узкие коридоры и дверные проемы, отсутствие пространства для разворота, препятствия, неправильно установленные пандусы, высокое расположение информации, отсутствие помощи и т.д.	
О – «опорники»	Люди с нарушением опорно-двигательного аппарата, не использующие при передвижении кресла-коляски	Физические: пороги, ступени, неровное и скользкое покрытие, отсутствие поручней, мест отдыха, специальных дверей, помощи и т.д.	
С – «слепые»	Люди, имеющие патологии зрительного аппарата	Информационные и физические: отсутствие тактильных указателей, поручней, преграды без предупреждающих обозначений на пути, неровное и скользкое покрытие, отсутствие помощи и т.д.	
Г – «глухие»	Люди, имеющие нарушения слухового аппарата	Информационные: отсутствие визуальных указателей, электромагнитные помехи, отсутствие сурдопереводчика и другие.	
У – «умственно-неполноценные»	Люди с расстройствами умственного развития	Информационные: Отсутствие понятной информации и помощи в ориентации и др.	

Таким образом, в работе были раскрыты основные подходы создания доступной среды и выдвинуты, вытекающие из них принципы инклюзивного дизайна, приведены классификации маломобильных групп населения и инвалидов, на основании которых происходит паспортизация объектов социальной инфраструктуры в базе данных карты доступности. Полученная информация будет отражена в практической части диссертационного исследования автора.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Конвенция о правах инвалидов. Принята 13.12.2006 Резолюцией 61/106 на 76-ом пленарном заседании 61-ой сессии Генеральной Ассамблеи ООН: [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=INT;n=37511>. – Загл. с экрана. (дата обращения 25.03.21);
2. Дони́на И.Н. / Универсальный дизайн в социокультурной адаптации "особых" посетителей музейными средствами // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. – 2014.– № 2 (166). – С. 133-143 .– (Культурология) .– ISSN 1992-6464 .– Библиогр.: с. 140-143 (42 назв.).
3. The principles of universal design // [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://projects.ncsu.edu/ncsu/design/cud/about_ud/udprinciplestext.htm. – Загл. с экрана. (дата обращения 26.03.21);
4. СП 59.13330.2012. СНиП 35-01-2001. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения: нормативно-технический материал // [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200089976> – Загл. с экрана. (дата обращения 25.03.21);
5. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 25 декабря 2012 г. N 626 «Об утверждении методики формирования и обновления карт доступности объектов и услуг, отображающих сравнимую информацию о доступности объектов и услуг для инвалидов и других маломобильных групп населения» // [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://mintrud.gov.ru/docs/mintrud/orders/59>. – Загл. с экрана. (дата обращения 28.03.21);
6. Брайла Н.В., Романович М.А. Симанкина Т.Л. и др. Правовое обеспечение землеустройства и кадастров: учебное пособие // СПбПУ, ИСИ, ВШГиЭС – СПб.: 2021 – [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://elib.spbstu.ru/dl/5/tr/2021/tr21-4.pdf>. – Загл. с титул.экрана. (дата обращения 29.03.21);
7. Bobkov A.V., Czvetkov O.Yu. Russia in the Asian – Pacific region: the scientific and technical policy's activization necessity / European journal of natural history. № 2, 2010 / P. 34.

УДК 72.025.4

Д.Р. Ремчукова, О.Ю. Цветков

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРОБЛЕМЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ДОМОВ ТИПОВЫХ СЕРИЙ ВАСИЛЕОСТРОВСКОГО РАЙОНА Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Актуальность. В 1960-х – 1970-х годах были намыты обширные территории в западной части Васильевского острова, засыпана небольшая бухта на месте нынешней Уральской улицы и широкий пролив, разделявший остров Декабристов и остров Вольный. Для реки Смоленки, ранее впадавшей в этот пролив, было устроено новое русло. Именно на этих территориях активно развивалось типовое строительство в послевоенный период.

Согласно перечню домов типовых серий Василеостровского района, можно выделить проблемный кластер, сосредоточенный в, так называемом, экспериментальном квартале, ограниченным Наличной улицей, улицей Нахимова, улицей Кораблестроителей и спрямлённой набережной реки Смоленки, где были построили первые дома по блок-секционному методу [6].

Жилые дома возводились исходя из условий достижения максимального ускорения строительства, без учёта недостатков архитектурно-строительных решений и связанными с ними морально-эстетическими проблемами: невыразительность жилых кварталов, неудобство планировки, низкий уровень строительно-отделочных работ. Этим объясняется актуальность проблемы и необходимость поиска путей модернизации домов массовой застройки.

Цели и задачи работы. Для имеющейся типовой застройки важно подобрать оптимальные методы реконструкции. Для этого необходимо рассмотреть нормативно-правовые документы, регламентирующие деятельность по модернизации жилых зданий, разобрать возможные пути проведения реконструкции, из возможных решений выбрать оптимальный для сложившейся застройки.

Для развития урбанизированных территорий необходимо помнить не только о сохранении сложившейся исторической застройки, но и поддержании ее в состоянии, достойном для проживания в ней людей. Теория разбитых окон, сформулированная Джеймсом Уилсоном и Джорджем Келлингом, гласит о том, что, если в доме будет разбито окно, и никто не вставит новое, вскоре в доме не останется ни одного целого окна. Это происходит ввиду того, что жильцы, наблюдая мрачные фасады домов не ассоциируют пространство, являющееся тамбуром между личным жильем и внешним миром, со своим домом. Так, несмотря на имеющийся запас прочности у домов типовых серий, возведенных в 50-80 х годах прошлого века, состояние их можно считать довольно удручающим.

Для системного подхода к вопросу модернизации типовой застройки среди факторов, препятствующих комфортному проживанию в домах массовых серий, необходимо провести принципиальную границу и разделить их на два уровня. Условно обозначим их как внутренние и внешние (рис. 1).



Рис. 1. Факторы, препятствующие комфортному проживанию

Говоря о внешних факторах, речь идет о непосредственном влиянии человеческой деятельности. Влияние же внутренних факторов связано с воздействием времени и сторонних нагрузок на здание в целом. Когда инженерные системы и оборудование находятся в изношенном состоянии и морально устарели, встаёт задача развития и реконструкции жилищного фонда. Для преобразования существующего жилищного фонда необходимы системный подход и комплексные программы, включающие совокупность экономических, градостроительных, архитектурных и экологических мероприятий и мер нормативно-правового характера.

Согласно Градостроительному кодексу РФ, реконструкцией считается изменение параметров объектов капитального строительства, их частей и качества инженерно-технического обеспечения [2, 3]. Но когда речь заходит о комплексном подходе, работы с объемно-планировочными решениями недостаточно. Здесь речь должна идти о модернизации кварталов, являющейся частной формой реконструкции и предусматривающей изменение архитектурного решения существующего здания старой постройки в соответствии с требованиями, предъявляемыми действующими нормами к эстетике условий проживания.

Возникает проблема, выраженная в том, что, согласно действующему законодательству, дома подвергаются реконструкции в двух случаях:

- жилое помещение признано не пригодным для проживания;
- многоквартирный дом признан аварийным [1, 10].

В соответствии с этими нормами Жилищного кодекса РФ было утверждено «Положение о признании помещения жилым помещением, жилого помещения непригодным для проживания и многоквартирного дома аварийным и подлежащим сносу или реконструкции». Как видно, на реконструкцию можно рассчитывать лишь, когда речь заходит о риске разрушения здания при воздействии факторов внутреннего уровня, обозначенных на рисунке 1, в то время как внешние факторы хоть и не несут физической угрозы для жизни проживающих, но оказывают не меньшее негативное воздействие на психоэмоциональное состояние населения, в том числе и не проживающего в этих домах.

Помимо трактовок в законодательных актах, причиной, сдерживающей массовую реконструкцию типового жилья, выступает отсутствие достаточных средств из-за стремления переложить все расходы по содержанию ЖКХ на население, значительная часть которого неплатежеспособна (41,8% жителей Василеостровского района являются получателями пенсий и пособий). Ситуация значительно усугубилась за последний год в силу глобального экономического спада и социальных катаклизмов, наблюдаемых по всему миру [4, 6].

Чтобы не допустить выбытия устаревших домов из жилищного фонда, необходимо воспользоваться возможностями, условно предоставленными системой рыночной экономики и правом привлечения стороннего капитала [5, 7].

Это становится возможным при реализации метода реконструкции существующего жилья путем вторичной застройки территории. При реализации подобных проектов реконструкция устаревшего жилья осуществляется за счет средств инвесторов при их экономической заинтересованности в получении прибыли от строительства новых корпусов, вставок между домами или же мансардными надстройками и пристройками. При этом важно помнить об улучшении жилищных условий и гармонизации жилой среды как для уже существующих, так и для потенциальных жильцов [4, 3].

При реализации проектов вторичной застройки следует придерживаться схемы, представленной на рисунке 2.



Рис. 2. Алгоритм методики производства окупаемой реконструкции

Наращивание этажей целесообразно при рассмотрении домов небольшой этажности в пределах 5 этажей. Под эту категорию попадают дома 528 кирпичной серии, локализованные в 11 муниципальном округе Василеостровского района. Для серий с домами большей

этажности стоит прибегнуть к снижению издержек за счет уменьшения затрат на эксплуатацию обновленного жилищного фонда. В результате увеличения площади квартир на один лестнично-лифтовой узел и увеличения плотности застройки снижаются удельные затраты на обслуживание лифтов, уборки придомовой территории, содержание элементов благоустройства. А при снижении удельной площади вертикальных наружных ограждений теплопотери здания снижаются до 40 % [4, 8].

Таким образом, при модернизации типовой застройки решаются следующие задачи:

- наращивание жилищного фонда;
- продление жизненного цикла реконструируемого здания;
- повышение потребительских свойств жилищ и уровня их комфортности;
- повышение эффективности использования городских земель;
- улучшение архитектурной выразительности здания;
- снижение эксплуатационных затрат [3, 9].

Выводы. В процессе урбанизации важно не потерять лица и идентичности городской застройки, поэтому необходимо следить за сохранностью не только парадного наследия в виде памятников культуры, дворцов и храмов, но и рядовой гражданской застройки. Ведь, вопреки расхожему мнению, даже снос дома 70 – 50-ти летней давности лишает горожан границ памяти и теряется нить культурной традиции. Важно учитывать значение каждого дома в образе всей улицы или района. Реализовать это возможно благодаря грамотному и комплексному подходу к реконструкции существующей застройки, путем вовлечения инвесторов со стороны.

Для дальнейшей проработки проекта модернизации массовой застройки Василеостровского района будут рассмотрены методы надстройки дополнительных мансардных этажей для домов серии 1-528КП, а также архитектурно-конструктивная модернизация фасада для домов 137 блок-секционной серии. Такой подход позволит не только продлить жизнь существующему жилищному фонду, но и свести к нулю затраты на работы при реконструкции.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Жилищный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 188-ФЗ (ред. от 30.12.2020);
2. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 30.12.2020);
3. Брайла Н.В., Романович М.А., Симанкина Т.Л. и др. Правовое обеспечение землеустройства и кадастров. Учеб. пособие. СПб.: СПбПУ, 2021. 126с.;
4. Булгаков С.Н., Леонтьев В.В. Окупаемая реконструкция жилых домов первых массовых серий:// Научно-техническое издание: – М.: Издательство АСВ, 2018. – 246 с.;
5. Ильин Б.В. Защита прав владельцев недвижимости при реконструкции и реновации / Б.В. Ильин, А.А. Кальгина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Юстицинформ, 2019. – 340 с.;
6. Ремчукова Д.Р. Вопросы модернизации типовой застройки Василеостровского района Санкт-Петербурга / Д.Р. Ремчукова, Я.М. Латин, О.Ю. Цветков // Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия: Материалы Международной НПК, Комсомольск-на-Амуре, 16–17 декабря 2020 года – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – С. 376-379;
7. Bobkov A.V., Czvetkov O.Yu. Russia in the Asian – Pacific region: the scientific and technical policy's activization necessity / European journal of natural history. № 2, 2010 / P. 34;
8. Tsvetkov O., Simankina, T., Karmokova, K. Video-ecological coefficient of real estate objects / E3S Web of Conferences Volume 91, 2 April 2019;
9. Latina S.V. Gender stereotypes in the contemporary humanities / Anthropology & Archeology of Eurasia. 2010. T. 49. № 2. С. 66-75;
10. Брайла Н.В., Гилемханов Р.А. Методы оценки финансово-экономической эффективности инвестиционно-строительных проектов // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2016. – № 10 (49). – С. 7-19.

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОРСКОЙ НАБЕРЕЖНОЙ

Анализ исторического формирования Морской набережной. Морская набережная, проходит по берегу Финского залива от площади перед гостиницей «Прибалтийская» (сейчас отель «Park inn») до Наличной улицы полукругом охватывает северо-западную часть Васильевского острова и острова Декабристов, к которому в результате намыва грунта присоединен остров Вольный [2]. Название ей присвоено 29 декабря 1972 года по месту расположения [3].

Современный облик Морской набережной был сформирован в результате двух основных исторических этапов застройки территории западного берега Васильевского острова, а именно застройка набережной согласно генеральному плану развития Ленинграда на 1966 – 1987 гг. и современной застройки города с начала 2000-х годов и по наше время.

Согласно градостроительному плану Ленинграда 1966 г. в первую очередь были созданы территории для массового жилищного строительства путем подъема и рефулирования грунта с мелководья Финского залива. Вдоль береговой линии планировалось построить новый район площадью 400 га на 1,2 млн. кв. м жилой площади для 140 тыс. человек.

Новому району отводилась большая роль в претворении важной идеи генерального плана 1966 г. – выходу городских территорий к берегам моря. Западный берегу Васильевского острова должен был стать центральным звеном морского фасада Санкт-Петербурга.

При проектировании была применена система микрорайонирования с созданием сети учреждений периодического и повседневного обслуживания. Вся территория, делилась на два основных жилых района – северный и южный. Каждый жилой район решался как единый архитектурно-планировочный блок и состоял из отдельных микрорайонов, различных по своим размерам, численности населения, конфигурации. Крупным планировочным новшеством тех лет было четкое функциональное назначение каждого элемента территории. Морской набережной отводилась функция рекреационной зоны для жителей города.

В основу системы озеленения района задумывали принцип непрерывности зеленых насаждений. В этой системе главное значение придавалось приморскому бульвару, предназначенному для отдыха населения на взморье, а также организации бульваров, садов и скверов на всей прибрежной линии, связанных с зелеными насаждениями по Большому проспекту, Наличной улице и Шкиперскому протоку [4]. Не все планы удалось реализовать в полном объеме, и береговая зона так и осталась незаконченной.

Следующий этап развития Морской набережной наступил в начале 2000-х годов с застройки свободных пространств многоэтажными жилыми домами. В середине 2000-х начались намыв новых территорий вдоль западного побережья васильевского острова и строительство нового пассажирского порта Санкт-Петербург «Морской вокзал» (2005-2011 гг.) площадью 33,03 га для принятия круизных лайнеров длиной до 340 м [6].

В 2013 – 2016 гг. был построен центральный участок западного скоростного диаметра (ЗСД), проходящий в открытой выемке и тоннеле вдоль береговой линии советского периода, сделав ЗСД фактически разделителем между старой и новой частью намывных территорий. Заглубление проезжей части трассы в выемке относительно планировочных отметок прилегающих территорий составляет до 10 м. Русло реки Смоленка было убрано в искусственный канал, под ним сооружен 60-метровый тоннель с заглублением проезжей части до 12,7 м [5].

Параллельно с ЗСД началась застройка новых намывных территорий многоэтажными жилыми комплексами с детскими садами и школами. На сегодняшний день уже успели ввести

в эксплуатацию несколько многоэтажных домов и детский сад. В дальнейшем планируется дополнить инфраструктуру парковой зоной и сооружениями общественно-развлекательного характера, а также создать в прибрежной полосе линейный парк протяженностью 2 км и шириной общественной зеленой зоны от 80 до 100 м [7].

Будущее развитие Морской набережной предполагает намыв порядка 180 га территории вдоль северной части и ее застройку новыми жилыми и общественно-деловыми кварталами площадью почти 2 млн м² [9].

Анализ схемы озеленения западной части Васильевского острова. К рекреационным зонам городской среды относятся места, предназначенные для организации отдыха населения. Границей территории исследования была выбрана улица Наличная, проходящая через весь остров от наб. Макарова до Большого проспекта В.О. Площадь предполагаемой и построенной жилой застройки данной территории около 5,7 км² (рис. 1).

На рассматриваемой территории были выявлены благоустроенные рекреационные зоны для отдыха жителей города (Площадь Европы, сквер Малые Гаванцы, зеленые насаждения в сквере Капитана Кучиева). Площадь выявленных рекреационных зон 0,11 км². Также существуют неблагоустроенные участки зеленых насаждений (рис. 2) (сквер Александра Володина, зеленые насаждения вдоль Морской набережной, насаждения на новых намывных территориях) общей площадью 0,3 км².

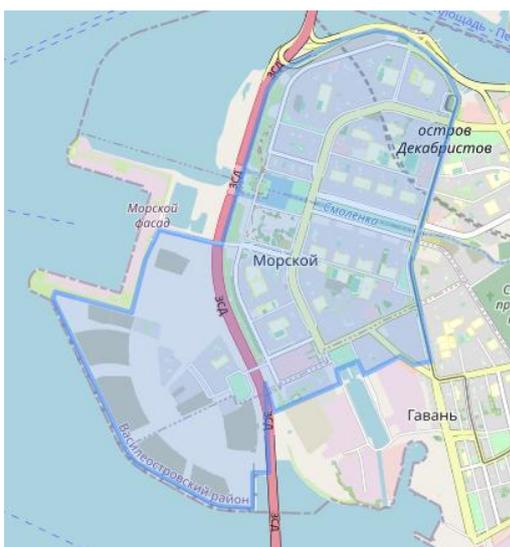


Рис. 1. Границы исследования



- Неблагоустроенные территории зеленых насаждений
- Благоустроенные рекреационные зоны
- Озеленение дворов
- Озеленение пешеходных путей

Рис. 2. Схема озеленения

Суммарная площадь составила 0,5 км², что составляет 8 % от исследуемой территории и говорит о недостатке централизованных мест отдыха для жителей района.

Анализ пешеходно-транспортных путей. Центральная часть морской набережной находится в 20 минутах ходьбы от станции метро «Приморская». Вдоль северной части Морской набережной (выше р. Смоленка) расположены четыре остановки общественного транспорта, обсуживаемые коммерческим маршрутом К-162, идущим до станции метро «Приморская».



Рис. 3

Из исторического исследования понятны причины возникновения проблемы дефицита зон отдыха: не полная реализация советского градостроительного плана, который отводил парку вдоль набережной основную задачу в создании рекреационной зоны; а также строительство ЗСД и современная массовая жилищная застройка на намывных территориях, не предполагающие первоочередной задачи по благоустроенных зон для отдыха жителей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Администрация Санкт-Петербурга Официальный Сайт. Интернет ресурс. https://www.gov.spb.ru/gov/terr/reg_vasileostr/info/history/
2. Никитенко Г.Ю., Соболев В.Д. Василеостровский район: Энцикл. улиц С.-Петербурга. 2-е изд., испр. и доп. СПб., 2002. С. 371-373.
3. Горбачевич К.С., Хабло Е.П. Почему так названы? Лениздат 1985 г. С. 244.
4. Каменский В.А. Ленинград Генеральный план развития города. Лениздат 1972г. С.192.
5. Самый значимый, наиболее ответственный (ЗАО «Институт «Стройпроект») Дороги. Инновации в строительстве: журнал. – Санкт-Петербург, 2013. – № 31
6. Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад». Официальный Сайт. Интернет ресурс. https://www.portspb.ru/O_porte/about/infrastructura
7. Студия 44. Официальный сайт. Интернет ресурс <http://studio44.ru/projects/project144/>
8. Студия 44. Официальный сайт. Интернет ресурс <http://studio44.ru/news1/eskiznyj-proekt-chetyreh-novyh-kvartalov-v-yuzhnoj-chasti-namyva-vasil-evskogo-ostrova/>
9. Терра Нова. Официальный сайт. Интернет ресурс <https://www.mfspb.ru/proekt-morskoj-fasad/opisanie-proekta.html>
10. Западный скоростной диаметр. Официальный сайт. Интернет ресурс. <https://nch-spb.com/>

Вдоль южной части набережной (ниже р. Смоленка) расположены три остановки общественного транспорта, обсуживаемые государственными маршрутами под номерами 100 и 158, а также коммерческим маршрутом К-162. Маршруты 158 и К-162 позволяют добраться до станции метро «Приморская», маршрут 100 до станции метро «Приморская» и «Василеостровская».

Для владельцев автомобилей до морской набережной ведет развитая дорожная сеть Васильевского острова, а в северной части существует прямой выезд на ЗСД (через Адмиральский проезд) с быстрым доступом к Приморскому, Курортному, Кировскому, Московскому и Красносельскому районам города.

В результате анализа были выявлены: нехватка рекреационных зон западной части Васильевского острова, и плохая транспортная доступность северной части Морской набережной.

К.А. Калинина, Д.Ю. Лютый, А.В. Остапова, Г.И. Кашин, Я.А. Олехнович
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОГРАММЫ «ЧИСТОЕ НЕБО» И ЕЁ РЕАЛИЗАЦИЯ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Цель работы – проанализировать ценность программы «Чистое небо», выявить её достоинства и недостатки, оценить результаты проведённой работы в рамках данной программы.

Проект «Чистое Небо» предполагает ликвидацию всех воздушных кабелей и проводов на улицах центральных районов Санкт-Петербурга. Перенос линий связи под землю позволяет улучшить эстетический вид городов, увеличивает срок службы самой инфраструктуры, защищает ее от постороннего вмешательства и воздействия погодных условий.

В соответствии с поручениями Губернатора Санкт-Петербурга, Комитет по информатизации и связи (КИС) выступил заказчиком проектирования и строительства централизованной альтернативы воздушным линиям связи – системы подземных волоконно-оптических переходов под городскими магистралями для свободного коллективного доступа операторов связи. Для этого были вырыты глубокие коллекторы со смотровыми колодцами через каждые 50–60 м (рис. 1). Таким же методом воспользовались в Москве в рамках реконструкции улиц. Коллекторы легко и недорого обслуживать, замена или добавление нового кабеля осуществляется намного легче. Такой вид прокладки значительно снижает число обрывов коммуникаций при реконструкции или других строительных работах. Данный способ переноса линий связи позволяет навести системный порядок с сетями: все они находятся в коллекторе, что крайне практично. На общегородском уровне это позволяет экономить пространство улиц – не нужно закладывать буферные зоны между разными сетями, что позволяет сужать красные линии и делать город удобнее [1].



Рис. 1. Общий вид коллектора со смотровым колодцем

Воздушные кабели наиболее подвержены воздействию природных явлений: ветров, наледи, падающих деревьев, помимо того, они могут быть намеренно или случайно повреждены третьими лицами. В подземных коллекторах вероятность таких случаев крайне низка. К тому же срок службы кабеля под землей намного больше в сравнении с воздушной инфраструктурой. Что касается проектирования и планирования строительства, то рассчитать необходимое количество материалов для прокладывания кабеля под землей намного проще, что снижает стоимость и экономит время проектировщикам и строителям. Большое преимущество имеют подземные кабели для телекоммуникационных компаний, которые обязаны гарантировать тайну связи. То есть обязаны обеспечивать физическую защищенность инфраструктуры с целью исключения возможности третьих лиц к подключению. Доступ ко всей подземной инфраструктуре осуществляется через канализационные люки, оборудованные сигнализацией. Главное преимущество для всех компаний – это снижение расходов на обслуживание инфраструктуры и простота сервисного обслуживания. Теперь обрыв в цепи можно выявить за более короткий срок и для устранения не понадобятся дорогостоящие промышленные альпинисты [3].

Исходя из историко-культурной ценности, на первом этапе в объем данного проекта вошло строительство соответствующих подземных кабелей коллективного доступа, для замены воздушных линий связи, пересекающих главную магистраль в центральной части города – Невский проспект. Также Комитетом была проделана большая работа разъяснительного характера с операторами связи по добровольному переключению воздушных волоконно-оптических линий связи. На данный момент большинство операторов линий связи ликвидировали значительную часть их воздушной инфраструктуры.

Ростелеком сегодня помогает в реализации проекта во многих городах. Компания за свой счёт, используя свои инвестиционные средства, по заявкам других участников рынка и по указанным ими адресам прокладывает линии связи в канализации, принадлежащей Ростелекому. После строительства линии передаются на баланс операторам связи, которые их заказали за символический платёж. Так построенный канал связи становится собственностью оператора, который оплачивает аренду инфраструктуры в телекоммуникационной канализации по публичным тарифам [2].

Подобные проекты уже осуществлены в таких городах, как Париж, Берлин, Лондон, Мадрид. В Москве программа «Чистое небо» успешно внедрена с 2015 года. Столичные власти специально для этих целей построили дополнительную кабельную канализацию общей протяженностью почти 470 км. Сейчас под московскими улицами более 75 тысяч километров линий различного напряжения – это в 3,5 раза больше, чем протяженность воздушных коммуникаций. Провода практически исчезли на Садовом кольце, Бульварном и важнейших улицах Москвы. В то же время на территории Москвы установка всех новых объектов наружного освещения, и реконструкция старых осуществляются исключительно подземным методом [4].

В 2017 году Комитет по информации и связи (КИС), занимающийся реализацией проекта в Петербурге отчитался о ликвидации всех 430 воздушных кабельных переходов над Невским проспектом, от Дворцовой площади до улицы Александра Невского. Но оказалось, что работы не относились к медным линиям звукового вещания, коаксиальным кабелям операторов телевидения и другим. Таким образом, получилось, что работа, предусмотренная проектом, выполнена, а замысел программы не реализован. Убрать оставшиеся кабели или запретить прокладывать новые в рамках нынешнего правового поля город не может, необходимы законодательные изменения на федеральном уровне. Для глобального решения проблемы Петербургу необходимо по аналогии с Москвой строительство кабельной канализации для прокладывания кабельных коммуникаций всех назначений. КИС уже вносил такое предложение, но оно не было принято во внимание. К сожалению, и инициатива Ростелекома не была поддержана, хотя в других городах кампания успешно исполняется. Остается вопрос в заинтересованности Петербургских властей в реализации данной программы [5].

Известно, что стоимость проекта достаточно высока. Авторы предлагают провести поиск и анализ решений для удешевления проекта. В настоящий момент – это сделать невозможно, так как в сети недостаточно данных о проекте «Чистое небо».

ЛИТЕРАТУРА:

1. О реализации проекта «Чистое небо»: [Электронный ресурс] // Администрация Санкт-Петербурга. URL: https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/c_information/obrasheniya-grazhdan/faq/6513/ Режим доступа: свободный – (Дата обращения: 27.03.2021).
2. Очистить небеса: "Ростелеком" помогает операторам спуститься под землю: [Электронный ресурс] // Деловой Петербург. URL: https://www.dp.ru/a/2020/08/12/Ochistit_nebesa_Rostele . Режим доступа: свободный – (Дата обращения: 27.03.2021).
3. С небес под землю. Зачем и как в Москве прячут провода: [Электронный ресурс] // РИА Новости. URL: <https://ria.ru/20180212/1513853093.html> . Режим доступа: свободный – (Дата обращения: 27.03.2021).

4. Идеи повисли в воздухе. Почему в Петербурге буксует программа «Чистое небо»? [Электронный ресурс] // Санкт-Петербургские Ведомости. URL: <https://spbvedomosti.ru/news/gorod/idei-povisli-v-vozdukhe-rochemu-v-peterburge-buksuet-programma-chistoe-nebo/>. Режим доступа: свободный – (Дата обращения: 27.03.2021).
5. На российских дорогах появятся новые виды ограждений: [Электронный ресурс] // Парламентская газета. URL: <https://www.pnp.ru/social/gibdd-predlagaet-innovacionnyy-sposob-razdelit-potoki-na-rossiyskikh-dorogakh.html> Режим доступа: свободный – (Дата обращения: 25.03.2021).

УДК 711; 628.24

Д.А. Баранов, К.Н. Криулин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

УПЛОТНИТЕЛЬНАЯ ЗАСТРОЙКА КАК ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ФАКТОР ПОДТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

За последние 10–15 лет в Санкт-Петербурге [1] практически ежегодно наблюдается затопление поверхностными дождевыми водами части территории городской застройки. Особенно ярким проявлением этого (вызывающим экономический ущерб и социальное напряжение) является затопление городской уличной сети: проспектов, улиц, площадей.

Элементом инженерного обеспечения городского хозяйства, предназначенным для отведения дождевых вод с городских территорий, является система дождевой канализации (СДК). Конструкция и параметры элементов СДК должны обеспечивать нормальные условия эксплуатации территории городской застройки при расчетной вероятности затопления.

Наличие фактов затопления городской территории дождевыми водами является следствием неудовлетворительной работы СДК. Среди факторов недостаточно надежного и эффективного функционирования СДК кроме недостаточного уровня эксплуатационных и организационно-технических мероприятий и «климатического» фактора следует выделить «градостроительный» фактор.

Под «климатическим» фактором понимается диссонанс между расчетными параметрами СДК (основанных на климатических параметрах первой половины XX века) и современными фактическими параметрами выпадения осадков.

Под «градостроительным» фактором понимается изменение структуры водосборной площади, существующей СДК, в результате уплотнительной застройки (увеличение площади, занятой зданиями и площади внутриквартальных проездов и автостоянок на фоне уменьшения площади озеленения), что является причиной увеличения расходов дождевых вод.

Цель работы – установить связь изменения структуры водосборной площади в результаты уплотнительной застройки с изменением расчетных расходов дождевых вод.

Зависимость расчетной величины расхода дождевых вод от структуры водосборной площади СДК проиллюстрируем на примере условного фрагмента городской застройки площадью 10 га в условиях г. Санкт-Петербурга.

В таблице 1 представлены 5 вариантов структуры площади застройки, отличающихся значениями коэффициента застройки (КЗ) определяемого как отношение площади зданий к общей площади застройки [2]. Вариант 5 иллюстрирует высокую степень уплотнения застройки, вариант 1 – низкую степень уплотнения. Там же представлены результаты определения расчетных расходов и диаметров и наполнения труб коллектора СДК для этих 5 вариантов.

Средний коэффициент покрова, характеризующий поверхность бассейна стока Z_{mid} , определяется как:

$$z_{mid} = (z_{кр}F_{кр} + z_{асф}F_{асф} + z_{д}F_{д} + z_{газ}F_{газ}) \setminus (F_{кр} + F_{асф} + F_{д} + F_{газ}),$$

где $F_{кр}$, $F_{асф}$, $F_{д}$, $F_{газ}$ – площади с различным типом покрытий (площадь кровли зданий, асфальтовых покрытий, грунтовых дорожек, газонов); $z_{кр} = 0,32$, $z_{асф} = 0,32$; $z_{д} = 0,09$; $z_{газ} = 0,038$ – соответственно коэффициенты покрова, различных типов покрытий [3].

Таблица 1 – Зависимость величины расчетного расхода дождевых вод от структуры площади застройки

Параметры застройки и СДК	Вариант структуры площади застройки				
	1	2	3	4	5
Площадь кровли зданий, га	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
Площадь проездов и парковок, га	0,4	0,8	1,6	2,4	3,2
Площадь газонов, га	8,9	8,0	6,2	4,4	2,6
Площадь грунтовых покрытий, га	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Коэффициент застройки	0,5	0,1	0,2	0,3	0,4
Коэффициент Z_{mid}	0,059	0,084	0,141	0,175	0,220
Расчетный расход дождевых вод q_r , л/с	219	314	482	651	819
Расчетный диаметр коллектора (при уклоне 0,005)	500	600	700	800	900
Расчетное наполнение трубы коллектора	0,74	0,67	0,68	0,63	0,61

Расчетный расход дождевых вод q_r , л/с, определялся на основании [3]

$$q_r = z_{mid} A^{1,2} F / t_r^{(1,2n-0,1)};$$

$$A = q_{20} 20^n (1 + \lg P / \lg m_r)^\gamma,$$

где $q_{20} = 60$ л/с/га – расчетная интенсивность дождя в л/с с 1га при $P=1$ в рассматриваемом регионе (регион г. СПб); $n = 0,65$; $m_r = 150$; $P = 0,5$; $\gamma = 1,33$ – определяют характеристики выпадения дождя в рассматриваемом регионе, $P = 0,5$ – период однократного превышения осадков высокой интенсивности; F – расчетная площадь бассейна стока, га, t_r – расчетная продолжительность дождя, мин., принята в соответствии с [3].

Параметр P принят равным 0,5 в соответствии с [3]. Это определяет вероятность выпадения осадков с интенсивностью большей расчетного значения $q_{20} = 60$ л/с/га примерно два раза в год.

Расчетный диаметр и наполнения труб коллектора СДК определены по [4].

Представленные в таблице 1 данные иллюстрируют значимость «градостроительного» фактора в причинах неудовлетворительной работы СДК: увеличение расчетного расхода дождевых вод при увеличении плотности застройки – при увеличении КЗ от 0,05 до 0,4 расчетный расход q_r увеличивается от 219 до 819 л/с.

Следует подчеркнуть что, при изменении КЗ от 0,05 до 0,1 увеличение расчетного расхода дождевых вод составит почти 50 %; а при изменении КЗ от 0,3 до 0,4 – на 25 %. На основании данных таблицы можно сделать вывод о том, что в условиях разреженной застройки (при малых значениях КЗ $\approx 0,05-0,1$) незначительное уплотнение застройки приводит к значительному увеличению расчетного расхода дождевых вод.

На примере изменения структуры застройки в период с 2000 г. по 2021 г. [5] одного из кварталов г. Санкт-Петербург, представленного на рисунке 1, выполним оценку изменения величины расчетного расхода дождевых вод. Общая площадь квартала составляет 19,1 га. Результаты расчета основных показателей представлены в таблице 2.

Таким образом при увеличении КЗ от 0,144 в 2000 г. до 0,176 в 2021 г. величина расчетного расхода увеличилась с 714 до 909 л/с.

Это результат можно интерпретировать следующим образом. В 1970-80 годах был запроектирован и построен коллектор СДК диаметром 700 мм с расчетной пропускной способностью 714 л/с (при приблизительной глубине потока воды равной 0,62 м и скоростью потока 1,97 м/с). Проектирование выполнено при расчетном значении КЗ = 0,144 и $Z_{mid} = 0,102$.

Таблица 2 – Сравнение основных показателей застройки и СДК в 2000 и 2021 гг.

Год	КЗ	Z_{mid}	Расчетный расход q_r , л/с	Диаметр коллектора, мм	Наполнение трубы	Скорость в трубе, м/с
2000	0,144	0,102	714	700	0,89	1,97
2021	0,176	0,128	909	800	0,78	2,18

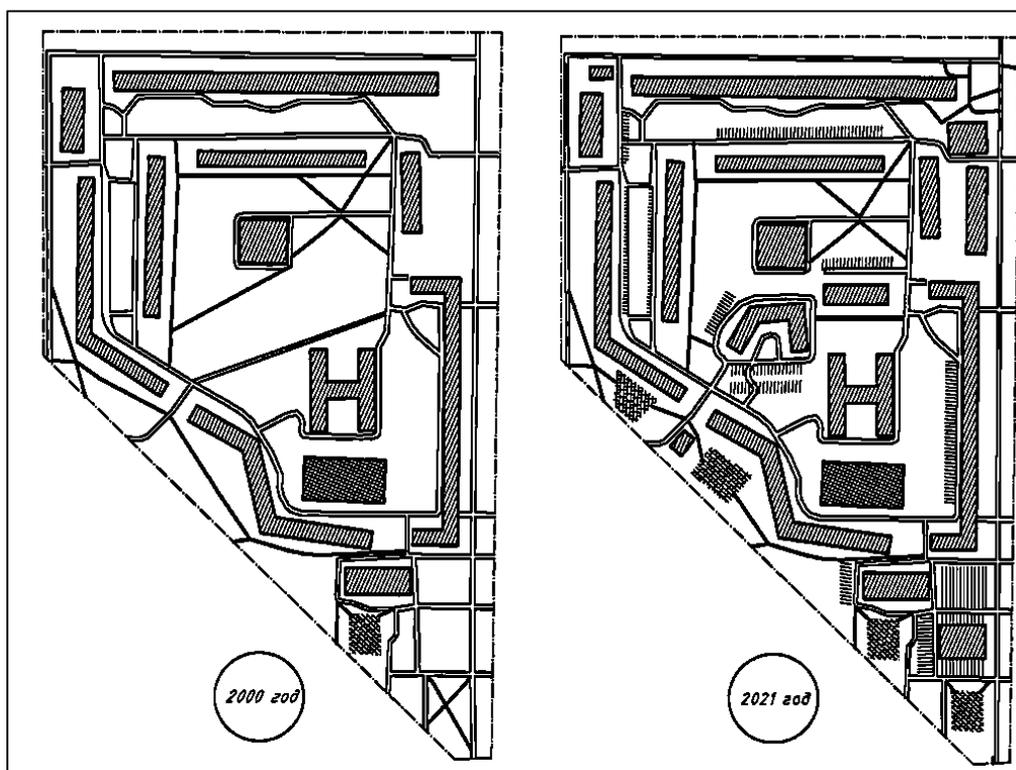


Рис. 1. Схема изменения структуры застройки квартала

В результате уплотнительной застройки на территории квартала (с соответствующим увеличением площади проездов и мест для парковки автомобилей) КЗ увеличился до значения 0,176, а показатель Z_{mid} до 0,128. Соответственно увеличилось значение расчетного расхода дождевых вод до 909 л/с. Если учесть, что построенный в конце XX века коллектор имеет пропускную способность только около 720 л/с, то дефицит пропускной способности в 2021 г. составляет приблизительно 180 л/с.

Таким образом, дефицит пропускной способности коллектора СДК будет являться причиной переполнения СДК с образованием затопления территории рассматриваемого квартала в периоды выпадения дождей значительной интенсивности с вероятностью два раза в год.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Павловский А.А. О ливневых затоплениях некоторых территории Санкт-Петербурга при современных изменениях климата. – Текст: электронный. – URL: <https://dpvolga.ru/intensivnost-dozhdya-q20-dlya-sankt-peterburga/#i>
2. Криулин К.Н., Симанкина Т.Л. Генеральный план, инженерная подготовка, организация рельефа территории застройки. Учеб.пособие. СПб.: СПбПУ, 2019. –130 с.
3. СП 32.13330.2018. Свод правил. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция взамен СП 32.13330.2012 "СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения"
4. Лукиных А.А., Лукиных Н.А., Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н.Н. Павловского. Изд. 4-е, доп. М., Стройиздат, 1974. 156 с.
5. Google карты : сайт. – URL: <https://www.google.com/maps/@60.0472623,30.3602015,17z>

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ПЕРЕХВАТЫВАЮЩИХ ПАРКОВОК
НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА

Цель работы – определить влияние перехватывающих парковок на экологические аспекты градостроительства.

Проведем оценку [4, 6] снижения экологического влияния на общий экологический фон города Санкт-Петербурга легковых автомобилей, поставленных на перехватывающую парковку в районе метро Девяткино. Площадь парковки составляет 27 812 кв. м, исходя из этой площади и размеров одного парковочного места для легкового автомобиля в соответствии с [1, 5] установлены минимальные (5,3 м на 2,5 м) и максимальные (6,2 на 3,5 м) размеры одного машино-места.

Таким образом, предполагается, что на перехватывающей парковке может разместиться 1000 парковочных мест из них 100 для маломобильных групп населения (МГН).

Экологическая оценка автомобильных выбросов включает в себя: определение массы выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух; расчет концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ автомобильных выбросов; расчет акустического загрязнения (уровня транспортного шума) на улицах города.

Определим массу выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух. Массовый выброс загрязняющих веществ легковыми автомобилями с определенным объемом двигателя при движении по территории населенных пунктов рассчитаем по формуле:

$$M_{1ij} = m_{1ij}L_{1j}K_{ri}10^{-6}, \text{ т}$$

где m_{1ij} – пробеговый выброс i -го загрязняющего вещества легковым автомобилем с двигателем j -го рабочего объема, г/см; L_{1j} – суммарный пробег легковых автомобилей с двигателем j -го рабочего объема по территории населенных пунктов, км; K_{ri} – коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ при движении по территории населенных пунктов.

Таким образом, можно утверждать, что организация парковки на 1000 машино-мест позволит снизить объемы выброса вредных веществ в атмосферу: СО – 337,5 кг; СН – 67,5 кг; NO₂ – 52,5 кг; 2,5 кг.

Проведем расчёт концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ автомобильных выбросов. Основным показателем, который определяет чистоту воздуха, является отношение фактической концентрации загрязняющего вещества C к его предельно допустимой концентрации (ПДК), которое должно быть меньше или равно 1.

$$\sum_{i=1}^{\infty} \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1,$$

где C_i – концентрация соответствующих вредных веществ в атмосферном воздухе в одной и той же расчетной точке, мг/м³; ПДК_{*i*} – предельно допустимые концентрации соответствующих вредных веществ, мг/м³.

Расчет производится в соответствии с приказом Минприроды от 6 июня 2017г. [2] и методике, изложенной в приложении п. 17 [3].

$$V_1 = 3,14 \cdot 0,04^2 / 4 \cdot 6 = 0,0075 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$f = 1000 \cdot \frac{36 \cdot 0,04}{2^2 \cdot 50} = 7,2 < 100;$$

$$v_M = 0,65 \sqrt[3]{\frac{0,0075 \cdot 50}{2}} = 0,373;$$

$$v'_M = 1,3 \cdot \frac{6 \cdot 0,04}{2} = 0,156;$$

$$f_e = 800 \cdot 0,156^3 = 3,04;$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,4\sqrt{3,04} + 0,34\sqrt[3]{3,04}} = 0,748;$$

$$m = 2,86 \cdot 0,748 = 2,139;$$

$$C_M = 160 \sum M_i \cdot 1 \cdot 2,139 \cdot \frac{1}{2^3} = 68,45 \sum M_i, \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{MCO} = 68,45 \cdot 0,004 = 0,274 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{MNOX} = 68,45 \cdot 0,00066 = 0,045 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{MCH} = 68,45 \cdot 0,000077 = 0,0053 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{MSO_2} = 68,45 \cdot 0,00017 = 0,012 \text{ мг/м}^3;$$

$$\sum C_i / \text{ПДК}_i = 0,274/5 + 0,045/0,085 + 0,0053/1 + 0,012/0,05 = 0,83 < 1.$$

Рассчитав концентрацию в атмосферном воздухе вредных веществ, получили, что основной показатель, который определяет чистоту воздуха, находится у предельно допустимого значения.

Таблица 1. Определение массы выбросов

Рабочий объем двигателя, м	
1,3-1,8	1,8-3,5
$M_{1COj} = 13 \cdot 25 \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 0,325 \text{ кг}$	$M_{1COj} = 14 \cdot 25 \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 0,350 \text{ кг}$
$M_{1CHj} = 2,6 \cdot 25 \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 0,065 \text{ кг}$	$M_{1CHj} = 2,8 \cdot 25 \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 0,07 \text{ кг}$
$M_{1NO_2j} = 1,5 \cdot 25 \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 0,0375 \text{ кг}$	$M_{1NO_2j} = 2,7 \cdot 25 \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 0,0675 \text{ кг}$
$M_{1SO_2j} = 0,076 \cdot 25 \cdot 1,25 \cdot 10^{-6} = 0,002 \text{ кг}$	$M_{1SO_2j} = 0,096 \cdot 25 \cdot 1,25 \cdot 10^{-6} = 0,003 \text{ кг}$

Проведем расчёт акустического загрязнения (уровня транспортного шума) на улицах города на основе метода ЦНИИП Градостроительства. Метод заключается в определении эквивалентного уровня шума в расчетных точках примыкающей территории городов, который можно определить по формуле, приведенной в пособие [3, п.17.4.4.]:

$$L_{\text{ЭКВ}} = 10 \lg \left[\frac{Q}{4 \cdot 10^{0,1\Delta L_{\Phi}}} + 1,2 \cdot 10^{-9} \cdot P_1 \xi V^{2,4} \lambda^{0,3} \left(\sum_{i=1}^f \rho_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_{SOi}} \right) \sum_{j=1}^m \frac{1}{d_j} \right];$$

$$L_{\text{ЭКВ}} = 10 \lg \left[\left(\frac{5 \ 398 \ 064}{4 \cdot 10^{0,1 \cdot 0}} \right) + 1,2 \cdot 10^{-9} \cdot 2000 \cdot 3,5 \cdot 60^{2,4} \cdot 1,5^{0,3} \cdot (50 \cdot 10^{0,1 \cdot 80} + 50 \cdot 10^{0,1 \cdot 70}) \cdot \left(\frac{1}{17} + \frac{1}{21} + \frac{1}{25} + \frac{1}{29} \right) \right] = 83 \text{ дБ(А)}.$$

Расчет показал, что уровень шума в 83 дБ(А) превышает безопасное для слухового аппарата человека значение в 1,5 раза.

Таким образом, экологическая оценка автомобильных выбросов, основанная на определении массы выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух, расчете концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ автомобильных выбросов и расчете акустического загрязнения (уровня транспортного шума) на улицах города, показала, что размещение перехватывающих парковок и транспортно-пересадочных узлов поможет уменьшить

вредное воздействие автомобильного транспорта на окружающую среду и здоровье человека, и, соответственно, улучшит экологическую ситуацию в городе.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Приказ Министерства экономического Развития Российской Федерации от 7 декабря 2016 г. N 792 об установлении минимально и максимально допустимых размеров машино-места минимально и максимально допустимые размеры машино-места.
2. Приказ Минприроды от 6 июня 2017г. N 273 Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе
3. Немчинов М.В., Систер В.Г., Силкин В.В., Рудакова В.В. Охрана окружающей природной среды при проектировании и строительстве автомобильных дорог: Учебное пособие. – М.: Изд-во АСВ, 2009. – 280 с.
4. Брайла Н.В., Романович М.А., Симанкина Т.Л., и др. Правовое обеспечение землеустройства и кадастров. Учеб. пособие. СПб.: СПбПУ, 2021. 126с.
5. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85. М.: Госстрой России, 2013.
6. Tsvetkov O., Simankina, T., Karmokova, K. Video-ecological coefficient of real estate objects / E3S Web of Conferences. Volume 91, 2 April 2019;

УДК 721.183

Д.С. Одинокоев, И.В. Салаткин, Л.В. Талипова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОСТУПНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ

Обеспечение безбарьерной среды для маломобильных групп населения (МГН) является важной задачей всех стран. Необходимо создание средствами архитектуры, градостроительства, транспорта, информатизации и связи условий, обеспечивающих МГН равные со всеми гражданами возможности в пользовании объектами социальной инфраструктуры, получении образования, реализации творческого потенциала, активного участия в общественной жизни.

При новом проектировании общественных, жилых и промышленных зданий следует предусматривать для инвалидов и граждан других маломобильных групп населения условия жизнедеятельности, равные с остальными категориями населения. При реконструкции объекта необходимо проработать мероприятия по обеспечению доступности МГН к объекту – входная группа, парковочные места, пандусы, подъемники, доступные вертикальные и горизонтальные коммуникации [1-5].

Цель данного исследования – обеспечение доступной среды для маломобильных групп населения при реконструкции здания, входящего в состав объектов культурного наследия, располагаемого по адресу: Санкт-Петербург, ул. Рузовского, д.18 литера А.

Первым этапом является обследование объекта и прилегающей к ней территории для категории инвалидности: передвигающиеся на креслах-колясках. На данном этапе обследуется: прилегающая территория, доступность входа.

На прилегающей территории исследуется:

1. Парковка, специализированные места для инвалидов размерами 6×3,6 м [8];
2. Наличие пониженных бордюров (не более 1,5 см), уклоны пониженных бордюров 8 – 10%;
3. Наличие ровной и твердой поверхности тротуаров и дорожек, дублирование перепадов и ступеней пандусами, уклоны дорожек, решетки или лотки ливневой канализации на пути;
4. Свободное пространство для коляски рядом со скамейками (0,9 – 1,2 м), наличие скамеек для МГН (высота 0,46-0,50 м, наличие спинки, подлокотника и на 1/3 свободного пространства под скамейкой).

Исследование входной группы включает в себя:

1. Наличие входа с уровня земли или пандуса, дублирующего перила с двумя высотами 0,7 и 0,9 м, имеющего выступы с двух сторон по 0,3 м и диаметром 4 – 5 см;
2. Измерение высоты дверных порогов (не более 1,5 см).

Обследовалась прилегающая территория по 3 маршрутам, заканчивающаяся дворовой территорией объекта, расположенного по адресу: ул. Рузовская 18, лит. А (рис. 1).

Маршрут №1. На территории исследования по Загородному проспекту и Рузовской улице ровная и твердая поверхность, представленная мощением, отсутствуют решетки и лотки ливневой канализации на пути движения. Ширина тротуаров на ул. Рузовская составляет 4 метра, что способствуют свободному перемещению инвалидов-колясочников. На пути движения отсутствуют тактильные направляющие плиты. На участке присутствуют пониженные бордюры, значение которых не превышает 1,5 см, уклоны бордюров 8%. На прилегающей территории отсутствуют места для отдыха, нет выделенных мест для парковки машин инвалидам-колясочникам. Дворовая часть имеет насыпное покрытие.

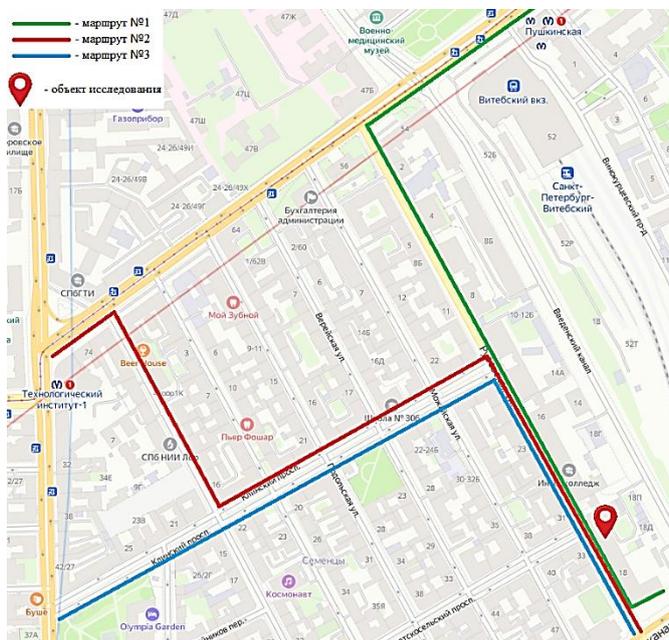


Рис. 1. Маршрут обследования

Дверной проем основного входа имеет параметры 900x2200 мм, имеется порог высотой 20 см. Вход со двора в проеме имеет аналогичные размеры, но также присутствуют ступени перед входной группой (рис. 2). Пандус у входа отсутствует.

Рекомендации по приспособлению территории исследования для МГН (согласно СП 59.13330.2016, СП 113.13330.2012. Стоянки автомобилей):

1. Дворовую часть объекта исследования выполнить из асфальтового покрытия (пути движения, остальную часть выполнить озеленением);
2. Выделить 10% от общего числа парковочных мест под места для инвалидов-колясочников размерами 6x3,6 м;



Рис. 2. Входная группа объекта

3. На путях движения и в дворовой части объекта исследования выполнить направляющую тактильную плитку;
4. Обустроить местами отдыха дворовую часть объекта исследования (рис. 3);
5. Понизить порог основного входа на 5 см;
6. Увеличить пространство дворового входа, установить в этой части электрический подъемник на две ступени.

Маршрут № 2. На территории исследования по Загородному проспекту – Броннинской улице – Клинскому проспекту и Рузовской улице лежит ровная и твердая поверхность,

представленная мощением, отсутствуют решетки и лотки ливневой канализации на пути движения. Ширина тротуаров на Броннинской улице составляет 2 м, местами присутствуют барьеры для передвижения (столбы, мусорные урны), что может поспособствовать затрудненному перемещению инвалидов-колясочников. Ширина тротуаров на ул. Рузовская составляет 4 м, что способствуют свободному перемещению инвалидов-колясочников. На пути движения отсутствуют тактильные направляющие плиты. На участке присутствуют пониженные бордюры, значение которых не превышает 1,5 см, уклоны бордюров 8 %. На прилегающей территории нет выделенных мест для парковки машин инвалидам-колясочникам. Дворовая часть имеет насыпное покрытие.

Рекомендации по приспособлению территории исследования № 2 для МГН:

1. Дворовую часть объекта исследования выполнить из асфальтового покрытия (пути движения, остальную часть выполнить озеленением);
2. Выделить 10 % от общего числа парковочных мест под места для инвалидов-колясочников размерами 6х3,6 м;
3. На путях движения и в дворовой части объекта исследования выполнить направляющую тактильную плитку;
4. Убрать барьеры на Броннинской улице, препятствующие перемещению инвалидов-колясочников.

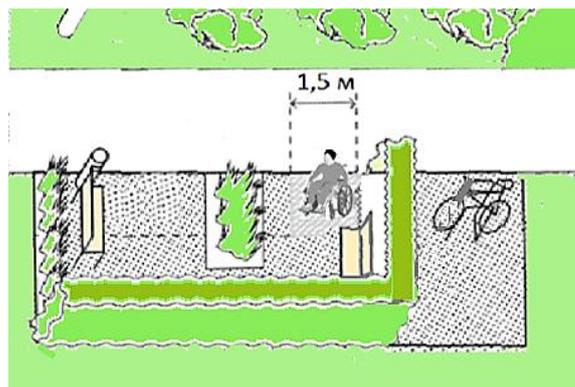


Рис. 3. Обустройство мест отдыха

Маршрут №3. На территории исследования по Клинскому проспекту и Рузовской улице лежит ровная и твердая поверхность, представленная мощением, отсутствуют решетки и лотки ливневой канализации на пути движения. Ширина тротуаров по Клинскому проспекту составляет 3 м. На участке отсутствуют пониженные бордюры. Ширина тротуаров на ул. Рузовская составляет 4 м, что способствуют свободному перемещению инвалидов-колясочников. На пути движения отсутствуют тактильные направляющие плиты. На участке присутствуют пониженные бордюры, значение которых не превышает 1,5 см, уклоны бордюров 8 %.

Рекомендации по приспособлению территории исследования № 3 для МГН:

1. Дворовую часть объекта исследования выполнить из асфальтового покрытия (пути движения, остальную часть выполнить озеленением);
2. Предусмотреть понижение бордюрного камня до 1,5 см на путях передвижения МГН, выполнить уклон не более 8 %;
3. На путях движения и в дворовой части объекта исследования выполнить направляющую тактильную плитку.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Jensen P.A., Maslesa E. Value based building renovation – A tool for decision-making and evaluation. *Building and Environment*. (2015). Vol. 92. Pp. 1-9.
2. Ferreira J., Duarte Pinheiro M., De Brito J. Economic and environmental savings of structural buildings refurbishment with demolition and reconstruction – A Portuguese benchmarking. *Journal of Building Engineering*. (2015). Vol. 3. Pp. 114-126.
3. Ascione F., De Rossi F., Vanoli G.P. Energy retrofit of historical buildings: Theoretical and experimental investigations for the modelling of reliable performance scenarios. *Energy and Buildings*. (2011). Vol. 43. Issue 8. Pp. 1925-1936.
4. Fernandez S. Regeneration of Newton and Arkwright buildings at Nottingham Trent University. *Structural Engineer*. (2011). Vol.89. Issue 3. Pp. 21-25.
5. Castaldo V.L., Pisello A.L., Boarin P., et al. The experience of international sustainability protocols for retrofitting historical buildings in Italy. *Buildings*. (2017). Vol. 2. Issue 2. No.54.

ПОЛУПОДВОДНОЕ ОБЩЕСТВЕННОЕ ПРОСТРАНСТВО. КОНЦЕПЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

В соответствии с [1] при формировании рекреационных зон в городской застройке необходимо выделять территории под размещение парков, создающих условия для прогулок и отдыха. При этом в состав парков могут быть включены и водные объекты, как составная часть зоны «тихого отдыха» и «культурно-просветительных мероприятий».

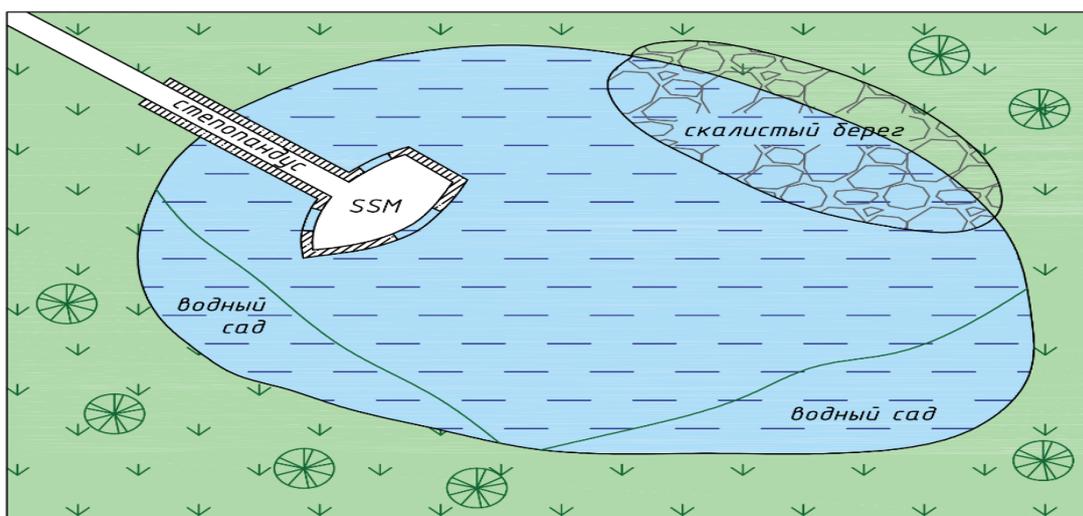


Рис. 1. Схематичный план

Цель настоящей работы – разработка концепции объекта общественного пространства в городском парке в составе водного объекта, реализующего рекреационную и образовательную функции.

Объект представляет комплекс смотровых площадок, расположенных внутри водоёма и защищенных от затопления водонепроницаемыми стенками. При этом уровень площадок (отметки поверхности, где находятся посетители) располагается ниже уровня воды в водоёме. В дальнейшем изложении данный объект будет условно обозначаться как SSM (semisubmarine). На рисунке 1 представлен схематичный план, а на рисунках 2 и 3 два варианта компоновки: одно и двухуровневая схемы.

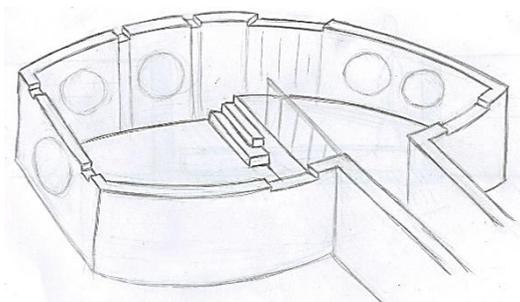


Рис. 2. Двухуровневая схема

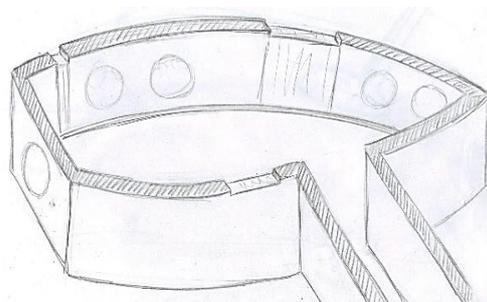


Рис. 3. Одноуровневая схема

В плане очертания водонепроницаемых стенок SSM, выполненных из железобетона, стилизованы под очертания корабля с наличием ярко выраженной остроконечной носовой части и относительно широкой кормовой части. Уровень верха этих стен практически равняется расчетному уровню воды в водоеме.

Вход на смотровые площадки SSM с береговой территории осуществляется по пологому пандусу (или степопандусу) в ограждении водонепроницаемых железобетонных стенок с переменной высотой. Железобетонная ограждающая конструкция выдерживает давление воды извне.

Одноуровневая схема SSM, представленная на рисунке 4, предполагает наличие одной площадки с отметкой, определяющей положение уровня взгляда человека среднего роста немного (на 10-20 см) выше положения уровня воды водоема.

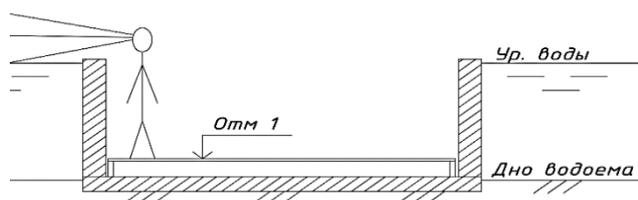


Рис. 4. Разрез одноуровневой схемы

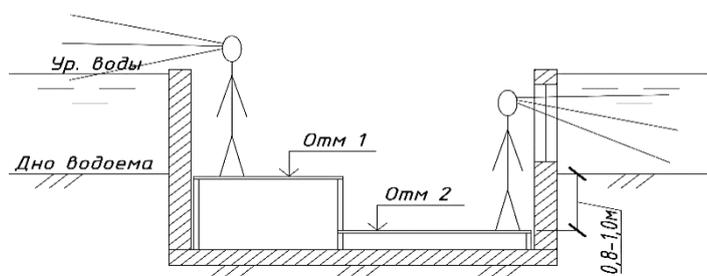


Рис. 5. Разрез двухуровневой схемы

Двухуровневая схема SSM, представленная на рисунке 5, по сравнению с одноуровневой предполагает наличие второй (нижней) площадки с отметкой на 0,8-1,0м ниже уровня дна водоема (прилегающего к SSM). Внутри SSM в зоне нижней площадки примерно на уровне дна водоема в стенках устраиваются иллюминаторы, позволяющие наблюдать за подводным миром водоема. В перспективе сделать возможным видеть дно водоема даже зимой под небольшим слоем льда.

Принципиальное отличие одноуровневой от двухуровневой схемы заключается в разнице необходимых финансовых затрат и сложности реализации проектов. Так при

двухуровневой схеме возрастает необходимый объем земляных работ, а также увеличивается объем ограждающей конструкции. Однако вместе с тем двухуровневая схема является более привлекательной для посетителей, так как открывается возможность наблюдать за фауной и флорой водоема через иллюминаторы.

Освещение. Весь подход к арт-объекту, а также сама площадка будет освещаться. Также запроектировано наличие освещения с внешней стороны ограждающей стены, рядом с иллюминаторами, дающее возможность даже в вечернее время суток обеспечить видимость рельефа и растительности дна.

Гидравлическая система. Водоем и SSM представляют единую гидравлическую систему. Объем водоема – 2-5 тыс. м³, площадь зеркала – 1-3 тыс. м², соотношение сторон 1x2 – 2x3. Водоем окружен зелеными насаждениями.

Водоем является искусственным, возводится путем устройства котлована в грунте с устройства конструкции дна и последующим заполнением водой.

Для поддержания условий для жизнедеятельности рыб, водных растений и организмов необходимо устройство системы циркуляции, обеспечивающей не менее 4-х кратного водообмена в сутки и системы аэрации, поддерживающей концентрацию кислорода в воде в размере 12 г/м³ – летом, и 9 г/м³ – зимой [4].

Система циркуляции предусматривает очистку воды путем прохождения воды через систему фильтров механической и биологической очистки с обеззараживанием ультрафиолетом.

В гидравлическую систему также входят системы: подачи воды (из системы городского водоснабжения); система опорожнения; система дренажа.

Забор воды из водоема в систему циркуляции предусматривается через несколько понижений (на 5-10 см определяется гидравлическим расчетом) верха ограждающей стенки, выполняющих функции водослива. Вода через водосливы поступает внутрь SSM в виде свободно падающей струи. Сбор воды производится с помощью системы водосборных лотков, проходящих по дну SSM в водосборный колодец.

Из водосборного колодца по всасывающему трубопроводу вода поступает через фильтры и облучатель к насосу. От насоса по напорному трубопроводу вода возвращается в водоем. Возможны различные варианты подачи воды в водоем: в виде устройства фонтана с наклонной струей; в виде нескольких струй со дна водоема, которые в сочетании с аэрацией будут создавать яркий визуальный эффект, при просмотре через иллюминаторы.

Насос, фильтры, облучатель, запорная арматура, энергетическое оборудование компонуется в управляющем колодце из сборных ж/б колец диаметром 2 м. Управляющий колодец располагается на берегу водоема.

Для более приятного глазу посетителей рельефа у водоема проектируются разные типы берега, а также такие виды природообустройства как: «водный сад», «скалистый берег».

Рельеф дна водоема – разно уровневый, включающий зимовальные ямы для обитателей водоема, заглубленных на 2-3 м относительно уровня воды в водоеме [5].

Озеленение вокруг водоема. Также не мало важно облагородить местность вокруг самого водоема. Зеленые насаждения у водоема замедляют такие процессы как испарение и заиливание воды, уменьшают эрозию почвы и тем самым увеличивают срок службы водоема. Также растительные массивы, расположенные вдоль береговой линии водоема, его водного зеркала, ограничивают и замыкают ландшафт, что позволяет воспринимать водоем более глубоким, композиция становится более приятной глазу человека. По периметру пруда планируется высадка прибрежных видов растений. Такие растения, как например Ива обыкновенная, способствуют укреплению берега и дополнительной очистке воды, а также расширению среды обитания местных представителей фауны и формированию так называемых экологических островков [3].

Данная смотровая площадка соответствует такому качеству как функциональное разнообразие, предъявляемое к устройству современных рекреационных зон. Её посещением будут заинтересованы не только семьи с детьми, но также такие группы пользователей, как подростки, студенты, пенсионеры и работающее население [2].

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 475.1325800.2020. Парки. Правила градостроительного проектирования и благоустройства.
2. СП 82.13330.2016. Благоустройство Территорий.
3. Ковалева Ю.М., Вислова Е.А., Сапожникова К.С., Челогужева К.А. Особенности проектирования рекреационных зон у водоемов. В сборнике: Ландшафтная архитектура и формирование комфортной городской среды. Материалы XVI региональной НПК. 2020. С. 67-74.
4. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 г. N 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» – Приложение. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения.
5. Слинкин Н.П. Мелководный водоем для выращивания товарной рыбы. Патент на изобретение RU 2028049 С1, 09.02.1995. Заявка № 5034760/13 от 03.02.1992.

ПРОЦЕССЫ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Цель работы – рассмотреть основные этапы перемещения зданий и сооружений.

Перемещение зданий и сооружений – это изменение местоположения сооружения с помощью инженерно-технических и строительных работ в соответствии с градостроительными задачами. Причинами перемещения могут послужить сохранение культурного наследия или осуществление перепланировки городской среды с целью расширения дорог или городских улиц.

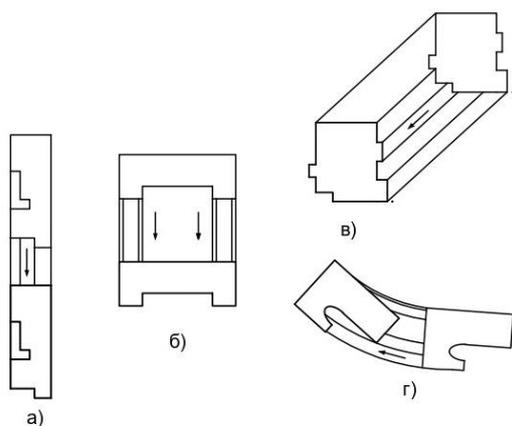


Рис. 1. Варианты переноса зданий [6]

Передвижение и подъем зданий уже давно стали применяться в строительстве. Один из самых ярких примеров переноса зданий – массовая передвижка во второй половине 1930-х годов в Москве, когда был принят план реконструкции города. В Москве в общей сложности передвинуто около 70 домов разного веса и формы [5]. В 1931 году Метрострой осуществил работы по подводке фундаментов под здания, расположенные над туннелями метрополитена, используя метод безусловного прикрепления стен на новые фундаменты. В 1933 – 1934 гг. впервые был произведен подъем осевших стен кирпичного трехэтажного дома на высоту 0,5 м.

Перенос зданий осуществляется в прямом (рис. 1, а и б), косом направлениях (рис. 1, в) и с поворотом (рис. 1, г). Для прямого переноса используется большое количество рельсов, необходимы уборка катков, которые выходят из рандбалок, и заведение их заново с боковых сторон, заблаговременно скосив их под определенным углом. Для косого переноса применяются дополнительно ходовые балки, из-за которых линия среза поднимается на несколько сантиметров выше с учетом высоты ходовых балок и их последовательной заводки. При передвижке под углом к стенам зданий вместо ходовых балок используют под рандбалками отдельные башмаки, которые укладываются параллельно движению [2].

Процесс переноса зданий и сооружений происходит в несколько этапов [1]:

- Подготовительный этап;
- Обеспечение геометрической неизменяемости здания или сооружения путем усиления определенных конструктивных элементов;
- Отделение здания от фундамента;
- Устройство обвязочного пояса по периметру здания и внутренним стенам;
- Возведение нового основания для перемещения здания;
- Устройство рельсовых путей за пределами существующего положения здания;
- Устройство накатных путей или опорных рам с катучими опорами;
- Разработка и расчет средств механизации и приспособлений, необходимых для осуществления технологических операций;
- Перемещение объекта;
- Геодезический и технологический контроль режимов и траектории движения;

- Установка объекта на новый фундамент;
- Выполнение работ по восстановлению необходимых для нормальной эксплуатации сетей.

Из этих этапов можно выделить основные четыре стадии перемещения зданий: подготовительная, отделение здания от фундамента и устройство обвязочных балок, устройство путей и механизмов перемещения здания, перемещение и установка здания на новый фундамент.

Подготовительный этап включает в себя обследование здания, определение геометрических размеров конструктивных элементов и массы здания расчистку территории передвижки, ее ограждение. Проводятся также геологические исследования с целью определения несущей способности грунта.

Отделение здания от фундамента происходит по линиям среза, положение каждой из которых зависит от ее конструктивных особенностей. Чтобы не возникали препятствия для устройства обвязочного пояса, расположения опорных балок и транспортных путей для передвижки здания, линию среза, как правило, проводят между перекрытием подвального помещения и основанием фундамента. Нижнюю часть стен укрепляют стальными балками или железобетонным поясом, что обеспечивает дополнительную прочность и герметическую неизменяемость конструкции. Ходовые балки опираются на стальные обвязочные балки [8].

Третий этап, устройство путей и механизмов перемещения здания, осуществляется путем установки обвязочного пояса в подвале, демонтажом внутренних стен и перегородок, а также устройства основания в виде щебеночной подсыпки и бетонной подготовки. На подготовку устанавливаются рельсовые пути и шпалы, затем – ходовые балки и катучие опоры. Для равномерной посадки здания на ходовые балки используются гидравлические домкраты усилием от 200 до 500 т.

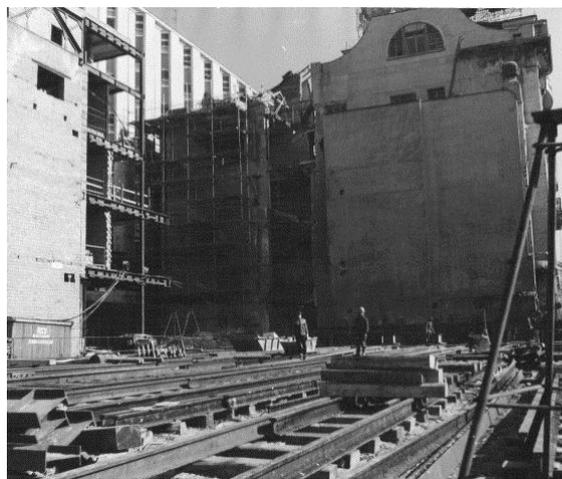


Рис. 2. Процесс перемещения [4]

Перемещение здания или сооружения осуществляется двумя способами: подтягиванием или с помощью гидравлических домкратов. При первом способе применяется система полиспастов и электролебедок, его преимуществом является возможность непрерывного передвижения здания на расстояния до 50 м. При передвижке здания с помощью домкратов из-за малого хода штоков требуется частая перестановка упоров, что делает процесс циклическим и время затратным. Однако такой способ обеспечивает мощное передвигаемое усилие, которое позволяет передвигать массивные здания и сооружения, а также существенно снижает трудоемкость и опасность работ [3].

В конце проведения работ по подъему здания проводится геодезическая оценка вертикальности стен здания и передача нагрузки на опорные элементы. Также проводится омоноличивание конструкций с использованием подвижных бетонных смесей и легких опалубочных систем.

Таким образом, были рассмотрены основные процессы перемещения зданий и сооружений и их этапы. Данный способ позволяет перемещать массивные конструкции на сравнительно большие расстояния (более 100 м), снижая при этом затраты на строительные материалы и их транспортировку, а также экономя время, необходимое для возведения новых сооружений. Этот метод остается незаменим, когда речь идет об исторически ценных постройках, не подлежащих сносу. В последней декаде июля 2020 года в Москве группа компаний «ПИК» впервые за 40 лет передвинула историческое здание – водонапорную башню 1899 года постройки [7]. Данный опыт группы компаний «ПИК» подает пример

девелоперским компаниям и показывает, что описанный способ можно эффективно применять и в настоящее время, позволяя сохранять историческую застройку.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Афанасьев А.А., Матвеев Е.П. Реконструкция жилых зданий. Часть II. Технологии реконструкции жилых зданий и застройки. 2008 г.
2. Вольфсон В.Л. Реконструкция и капитальный ремонт жилых и общественных зданий: Справочник производителя работ. М.: Стройиздат, 2004 г. 252с.
3. Гендель Э.М. Передвижка, подъем и выпрямление сооружений. М. Стройиздат, 1975 г. 272 с.
4. Монфред, Ю. Б. Дом переехал!: о проблеме передвижки зданий. Смоленск: Изд-во: ИПФ-Смолин, 1998 г. 240 с.
5. Передвижка домов в Москве. URL: <https://varlamov.ru/527166.html>
6. Передвижка и подъем зданий. URL: <https://clck.ru/U9iFp>
6. Путь башни. URL: <http://www.archnadzor.ru/2020/07/29/put-bashni/>
7. Роль реконструкции зданий в решении социально-экономических и градостроительных задач. URL: <https://lektsii.org/18-76076.html>

УДК 332

В.М. Горный, В.Л. Баденко
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СВЯЗЬ ЗОН С ОСОБЫМИ УСЛОВИЯМИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ

Актуальность работы – в современном мире, при планировании формирования крупных городских агломераций особо остро встает проблема обеспечения устойчивого развития. Для достижения данной цели необходимо решение многих задач, одна из которых – совершенствование соответствующих инструментов, таких как градостроительное планирование, сбалансированная застройка, гармоничное развитие инженерной и социальной инфраструктуры [1].

Нельзя не отметить влияние зон с особыми условиями использования территории (далее ЗОУИТ) на вышеперечисленные процессы, так как именно эти зоны устанавливают ограничения использования территорий, попадающие в границы данных зон. Грамотное использование информации о ЗОУИТ позволит избежать ошибки еще на стадии проектирования.

Методы исследования – при выполнении данной работы использовались теоретические и практические методы исследования. Теоретические методы исследования содержат анализ современных методов установления зон с особыми условиями использования территорий, нормативно-правовой документации и степени разработанности темы. Также анализ иностранной литературы на тему «regional planning» [2].

Для практического метода необходимо будет доказать целесообразность использования разработанной методики. Было проведено анкетирование по предложению изменения границ существующих зон и созданию новых – результаты анкетирования необходимо выразить на карте с установленными зонами. Прежде чем устанавливать новые границы зон, убедиться, что они соответствуют нынешнему законодательству.

Цель работы – усовершенствовать методики установления зон с особыми условиями использования территорий.

Проанализируем существующую ситуацию расположения зон с особыми условиями использования территорий в городе Санкт-Петербурге. Во-первых, при поиске информации по данным зонам сложно определить все их назначения, так как на публичных картах идет сокращенный перечень (рисунок 1). Т.е. двадцать восемь существующих зон поместили в четыре подгруппы: зоны охраны природных объектов; зоны охраны искусственных объектов; зоны защиты населения и прочие зоны [3].

- Зоны с особыми условиями использования территории
- Зоны охраны природных объектов
- Зоны охраны искусственных объектов
- Зоны защиты населения
- Прочие зоны с особыми условиями использования территории

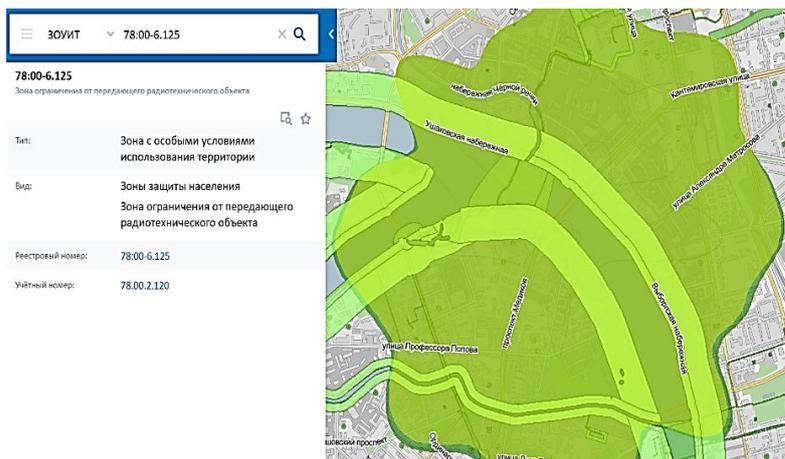


Рис. 1. ЗОУИТ

Рис. 2. Зона ограничения от передающего радиотехнического объекта

Хочется отметить отдельные территории и ЗОУИТ, располагающихся на них. Район черной речки, где находится зона ограничения от передающего радиотехнического объекта (рисунок 2).

Указано, что «зона ограничений устанавливается для защиты населения от воздействия электромагнитных полей, создаваемых оборудованием, и обеспечения безопасной эксплуатации объекта». При этом устанавливается такая зона на территории, где «уровни электромагнитного поля превышают установленные санитарно-эпидемиологическими требованиями предельно допустимые уровни для населения» [4]. Соответственно данная зона установлена для защиты населения от электромагнитных излучений, но при этом наблюдается плотная жилая застройка в данном районе.

Далее рассмотрим завод «Красный Выборжец», который специализируется на обработке цветных металлов. Данный объект находится по адресу: Кондратьевский проспект, дом 6. При рассмотрении территории завода на публичной кадастровой карте видно, что никаких ЗОУИТ не установлено (рисунок 3), но при этом характеристика присутствует – для размещения промышленных объектов.

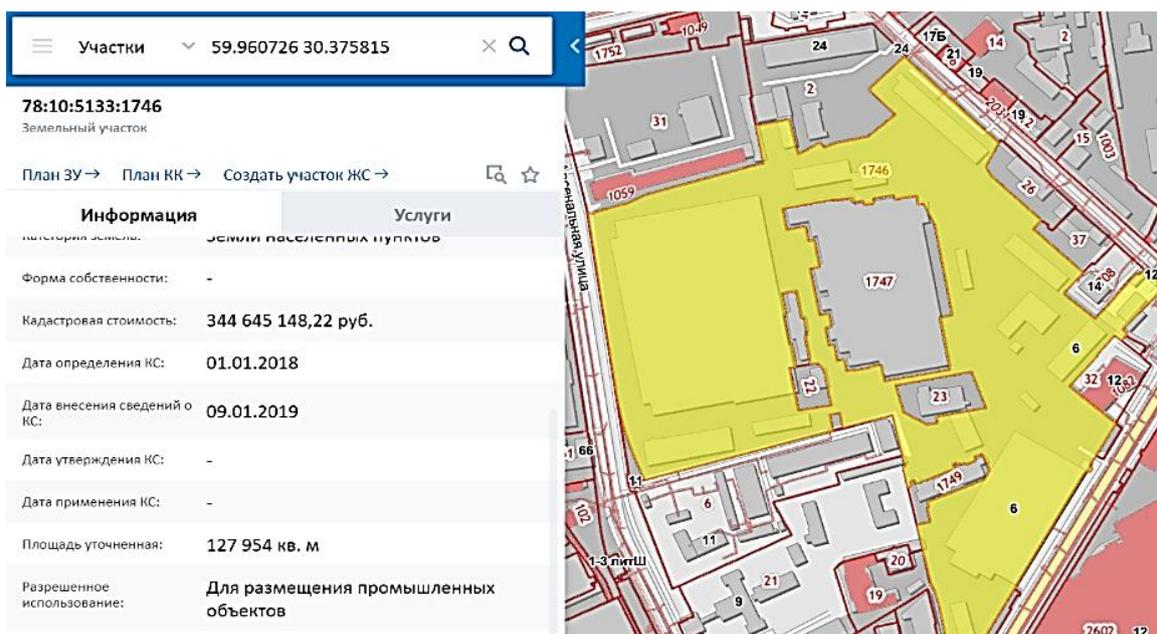


Рис. 3. Завод «Красный Выборжец»

На данном объекте необходимо установить санитарно-защитную зону (далее СЗЗ). Если рассматривать минимальные размеры СЗЗ, то они будут соответствовать 50 м как предприятия 5-го класса. Предположим, что завод «Красный Выборжец» имеет все необходимые технологии и соблюдает все требования, что СЗЗ соответствовала 25 м [5].

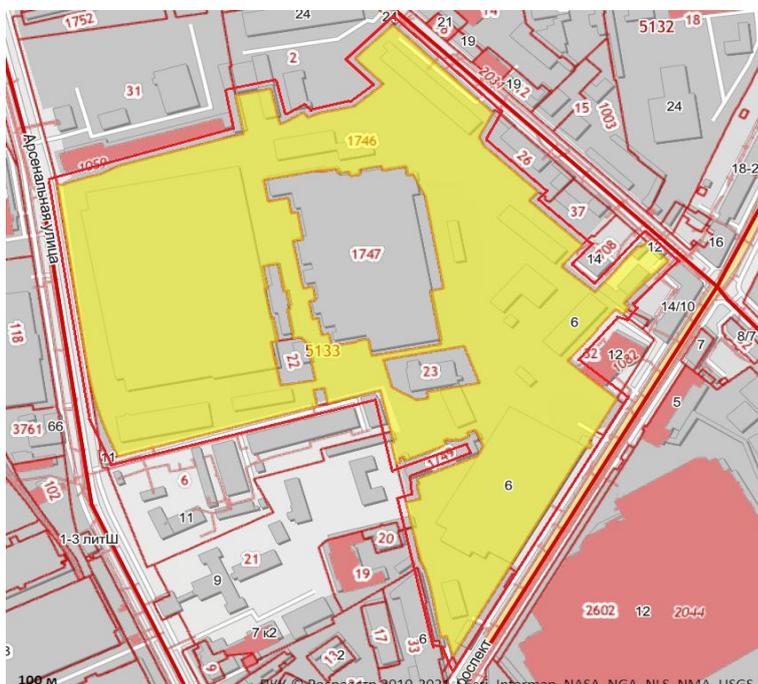


Рис. 4. Санитарно-защитная зона завода «Красный Выборжец»

Таким образом можно установить границу санитарно-защитной зоны (рисунок 4). Проведя данную границу, можно заметить, как она пересекает несколько объектов недвижимости, чего быть не должно.

Вывод. Из вышеперечисленного видно, что не все ЗОУИТ установлены и несут в себе публичный характер. А установленные зоны с особыми условиями использования территорий не все выполняют свои функции. Несомненно, стоит усовершенствовать методики установления и возможно предложить новые зоны, в которых нуждается общество [6].

Провести анкетирование по предложению изменения границ существующих зон и созданию новых. Результаты анкетирования выразить на карте с установленными

зонами. Прежде чем устанавливать новые границы зон, убедиться, что они соответствуют нынешнему законодательству.

Своевременное и правильное установление ЗОУИТ является одним из важных процессов, которые влияют на устойчивое развитие городов [7].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ // СЗ РФ. 03.01.2005. № 1 (часть 1).
2. The United Nations Development Programme Technical Assistance in the Area of Regional Planning. The Government of the Syrian Arab Republic, 2011. [Электронный ресурс]: URL:<http://www.undp.org/content/dam/undp/documents/projects/SYR/>.pdf
3. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ // СЗ РФ. 29.10.2001. № 44.
4. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ). Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96.
5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.
6. Большаков Н.С., Баденко В.Л., Челани А. Выбор участка строительства на основе методов территориального анализа // Инженерно-строительный журнал. – 2018. – № 5(81). – С. 15–24.
7. Bolshakov N., Badenko V., Celani A. Integration of territorial analysis methods in site selection on the example of Saint Petersburg // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Т. 365. – №. 2. – С. 022052.

ВЕЛОПАРКИ. КОНЦЕПЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

В соответствии с [1] при формировании рекреационных зон в городской застройке необходимо выделять территории под размещение парков, создающих условия для прогулок и отдыха. Минимальная площадь территории парка 2 га. По функциональной специализации парки подразделяют на многофункциональные и специализированные, где преобладает одна (или две) из рекреационных функций (например, спортивная, детская, оздоровительная).

Во всем мире и в нашей стране растет число людей, ведущих здоровый и активный образ жизни, в том числе любителей велотуризма и велопрогулок, а также любителей велосипеда, как инструмента занятий оздоровительной физкультурой на свежем воздухе. В Санкт-Петербурге, как и во всей стране, увеличивается сеть велодорожек и вело-маршрутов. Вводятся в эксплуатацию сооружения для велоспорта ВМХ (от англ. Bicycle Motocross, Modified Bike X-treme) [2], которые представляет собой трюковую езду на специальном велосипеде (кроссовом велосипеде) с прыжками, скоростными заездами на площадках с горками, препятствиями и трамплинами. Следует отметить, занятия экстремальным велоспортом и велотуризмом требует достаточно высокой степени физической и специальной подготовки и недоступно широкому кругу населения не имеющих такой подготовки.

В данной работе рассматриваются концепция и основные конструктивные характеристики открытых городских общественных пространств, целевой функцией которых является создание условий для прогулок и физкультурно-оздоровительных мероприятий с использованием велосипеда. В дальнейшем будем использовать термин «велопарк» (Bike Park).

На первом этапе была собрана информация о наличии подобных пространств в РФ, а также проанализированы нормативные документы, регламентирующие геометрические параметры велодорожек и условия их размещения. По итогам первого этапа было выявлено, что на территории РФ есть примеры похожих парков. Их условно можно разделить на два типа:

- выделенные зоны для экстремалов в составе парков или жилых районов (велодромы и велотреки для ВМХ или маунтинбайка);
- парки с отдельными велодорожками для прогулок – например, Парк Красная Парха (Московская обл., рис. 1), Парк Ходынское поле (Москва, рис. 2), Татышев-парк (г. Красноярск) и т.д.

Наша концепция заключается в том, чтобы создать общественное пространство с сетью велодорожек разной сложности, а также спортивными зонами для скейтбордистов и роллеров. Категория сложности будет присваиваться в зависимости от рельефа трассы – чем больше участков с крутыми спусками и препятствиями, тем выше категория сложности. При устройстве препятствий на трассах могут учитываться требования, указанные в [2, часть 4]. В случае, если выбранный участок под парк будет расположен на равнинной местности, рельеф можно будет сформировать с помощью геопластики и подпорных стенок (например, из габионов). Предполагается, что на велодорожках будет разрешено движение также на роликах и самокатах.

Минимальные размеры парка будут приниматься исходя из минимальных геометрических параметров велодорожек, указанных в [4, табл. 4]. Трассы могут быть построены в виде «восьмерок», петель или по кругу – примеры на рис. 3.



Рис. 1. Парк Красная Парха
(Московская обл.)



Рис. 1. Парк Ходынское поле
(г. Москва)

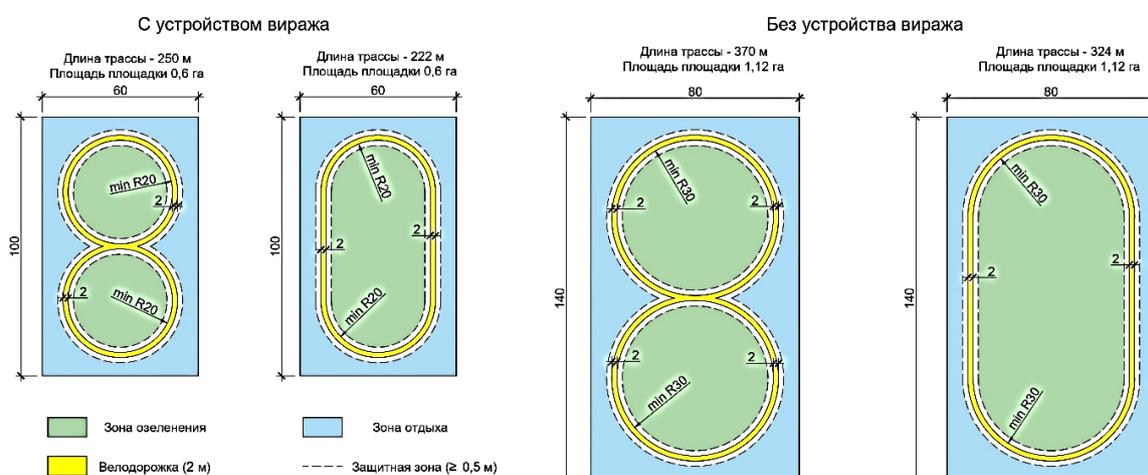


Рис. 3. Минимальные габариты велопарков
(при новом строительстве и без устройства препятствий)

Пересечения велодорожек можно выполнить в одном уровне или в разных (с устройством тоннелей или мостов). При формировании пересечений в разных уровнях необходимо обеспечить проезд высотой не менее 2,5 м [5]. В состав небольшого парка могут быть включены площадка для отдыха велосипедистов и велопарковка. Устройство пешеходных дорожек не предусмотрено. Подобные парки с простой конфигурацией трасс будут рассчитаны для детей и подростков. Небольшие по протяженности трассы с устройством различных препятствий (ям, горок и т. п.) можно выполнять не только с помощью изменения рельефа территории, а также с использованием модульных элементов (модульные памп-треки).

При выборе для строительства парка больших по площади территорий (от нескольких гектаров) мы можем использовать более сложные конфигурации трасс в плане. Продольные и поперечные уклоны и другие геометрические параметры велодорожек принимаются по [4, табл. 4]. На территории подобных парков помимо трасс для велосипедистов могут находиться велопарковки, велодромы для занятий ВМХ, скейтпарки, спортивные школы, пункты проката инвентаря, сооружения для отдыха посетителей. Для связи между собой разных частей парка должна быть предусмотрена

сеть пешеходных дорожек. Рекомендуется проектировать прогулочные дорожки для пешеходов с минимальным количеством пересечений с велодорожками. Такие спортивные парки могут удовлетворить потребности всех категорий граждан. В зимний период велодорожки в парке могут использоваться для катания на лыжах.

В состав инженерной подготовки территории велопарка в зависимости от расположения участка могут входить:

- организация рельефа (вертикальная планировка);
- устройство системы водопонижения (дренаж);
- устройство ливневой канализации;
- мероприятия по защите территорий от подтопления, укрепление склонов и берегов водоемов и оврагов;
- устройство системы полива.

В соответствии с [4, п. 6.10] покрытие велосипедных полос и дорожек необходимо выполнять из твердых материалов. Возможная конструкция покрытия велосипедной дорожки в парке представлена на рис. 4.

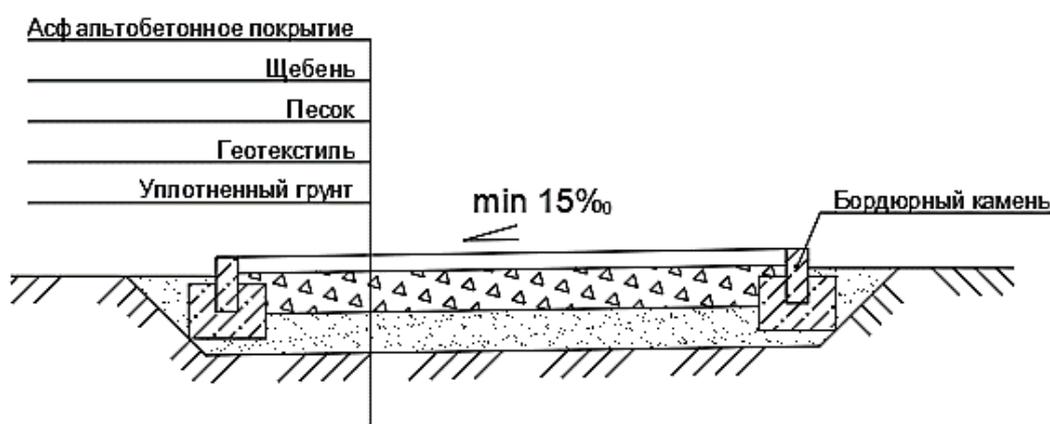


Рис. 2. Пример конструкции покрытия велосипедной дорожки

Не менее важным условием безопасной эксплуатации велопарков является формирование четкой системы визуальной коммуникации в виде знаков, дорожной разметки, указателей и т. п.

На следующем этапе разработки проекта планируется более детально проработать классификацию трасс по категории сложности, а также предложить набор типовых решений (размещение дорожек и их конструктивные решения, зонирование территории) и рекомендации по реализации проекта.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 475.1325800.2020. Свод правил. Парки. Правила градостроительного проектирования и благоустройства;
2. СП 31-115-2008 Свод правил. Открытые физкультурно-спортивные сооружения;
3. СП 82.13330.2016. Свод правил. Благоустройство территорий;
4. ГОСТ 33150–2014. Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование пешеходных и велосипедных дорожек. Общие требования;
5. Методические рекомендации по разработке и реализации мероприятий по организации дорожного движения. Требования к планированию развития инфраструктуры велосипедного транспорта поселений, городских округов в Российской Федерации.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ПОТЕРИ ИДЕНТИЧНОСТИ МАЛЫХ И СРЕДНИХ ГОРОДОВ
НА ПРИМЕРЕ ИСТОРИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ГОРОДА РЯЗАНЬ

Цель работы – проанализировать текущую ситуацию на наличие проблемы и выбрать наилучшие пути решения.

Невозможно представить развитие современной архитектуры отдельно от принципов и приемов зодчества, сложившихся в исторических муниципальных центрах России. С каждым годом все быстрее меняется внешний облик знакомых с детства районов. Так, в последние десятилетия особенно явно возникла проблема потери идентичности малых и средних городов, и как следствие, их узнаваемости.

Рассмотрим эту проблему на примере исторической застройки Рязани. Архитектурный облик Рязани в историческом контексте сформирован ансамблем Кремля, городской застройкой рубежа XIX – XX вв. Следует отметить, как и в большинстве городов России, в Рязани развивалась в массовом жилищном строительстве традиционная деревянная застройка, и, характерная, для центральных городских улиц – кирпичная застройка [1].

Классифицируя по техническому состоянию и современному использованию, здания деревянной застройки можно условно разделить на следующие группы:

- Используемые, находящиеся в хорошем состоянии, (Право-Лыбедская 28, ЦДТ «Феникс»);
- Используемые, но находящиеся в неудовлетворительном состоянии (Щедрина 40, жилой дом – требует ремонта);
- Неиспользуемые, находящиеся в удовлетворительном состоянии (таких, к сожалению, не осталось – все, что долгое время не используется, быстро приходит в негодность и разрушается, либо становится жертвой инцидента);
- Неиспользуемые, находящиеся в аварийном состоянии или частично разрушенные (Цветной бульвар 6, полуразрушен при пожаре, не пригоден для какой-либо деятельности, требует скорейшей реконструкции).

Особого внимания требует последняя группа зданий, находящаяся под угрозой уничтожения [2]. Чаще всего их именно уничтожают, а вместе с ними уходит и история города, теряется его уникальный облик и дух.



Рис. 1. Отель «Старый город»

В качестве основных аспектов проблемы потери идентичности можно выделить следующие пункты:

- Европеизация городского пространства – строительство новых зданий или реконструкция уже имеющихся в европейском стиле. Как следствие – утрата исторического облика города, незаинтересованность туристов в подобных местах. Потеря духовной связи с прошлым. В качестве примера можно рассмотреть отель «Старый город» (рис. 1), не так давно возникший в историческом центре города.

- Строительство безличных однотипных районов, точечная застройка исторического центра зданиями, портящими внешний облик города или не несущими никакой архитектурной ценности. Как пример – перестройка улицы Вознесенской (Либкнехта) (рис.2, 3).
- Массовый демонтаж построек деревянной архитектуры.



Рис. 2. ул. Либкнехта 23, 1972 г.



Рис.3 ул. Либкнехта 9 (23), 2020 г.

Последний аспект рассмотрим поподробнее. В исследовании формирования и развития архитектурных традиций Рязанского края особое место занимает деревянное зодчество, сохранность которого вызывает наибольшую обеспокоенность. Положение большинства памятников является критическим вследствие неграмотной эксплуатации, а также разрушения, гниения, возгорания, как итог – надвигающийся демонтаж.

Данная ситуация возникает из-за совокупности факторов. Это, безусловно, недовольство самих жильцов подобных домов. Пускай внешне дома могут все еще сохранять свой уникальный исторический внешний вид, внутри нас часто ожидают прогнившая древесина и отсутствие современных коммунальных услуг – даже туалет может оказаться на улице. Отсюда вполне понятное стремление к более комфортным современным условиям жизни и желание переезда в пускай и не несущий архитектурной ценности, зато отапливаемый и сухой дом с водопроводом. Есть два основных пути выхода из этой ситуации: с одной стороны, необходим капитальный ремонт здания с проведением канализации, водопровода и отопления. В этом случае дом удастся сохранить жилым. С другой стороны, переселение жильцов в новостройки и создание на базе деревянных районов туристических мест с небольшими ресторанами, гостиницами и сувенирными лавками в этих домах.

Также нередко причиной подобных сносов является нехватка пространства под новую застройку. Исторический центр, безусловно, привлекателен для строительных компаний по многим причинам, поэтому старые здания быстро сносятся ради новой высоты, ресторана или парковки. Для решения подобных аспектов рассматриваемой проблемы я выделила следующие варианты. С одной стороны, можно привести деревянную застройку в достойное состояние и вдохнуть в нее жизнь, адаптировав под современные нужды. Так, например, сохранили старый портовый квартал Брюгген в городе Берген (Норвегия) – памятник деревянной архитектуры эпохи существования Ганзейского союза (рис. 4). Его улицы местами очень узкие, кривые и крутые, большинство построек по скандинавскому обычаю – деревянные. В середине XV в. немецкие города Ганзы учредили здесь свою факторию. С той поры сохранилось 58 деревянных ганзейских зданий в старом квартале Брюгген, примыкающем к гавани города. Около рыбного рынка сохранилась башня Розенкранца (середина XVI в.), здесь же создан Ганзейский музей. В XII в. была построена в романском стиле церковь Святой Девы Марии (Мариякиркен), декоративное оформление

которой представляет собой уникальный образец стиля норвежского барокко [3]. Так же одним из оригинальных способов освобождения места под застройку можно назвать перенос зданий. Так, совсем недавно для постройки ЖК Шереметьевский в Москве было принято решение перенести старую водонапорную башню, а также фасады двух корпусов (модельной мастерской и сборочного корпуса) 1898–1899 годов постройки. Памятники деревянной архитектуры удалось сохранить, новые здания построить на нужном месте [4].



Рис. 4. Портовый квартал Брюгген в Бергене (Норвегия)

С приходом современных технологий появился еще один вариант сохранения и восстановления исторической застройки. Благодаря программам цифрового моделирования можно воссоздавать внешний облик зданий с помощью сохранившихся планов, чертежей и фотографий, а затем отстраивать памятники архитектуры заново, уже с современными коммунальными удобствами внутри. Эти технологии уже используются на всех этапах проектирования, строительства и эксплуатации объектов.

Таким образом, проблема потери идентичности малых и средних городов является актуальной проблемой. В настоящее время существует как отечественный, так и международный опыт сохранения этого наследия, новые примеры появляются каждый год. Одним из самых потенциально эффективных способов на сегодняшний день является моделирование и восстановление зданий с помощью программ BIM-моделирования. Данный способ решения проблемы требует дальнейшего рассмотрения его эффективности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Свод памятников архитектуры и монументального искусства России / Гос. ин-т искусствознания Министерства культуры РФ. – М.: Наука, 1998. – (Свод памятников истории и культуры России.) Рязанская область: В 3 ч. Ч. 1 / Отв. ред. В.И. Колесникова. – М.: Индрик, 2012. – 880 С.: ил.;
2. Романенко Д.Е. Анализ сохранения памятников деревянного зодчества / Д. Е. Романенко, А. А. Панкратова // Новые технологии в учебном процессе и производства: материалы XVI межвузовской научно-технической конференции – Рязань, 2018. – с. 13-18;
3. География – сайт. – URL: <https://geographyofrussia.com/derevyannaya-skandinavija/> (дата обращения: 26.03.2021) – Текст: электронный;
4. ReDeveloper – сайт. – URL: <https://www.redeveloper.ru/news/na-skladochnoy-ulitse-byla-peredvinuta-vodonapornaya-bashnya-1898-1899-godov.htm> (дата обращения: 26.03.2021). – Текст: электронный.

УДК 711-1

А.Н. Черепанова, Л.В. Талипова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Цель работы. Определение этапов проектирования открытого общественного пространства на территории высотного здания.

Для достижения поставленной цели сформулировано понятие общественного пространства, рассмотрены необходимые для проектирования этапы, а также разработаны рекомендации по размещению и оборудованию функциональных зон.

Общественное пространство – это ограниченная территория, открытое для постоянного, временного или эпизодического пребывания лиц, вступающих в общественные отношения для реализации потребностей и интересов [1]. Общественные пространства могут быть как закрытого, являющегося частью городского ландшафта, так и открытого, расположенного внутри здания или на изолированных территориях, типа [5]. Общественное пространство должно быть комфортным, доступным, выполнять социальные функции, обладать разнообразием вариантов использования [2].

При проектировании общественного пространства необходимо:

- Определить главные транспортные потоки, главные и второстепенные входы и выходы;
- Сформировать дорожно-тропиночную сеть. Выделить главные и второстепенные маршруты;
- Выделить и разместить функциональные зоны на территории высотного здания.

При разработке маршрутов и транспортных потоков следует учитывать принцип приоритета:

1. Пешеходы;
2. Велосипедисты и общественный транспорт;
3. Автомобили, совершающие важную работу, служебные автомобили;
4. Автомобили движущиеся;
5. Автомобили стоящие.

На территории высотного здания необходимо выделить следующие функциональные зоны: зоны пассивного и активного отдыха, зону общественного обслуживания, хозяйственную зону и зоны для проведения мероприятий. При распределении функций необходимо учитывать [3]:

- Запросы пользователей, баланс интересов;
- Коммерческую деятельность;
- Экологию, озеленение, тепловой баланс.

Функциональные зоны следует размещать вдоль и на пересечении пешеходных и велопешеходных путей, а также у основных и второстепенных входов. При проектировании зон необходимо учитывать различные виды использования, с целью предотвращения неудобств для соседних зон. Зоны активного и пассивного отдыха не могут размещаться поблизости друг от друга [4]. Площадки, расположенные у второстепенных входов, должны быть меньше зон, расположенных у главных входов.

Зона пассивного отдыха – ограниченная область территории, представляющая собой отдельные рекреационные площадки для спокойного отдыха, защищенные от шума. При наличии на территории водных объектов, следует размещать с видом на воду. Площадки для пассивного отдыха следует оборудовать урнами для мусора, питьевыми фонтанчиками, туалетами, велопарковками. В целях безопасности целесообразно обеспечить просматриваемость мест отдыха, за счет высадки деревьев, с низом кроны выше 2,5 м от земли, а также кустарников высотой до 2,5 м. Необходимо учесть, что для высадки каждого дерева потребуется 12 м³ земли. При выборе кустарников следует рассматривать климатические условия и тип грунтов.

Растения, выживающие в характерных для Санкт-Петербурга солевых почвах: сирень, ива белая, вяз мелколистный, тополь.

Зона активного отдыха – ограниченная область территории, представляющая собой отдельные рекреационные площадки для видов отдыха, предполагающих высокую физическую активность. Уклон площадки должен быть не менее 2% и обеспечивать отвод поверхностных стоков. Минимальная высота ограждений детских площадок – 1,2 м. Минимальная высота ограждений площадок для спортивных игр – 3 м. Площадки должны быть визуально проницаемы для повышения уровня социального контроля и безопасности пользователей. Спортивные

игровые площадки рекомендуется группировать для оснащения единой зоны обслуживания (раздевалок, душевых, общественных туалетов). Покрытие, а также используемое оборудование и ограждения должны быть травмобезопасными, не иметь острых углов и выступов. Все площадки активного отдыха должны быть оснащены информационными стендами с описанием правил пользования оборудованием, телефонами экстренных служб. Все площадки активного отдыха должны быть оборудованы элементами освещения [4].

Зона проведения мероприятий используется для проведения общегородских, районных праздников, фестивалей, мастер-классов, лекций, а также культурно-развлекательных мероприятий для работников высотного здания. К площадке необходимо предусмотреть подвод инженерных сетей для работы осветительного и акустического оборудования.

Зона общественного обслуживания – часть территории, на которой расположены объекты обслуживания посетителей: общественные туалеты, информационные центры, площадки для размещения объектов торгово-бытового обслуживания, детские центры, пункты проката велосипедов, сегвеев, электрических самокатов (в том числе для маломобильных групп населения), инвентаря для спортивных игр. Необходимо размещать поблизости к зонам активного отдыха, детским городкам.

Хозяйственная зона служит для обслуживания и уборки объектов. На территории могут располагаться площадки для раздельного сбора отходов, хранения инвентаря, склады. При применении подземных и полуподземных систем сбора мусора расстояние до них от мест отдыха должно составлять не менее 6 м. К хозяйственной зоне необходимо предусмотреть отдельный подъезд для специализированных автотранспортных средств, осуществляющих вывоз мусора и доставку необходимого оборудования [4].

Также необходимо обеспечить акустический и микроклиматический комфорт в общественном пространстве на территории высотного здания.

Для улучшения комфорта пребывания горожан в общественном пространстве следует увеличить площади проницаемых покрытий, озелененных территорий. Обязательно создание укрытий от ветра, осадков, прямых солнечных лучей, оборудованные местами для сидения и системой отопления. Организация благоприятной акустической среды обеспечивается путем разнесения зон с разными видами активности, обустройство шумозащитной насыпи между проезжей частью и озелененной территорией, а также применения шумопоглощающих элементов озеленения и водных устройств с постоянным успокаивающим уровнем шума.

Таким образом, следуя разработанным рекомендациям, можно создать комфортное общественное пространство, обеспечивающее доступ к более качественной среде и высокий уровень благоустройства.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Захарова Е.Е. Общественные пространства как факторы социокультурного развития локальных территорий. Вестник культуры и искусств, 2017. – № 2 (50). – с. 122–127.
2. Олин Е.А. К вопросу о понятии и признаках общественного места административно-правовом аспекте. Вопросы студенческой науки, 2018. – №8 (24). – С. 48–50.
3. Placemaking: подход к созданию общественных пространств [Электронный ресурс]. Моск. ин-т соц.-культ. программ. Режим доступа: <http://miscp.ru/assets/docs/placemaking.pdf>. Дата обращения: 04.12.2020.
4. Общественные пространства: благоустройство парков от А до Я [Электронный ресурс]. Архитекторы РФ. Режим доступа <https://архитекторы.рф/courses/spaces> Дата обращения: 12.03.2021.
5. Гельфонд А.Л. Общественное здание и общественное пространство. Дуализм отношений // Архитектура, 2015 – №2 – с. 20–33.

ПОДХОДЫ К РЕНОВАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

С течением времени наблюдается расширение городов и охват новых территорий. Заводы и производственные предприятия, изначально функционировавшие на окраине, становятся близки к историческому центру и окружаются жилыми кварталами. Многие предприятия утратили свое изначальное функциональное назначение и пришли в негодность, что привело к образованию пустыющей и запущенной территории, не вписывающейся в окружающую застройку. Эта проблема имеет решение в виде реновации промышленных территорий, что более целесообразно с эстетической, экономической, исторической и экологической точки зрения [1-3].

Такие территории несут большой потенциал для обустройства общественных зон, так как находятся в черте городской застройки с развитой транспортной системой и коммуникациями, близко к социально значимым объектам и с большим потоком посетителей в перспективе. Это определяет их инвестиционную привлекательность и эффективное использование в социально-экономических целях [4, 5].

Цель работы – рассмотреть подходы к реновации промышленных территорий г. Санкт-Петербург на примере трех реализованных проектов: «Севкабель Порт», «Новая Голландия» и «Ленполиграфмаш».

Задачи работы:

- Ознакомиться с историей бывших промышленных территорий.
- Рассмотреть этапы реконструкции и выявить новую концепцию.
- Проанализировать список резидентов и установить закономерности их количества и назначения.
- Проанализировать и выявить общие черты реновации объектов.

Новая Голландия – искусственно образованный остров, где со времен Петра I было организовано складское хранение лесоматериалов для корабельного строительства. В течение XIX-XX веков здания острова использовались в качестве амбаров для инвентаря Морского ведомства, тюрьма, лаборатории Морского ведомства Д. И. Менделеева, опытового бассейна по испытанию корабельных моделей, радиостанции, текстильной фабрики.

В конце XX века были выдвинуты концепции по сохранению и развитию исторического памятника, и превращению его в городское пространство. В конкурсе 2010 года победила компания «Новая Голландия девелопмент», а конкурс архитектурных проектов выиграла студия WorkAS. Идея проекта состоит в создании «города в городе» с реставрацией и современным использованием 4 исторических зданий («Кузня», «Бутылка», «Дом Коменданта» и лесных складов «Дом 12») для торговой зоны и культурного пространства. Реализация проекта осуществляется в три этапа, где последовательно реставрируются и вводятся в эксплуатацию различные части острова и здания.

На территории пространства Новой Голландии организованы зоны культуры, искусства, спорта, дизайна, образования, гастрономии, моды и красоты. Каждая из этих сфер представлена несколькими резидентами, располагающимися в 4 зданиях острова. Спорт представляют 4 направления (фитнес, танцы, бокс и сайклинг). К культуре и искусству относится организованная радиостудия и 4 тематических магазина (фотография, литература и музыка). К моде и красоте можно отнести салон красоты и 5 магазинов одежды и парфюмерии, оптика. Сеть питания состоит из двух ресторанов (1 из них клубный) и 12 кафе (1 кофейня), с разными отличительными особенностями и различными представленными кухнями. Для

детей оборудованы детские площадки на улице и пространство в корпусе, один тематический магазин товаров. Дизайн – два магазина уникальных товаров для дома. Сферу образования представляет «Образовательный лекторий» с 10 программами различных направлений. На данный момент большую площадь занимает гастрономия (кафе и рестораны расположены в трех из четырех зданий), спорт и тематические магазины занимают по первому этажу «Бутылки».

Пространство «Севкабель Порт». «Севкабель» является одним из первых кабельных заводов в России, у его основ стоят немецкие инженеры Сименс и Гальске. В конце XX века создается НИИ ПО «Севкабель», а после начинается модернизация производства. В 2017 году завод переносит производство на один участок, а на втором организуется культурно-деловое пространство «Севкабель Порт».

Проектом реновации зданий завода «Севкабель» занимается архитектурное бюро «Хвоя». Концепция предполагает сохранение атмосферы промышленной архитектуры. Для организации проекта используется адаптивный метод, предполагающий постепенный запуск работы пространства и параллельную реновацию, и реконструкцию соседних объектов. На территории обустраиваются различные тематические зоны для творчества и деловые зоны, расположенные в нескольких корпусах и объединённые одной тематикой, общим пространством.

В пространствах «Севкабель Порт» проходит большое количество событий: временные выставки и концерты, фестивали, лектории и дискуссии. К сфере культуры и искусства из постоянных резидентов можно отнести 6 мастерских (печать, звукозапись, медиа и живопись). Дизайн представляют 5 магазинов (товары для дома, канцелярия, цветы и свечи), а также 10 офисов, связанные с интерьерами и архитектурой. К моде и красоте можно отнести три студии, коворкинг зону мастеров, 9 магазинов (одежда, обувь, ювелирные украшения, оптика). Спортивной сфере соответствуют две студии (фитнес и бокс) и два тематических магазина (велосипеды и скейтборды). Сфера общественного питания состоит из 15 кафе, двух ресторанов, одной столовой, одного кондитерского магазина, двух баров, одного фудтрака и одного фудкорта из пяти маленьких кафе. Для детей разработаны мастер-классы, курсы, имеется детская площадка.

Пространство «Ленполиграфмаш». Впервые завод начал функционировать в 1890 году, когда И. А. Семенов открыл механические мастерские. Четырёхэтажный корпус в стиле конструктивизма был разработан членом объединения «Мир искусства» Никодем Лансере. Сейчас предприятие переехало в промзону «Северо-Западная» в Приморском районе, а в его бывших корпусах расположился технопарк «Ленполиграфмаш».

В 2019 году кварталу «Ленполиграфмаш» присвоен статус технологического парка. Пространство представляет собой экосистему, где взаимосвязаны друг с другом инжиниринговые центры, офисы, рестораны и кафе, концертные площадки и коворкинг зона, реализованы общественные программы.

«Ленполиграфмаш» представляет большое количество образовательных программ, относящихся к различным сферам науки, культуры, искусства и бизнеса. Среди них можно отметить 7 институтов развития, занимающихся вопросами предпринимательства и экспорта, 4 сообщества, работающих с малыми компаниями и молодежью, 21 программа в сфере технологий, IT и робототехники. Также предусмотрены образовательные программы для взрослых и детей, причем в первой категории большинство проектов связано с творчеством и искусством (9 программ в сфере живописи, фотографии, медиа и педагогики), а во второй – с образованием в точных науках (физика, программирование). Дизайн и урбанистика представлены 9 студиями по организацию городской среды, флористике и рекламе. К моде и красоте относится fashion-пространство, 7 брендов товаров индивидуального изготовления, модный клуб и журнал. Не представлены резиденты спортивных программ. Гастрономия состоит из одного ресторана, 9 кафе, трех кофеен и двух баров.

В результате анализа резидентов общественных пространств бывших промышленных территорий можно выявить следующие общие черты:

- В концепциях проектов наблюдается отсылка к изначальному функциональному назначению зданий, прослеживается тенденция к сохранению исторического наследия и его новая интерпретация, доработка.
- Объекты занимают большие площади в историческом центре района, состоят из нескольких корпусов и имеют зонирование реализуемых программ. Обладают собственной «экосистемой», являются «городом в городе».
- Использование адаптивного метода, предполагающего постепенный ввод в эксплуатацию различных частей комплекса по мере реконструкции и реновации.
- Отражены большинство сфер общественной жизни, большое внимание уделяется образовательным программам, сфере культуры и искусства (рис. 1).
- Большую часть пространства занимает гастрономическая сфера, представленная различными по масштабу и ценовым категориям точками общественного питания.
- Программы резидентов предусмотрены для различных возрастов и интересов.
- Поддержка локальных компаний торговли и питания, помощь малому бизнесу в его продвижении и реализации уникальных проектов.
- Наличие коворкинг зон и лектория, привлекающих большое количество посетителей и предоставляющих организованное рабочее место людям разных профессий.

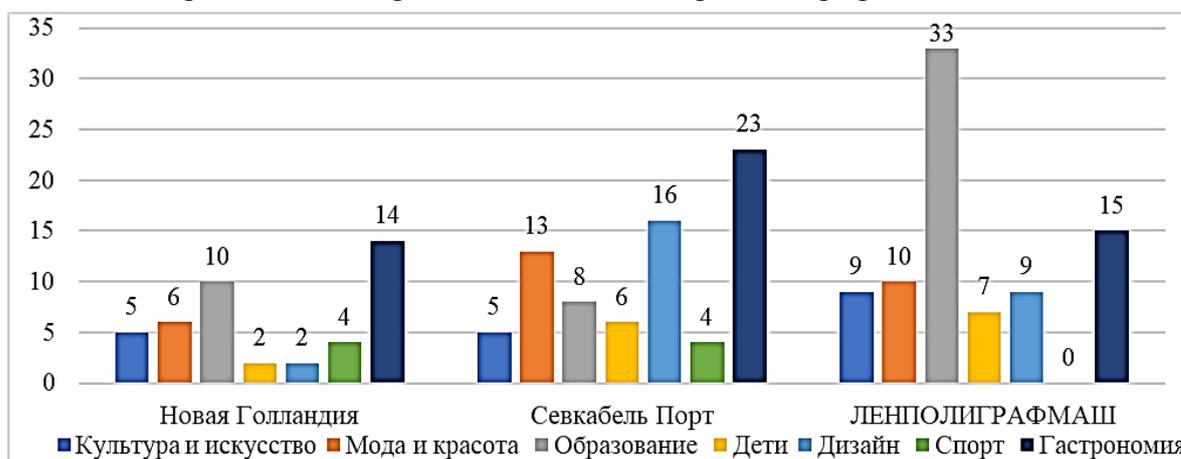


Рис. 1. Распределение резидентов по сферам деятельности

В статье, на примере трех мест города Санкт-Петербурга рассмотрена возможность использования пустующих промышленных пространств для организации новых площадок социально-культурного назначения, преобразована пустующая территория. В результате реновации объектов «серого пояса» получены популярные и востребованные проекты.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Демидова Е.В. Проблема реабилитации городских пространств // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2009. № 2;
2. Дрожжин Р.А. Реновация промышленных территорий // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2015. № 1 (11);
3. Золотых М.А. Реновация промышленных зон в современных условиях города. // StudArctic forum. Выпуск 2 (6), 2017;
4. Пирожков Н.С., Поваренкина М.С., Халилова Э.Ф., Шамарина А.А. Реконструкция фасадов промышленных объектов и объектов недвижимости городского значения // Вестник пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2011. №3. С. 130-136;
5. Хмелева Г.А. Современные модели городских агломераций // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2015. № 8 (130). С. 163-168.

ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДА ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЗАТРАТ
НА ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ПО ГОСТ 32498-2013

Цель работы – произвести валидацию несимуляционного метода оценки энергозатрат на искусственное освещение, приведенного в ГОСТ 32498-2013, определить область применения метода. Энергозатраты на искусственное освещение становятся преобладающими в офисных зданиях [1], многие исследования говорят о необходимости произведения расчета таких энергозатрат на ранних стадиях проектирования [2] для оптимизации энергоэффективности зданий. Существующие методы подсчета энергозатрат на искусственное освещение выполняются через проведение симуляций [3]. ГОСТ 32498-2013 предлагает метод упрощенного расчета энергозатрат на искусственное освещение без построения геометрии здания и проведения симуляций. Необходимость валидации этого метода отражена в литературе [4].

Для достижения поставленной цели авторами спроектирован эксперимент, конечной целью которого является оценка расчета энергетических требований на искусственное освещение в зданиях, изложенного в ГОСТ 32498-2013 через расчет количественного показателя энергетической эффективности искусственного освещения здания (КПЭЭИОЗ от англ. Lighting Energy Numerical Indicator, LENI) [кВт·ч/(м²·год)] в сравнении с расчетом удельного расхода энергии, используемой для освещения помещений в здании в течение года, через симуляцию естественного освещения в программном комплексе Radiance [5] и последующей постобработкой результатов с помощью скрипта, написанного на языке программирования Питон 3.7.1.

Подсчет энергозатрат на искусственное освещение в ГОСТ 32498-2013 производится по формуле (1):

$$\text{КПЭЭИОЗ} = \frac{W}{A} [\text{кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})], \quad (1)$$

где W – общее годовое потребление энергии на освещение в здании [кВт ч / год]; A – общая полезная площадь здания, м².

Важнейшим параметром в расчете W является $W_{L,t}$ – энергия освещения, необходимая для обеспечения заданного уровня освещенности, кВт/год. $W_{L,t}$ находится в прямой зависимости от F_D , фактора зависимости энергозатрат на искусственное освещение от уровня дневного света (доступности дневного света). F_D – это функция геометрии здания, геометрии оконных проемов, наличия затеняющих устройств, свойств остекления и т.д. Расчет этого параметра представлен в EN15193-1:2017 [6], являющимся межгосударственной версией ГОСТ 32498-2013.

Результаты. В нашем эксперименте мы, в первую очередь, проверяем влияние параметра F_D на расчет КПЭЭИОЗ. Таким образом, основой нашего эксперимента является параметрический анализ, который учитывает влияние следующих факторов на расчет КПЭЭИОЗ: соотношение площади прозрачной части фасада к непрозрачной части фасада (ООС – отношение окно-стена), распределение окон на южном фасаде, наличие окна на смежном (западном) фасаде, коэффициент пропускания видимого света, длина горизонтального затеняющего элемента, геометрия и локация (климат) тестовой комнаты. В эксперименте проведено исследование вышеупомянутых параметров на результаты

КПЭЭИОЗ, выявлены и продемонстрированы ограничения метода расчёта КПЭЭИОЗ в ГОСТ 32498-2013, авторами даны предложения по возможным улучшениям метода. Схема параметризации представлена на рис. 1. В эксперименте используются две геометрии тестовых комнат, разработанных авторами. Геометрии с разными параметрами, влияющими на доступность дневного света, представлены в табл. 1.

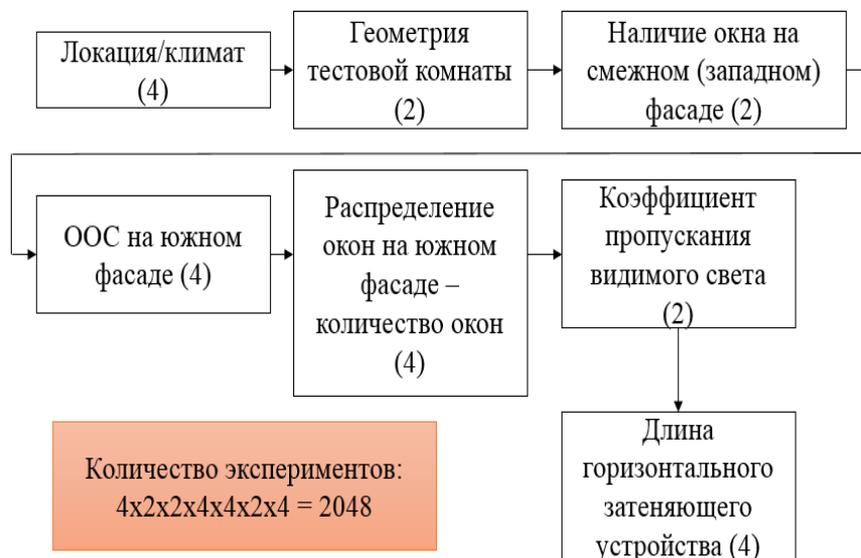
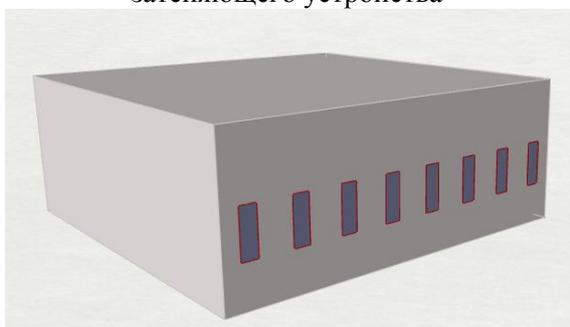


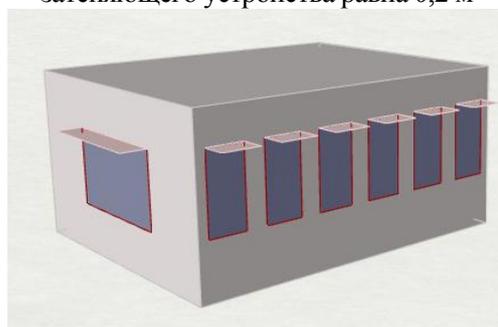
Рис. 1

Таблица 1 – Геометрии тестовых комнат

Тестовая комната «офис» (8,45 x 8,45 x 3,3 м) без окна на смежном (западном) фасаде, ООС на южном фасаде 0,1, 8 окон без горизонтального затеняющего устройства



Тестовая комната «гостиная» (5,5 x 4,5 x 2,7 м), с окном на смежном (западном) фасаде, ООС на южном фасаде 0,3, 6 окон, длина горизонтального затеняющего устройства равна 0,2 м



Авторы проверили работу метода в четырех локациях с разными климатическими характеристиками: Стокгольм и Братислава, влажный континентальный климат (Dfb), Лондон, океанический климат (Cfb), Афины, средиземноморский климат с жарким летом (Csa), согласно классификации климатов Кёппена [7].

Основные выводы по результатам валидации:

1. Метод, изложенный в ГОСТ 32498-2013, имеет тенденцию занижать КПЭЭИОЗ в большинстве случаев, кроме тех, которые имеют самые низкие значения КПЭЭИОЗ.

2. Выявлено, что из-за неточности в расчетах коэффициента естественного освещения (КЕО), заключенного в расчете F_D методом ГОСТ 32498-2013, для случаев ООС 0,1 и ООС 0,3 с частым распределением окон на фасаде (8 или 6 окон при фиксированном ООС), результаты КПЭЭИОЗ занижены (из-за общей тенденции завышать КЕО).

3. В методике расчета ГОСТ 32498-2013 должен быть установлен определенный нижний порог ООП (отношение площади остекления к площади пола). Экспериментом было выявлено, что в расчетных случаях с параметром ООС 0,1 (что соответствует ООП = 0,39 в тестовой комнате «офис» и ООП = 0,6 в тестовой комнате «гостиная») сильно искажены результаты F_D и, соответственно, КПЭЭИОЗ. Авторы рекомендуют в будущих ревизиях методологии ГОСТ 32498-2013 установить порог ООП > 0,1.

4. В случаях правдоподобной оценки F_D с соблюдением возможного порога ООП, было отмечено для ООС 0,3 и ООС 0,5:

– Результаты оценки КПЭЭИОЗ по методологии ГОСТ 32498-2013 для локаций в южных широтах (на примере г. Афины) имеют сильные расхождения от результатов, рассчитанных с помощью Radiance. Это связано с сильным занижением коэффициента доступности дневного света F_D , являющегося табличным значением в ГОСТ 32498-2013. Рекомендуется пересмотреть данные в таблицах для оценки F_D в широтах меньше 45°.

– При рассмотрении результатов работы методологии ГОСТ 32498-2013 для локаций в средних широтах (пример: Братислава и Лондон) сделан вывод, что результаты подсчета КПЭЭИОЗ близки к реальности (широта в диапазоне 45–60°). Однако наблюдается тенденция, что чем выше коэффициент естественного освещения (КЕО), тем точнее оценка КПЭЭИОЗ. Результаты КПЭЭИОЗ лучше согласованы в тех случаях, когда имеется окно на смежном (западном) фасаде.

Авторам ГОСТ 32498-2013 предложено заузить диапазон широт в таблицах оценки F_D .

Общее заключение: методология ГОСТ 32498-2013 имеет тенденцию занижать значения КПЭЭИОЗ для всех случаев за исключением локаций в южных широтах, где значения КПЭЭИОЗ нереалистичные, см. пт. 4 выводов. Чем выше реальное значение КПЭЭИОЗ, тем больше неточность в результатах расчёта КПЭЭИОЗ методикой ГОСТ 32498-2013. Таким образом, авторами выявлена надежная область применения метода оценки энергозатрат на искусственное освещение, приведенного в ГОСТ 32498-2013, выявлены граничные условия эксперимента, приводящие к неточностям в результатах эксперимента, обозначены дальнейшие направления для улучшения работы метода.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ahn B.L. et al. Analysis of the effect of artificial lighting on heating and cooling energy in commercial buildings // Energy Procedia. 2014. V.61. P.928-932.
2. Poirazis H., Blomsterberg Å., Wall M. Energy simulations for glazed office buildings in Sweden // Energy and buildings. 2008. V.40(7). P.1161-1170.
3. Baloch A.A. et al. Simulation tools application for artificial lighting in buildings // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018. V.82. P.3007-3026.
4. Aghemo C. et al. The new prEN 15193-1 to calculate the energy requirements for lighting in buildings: comparison to the previous standard and sensitivity analysis on the new influencing factors // Energy Procedia. 2016. V.101. P.232-239.
5. Reinhart C.F., Walkenhorst O. Validation of dynamic RADIANCE-based daylight simulations for a test office with external blinds // Energy and buildings. 2001. V.33(7). P.683-697.
6. EN15193-1:2017. Energy performance of buildings; Energy requirements for lighting.
7. Peel M.C., Finlayson B.L., McMahon T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification // Hydrology and earth system sciences. 2007. V.11(5). P.1633-1644.

КЛИМАТОЛОГИЯ, КАК ОСНОВА ПАССИВНОГО
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Цель работы – определение основополагающих направлений пассивной энергоэффективности зданий и сооружений для улучшения показателей их энергоэффективности через анализ климатических параметров района строительства. Строительный сектор является одним из крупнейших потребителей энергии, в некоторых странах потребление энергии зданиями составляет 20-40% от общего энергопотребления страны со среднегодовым ростом для коммерческих зданий 2,4% [1]. Офисные здания представляют собой кластер зданий с самым высоким потреблением энергии; общее годовое потребление энергии которых может составлять до 1000 кВтч/м² в год, в зависимости от оснащения здания и фасадной системы [2]. Средние значения потребности в энергии для офисных зданий в Европейских странах находится в диапазоне 269–350 кВтч/м² в год [3]. Высокое энергопотребление зданий оказывает негативное влияние на окружающую среду, а также мировую экономику. Это побуждает проектировщиков задействовать энергоэффективные строительные решения, разумно использующие климатические условия района строительства. Высокоразвитые страны начали включать в строительное законодательство обязательное использование пассивных технологий для снижения энергопотребления зданий, что объясняется опасностью общего увеличения потребления энергии строительным сектором на 50% до 2050 г. [4] и соответствующего воздействия на окружающую среду [5, 6]. Климатология является основой биоклиматического проектирования. Через понимание и анализ климата строительства становится возможным создать комфортную среду внутри здания, снижая общее потребление и выработку энергии нужной для этих целей.

Результаты. Для достижения поставленной цели авторами анализируется ряд климатических характеристик местности строительства для применения стратегий солнечной архитектуры в реконструкции и новом строительстве. Авторы рассматривают наиболее важные климатические данные для пассивного энергоэффективного строительства на примере двух климатических зон: субтропический океанический климат и аридный климат, согласно классификации климатов Кёппена [7]. Для анализа климатических зон выбраны два города-представителя этих зон: Нью-Йорк, США и Абу Даби, ОАЭ. Представленные климатические данные получены авторами на основании анализа .erw погодных данных (Energy Plus Weather Data), которые собраны и сгруппированы по регионам Всемирной Метеорологической Организацией (ВМО, англ. World Meteorological Organization, WMO) [8].

Важнейшие климатические данные, проанализированные для определения направления выбора пассивных энергоэффективных технологий:

1. Почасовые значения температуры по сухому термометру и почасовые значения относительной влажности (Dry Bulb Temperature, Relative Humidity).
2. Годовые значения прямой и рассеянной солнечной радиации на горизонтальной поверхности.
3. Зависимость температуры влажного воздуха, его влагосодержания и относительной влажности на психометрической диаграмме.

Представленные в анализе климаты очень отличаются друг от друга. Фактически, из анализа психометрических диаграмм нами был сделан вывод, что климат в Абу-Даби очень жаркий и сухой, в Нью-Йорке – в основном холодный и влажный, с жарким и влажным летом. Пример психометрической диаграммы Нью-Йорка представлен на рис. 1 (температура по сухому термометру – на горизонтальной оси, относительная влажность – на вертикальной оси).

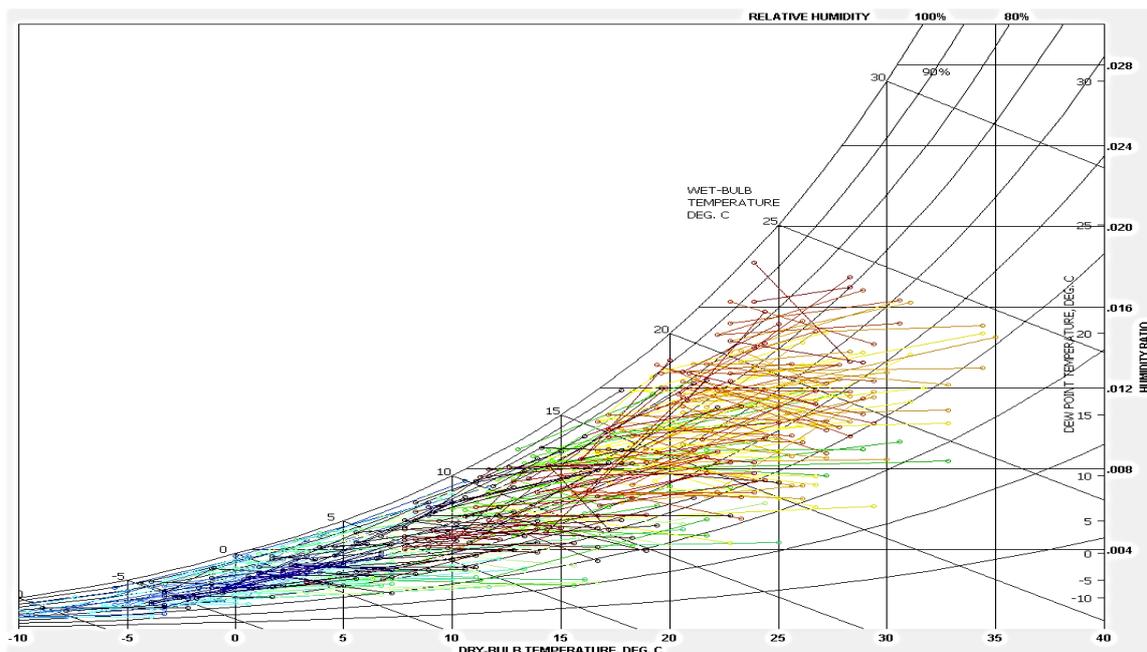


Рис. 1

Из анализа почасовых значений температуры и относительной влажности нами были определены градусо-дни охлаждения (от англ. CDD – cooling degree days) и отопления помещений (от англ. HDD – heating degree days) и частота изменения температуры воздуха по сухому термометру. С помощью CDD (HDD) индикатора мы смогли оценить насколько (в градусах) и как долго (в днях) температура наружного воздуха выше (ниже) определенной «базовой температуры» (или «точки баланса»).

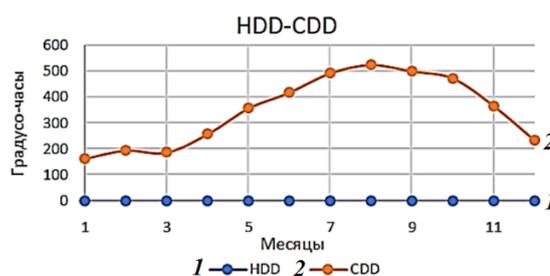


Рис. 2

Авторами были определены значения «комфортной зоны» анализируемого помещения, которые, согласно [9], находятся в пределах 20°C и 26°C. Из анализа градусо-дней охлаждения и отопления (пример: рис. 2 климат Абу-Даби) мы выявили, что преобладающей нагрузкой в климате Абу-Даби является нагрузка на кондиционирование помещений, в климате Нью-Йорка – на отопление.

Из анализа годовых значений прямой и рассеянной солнечной радиации на горизонтальной поверхности, а также графиков положения солнца относительно южной ориентации, нами сделаны выводы о стратегиях затенения (проектирования статического или динамического затенения) в представленных локациях. На рис. 3 представлен пример графика затенения от солнца в климате Нью-Йорка.

Заключение. Знание вышеописанных климатических параметров позволило нам определить направление разработки пассивных стратегий: в Абу-Даби технологии должны быть направлены на минимизирование воздействия прямой солнечной радиации внутри помещения, в Нью-Йорке этот показатель необходимо максимизировать. Некоторые общие выводы:

1. В климате Нью-Йорка ориентировать остекленные фасады на юг для обеспечения пассивного обогрева внутри помещений.
2. В климате Абу-Даби ориентировать остекленные фасады на север использования только рассеянной солнечной радиации для поддержания приемлемого уровня естественного освещения в помещениях.

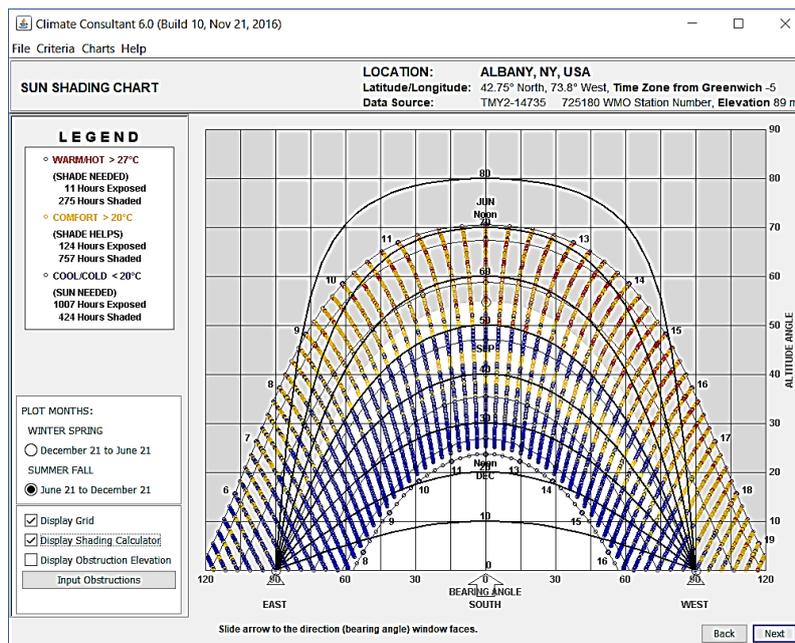


Рис. 3

3. Во избежание перегрева внутри помещений, ориентированных остекленной частью фасада на юг, в климате Нью-Йорка – необходимо использовать системы статического затенения, отсекающие избыточную солнечную радиацию в летние месяцы.

4. Использование светопоглощающих и хорошо утепленных (до 180 мм утеплителя) фасадных оболочек в климате Нью-Йорка и светоотражающих и слабо инсолированных фасадов в климате Абу-Даби для изменения внутреннего пассивного температурного режима внутри помещений.

5. Использование низкоэмиссивных окон в климате Нью-Йорка и светоотражающих в климате Абу-Даби, а также использование двух-трех-камерных стеклопакетов с заполнением аргоном или ксеноном для улучшения показателей сопротивления теплопередачи.

Таким образом, первичный анализ климата является основой для адаптации и реализации пассивных энергоэффективных технологий для строительства, позволяющий определить вектор направления разработок стратегий энергоэффективности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Dubois M.C., Blomsterberg Å. Energy saving potential and strategies for electric lighting in future North European, low energy office buildings: A literature review // *Energy and buildings*. 2011. V.43(10). P.2572-2582.
2. Santamouris M., Dascalaki E. Passive retrofitting of office buildings to improve their energy performance and indoor environment: the OFFICE project // *Building and Environment*. 2002. V.37(6). P.575-578.
3. Sekhar S.C., Goh S.E. Thermal comfort and IAQ characteristics of naturally/mechanically ventilated and air-conditioned bedrooms in a hot and humid climate // *Building and Environment*. 2011. V.46(10). P.1905-1916.
4. Heubaum H., Biermann F. Integrating global energy and climate governance: The changing role of the International Energy Agency // *Energy Policy*. 2015. V.87. P.229-239.
5. Khasreen M.M., Banfill P.F.G., Menzies G.F. Life-cycle assessment and the environmental impact of buildings: a review // *Sustainability*. 2009. V.1(3). P.674-701.
6. Badenko V., Badenko N., Nikonorov A., et al. Ecological aspect of dam design for flood regulation and sustainable urban development // *MATEC Web of Conferences*. 2016. Article Number 03003.
7. Peel M.C., Finlayson B.L., McMahon T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification // *Hydrology and earth system sciences*. 2007. V.11(5). P.1633-1644.
8. Bekiashev K.A., Serebriakov V.V. World Meteorological Organization (WMO) // *International Marine Organizations*. – Springer, Dordrecht, 1981. P. 540-552.
9. Mora R., Bean R. Thermal comfort: Designing for people // *ASHRAE J*. 2018. V.60(2). P.40-46.

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЗАТЕНЕНИЯ
В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ ПАССИВНОЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ

Цель работы – разработать методику проектирования систем статического затенения для контроля проникновения избыточного солнечного излучения внутрь помещения для улучшения параметров энергетической эффективности зданий и сооружений. Проблема оптимизации энергоэффективности зданий привлекает внимание проектировщиков к новым типам интерактивных и адаптивных оболочек здания, например – к динамическим фасадам [1]. Однако, будучи такой интересной и многообещающей технологией для снижения энергопотребления в зданиях, существуют открытые проблемы и вопросы в части определения необходимых характеристик адаптивных фасадов для их эффективного проектирования, эксплуатации и обслуживания [2]. Статическое затенение остается классическим и надежным вариантом пассивного биоклиматического проектирования для контроля солнечного излучения, являясь примером адаптации солнечной архитектуры. Учитывая, что важные для пассивного проектирования климатические параметры, такие как положение солнца, являются динамическими, т.е. постоянно меняются в течение дня, грамотный анализ конфигурации статического затенения для контроля проникающего внутрь помещения солнечного излучения становится необходимостью.

Для достижения поставленной цели авторы демонстрируют процесс моделирования конструкции статического затенения, отвечающей всем необходимым требованиям для обеспечения комфортных условий внутри помещения. В процессе проектирования обеспечены два противоречащих друг другу условия: обеспечена эффективность затенения в части уменьшения уровня проникновения солнечного света внутрь помещения (во избежание перегрева помещения), а также обеспечен приемлемый уровень естественной освещенности (визуальный комфорт).

Приемлемый уровень естественной освещенности внутри помещения оценивается с помощью параметра КЕО (коэффициент естественной освещенности от англ. daylight factor – DF). КЕО определен как «отношение внутренней освещенности к освещенности на горизонтальной внешней поверхности, расположенной в области с беспрепятственным обзором полушария неба» [3], см. формулу (1). Чем выше КЕО, тем больше естественного света в комнате.

$$DF = 100E_{in}/E_{out}, \quad (1)$$

где E_{in} – уровень внутренней освещенности в фиксированной точке, лк, E_{out} – уровень внешней освещенности под пасмурным или однородным небом, лк, по определению Международной комиссии по освещению (CIE) [4].

Для проектирования системы статического затенения авторы используют офисное здание и выделяют в нем три т.н. «термальные зоны». Зоны ориентированы прозрачными частями фасада (к которым пристраивается система статического затенения) в сторону юга и юга-запада, а именно, зона 1 ориентирована на юго-запад с отклонением в 16° в сторону запада, зона – с отклонением в 31° в сторону запада, зона 3 – с отклонением в 46° в сторону запада. Здание расположено в Милане, Италия, который характеризуется влажным субтропическим или умеренно-океанским климатом (Cfa) согласно климатической классификации Кёппена [5].

Начало исследования заключается в климатическом анализе района проектирования, через анализ климатических данных .epw (Energy Plus Weather Data), которые собраны и

сгруппированы по регионам Всемирной Метеорологической Организацией (ВМО, англ. World Meteorological Organization, WMO). Из анализа были выявлены пиковые и средние значения прямой и рассеивающей солнечной радиации, которой подвергаются термальные зоны, а также проанализирована траектория движения солнца для разработки стратегии митигации прямой избыточной солнечной радиации, см. рис. 1.

После определения климатических характеристик района строительства с использованием специализированного программного обеспечения (Climate Consultant) становится возможным рассчитать необходимое положение системы статического затенения. Нами были построены диаграммы затенения от солнца (от англ. Sun shading chart), см. рис. 2. С их помощью можно определить положение солнца, в которых солнечное излучение внутрь помещения избыточно, а также прикинуть положение системы статического затенения, которое ограничит уровень поступающей в помещение солнечной радиации.

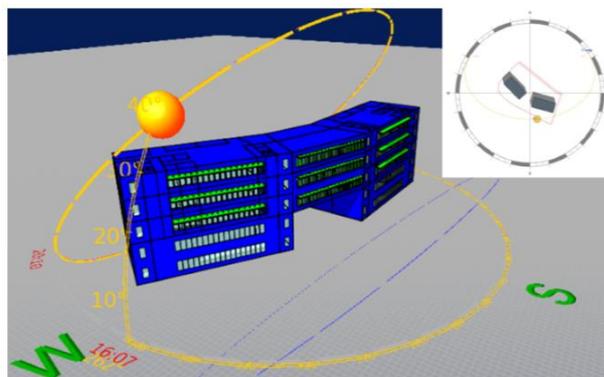


Рис. 1

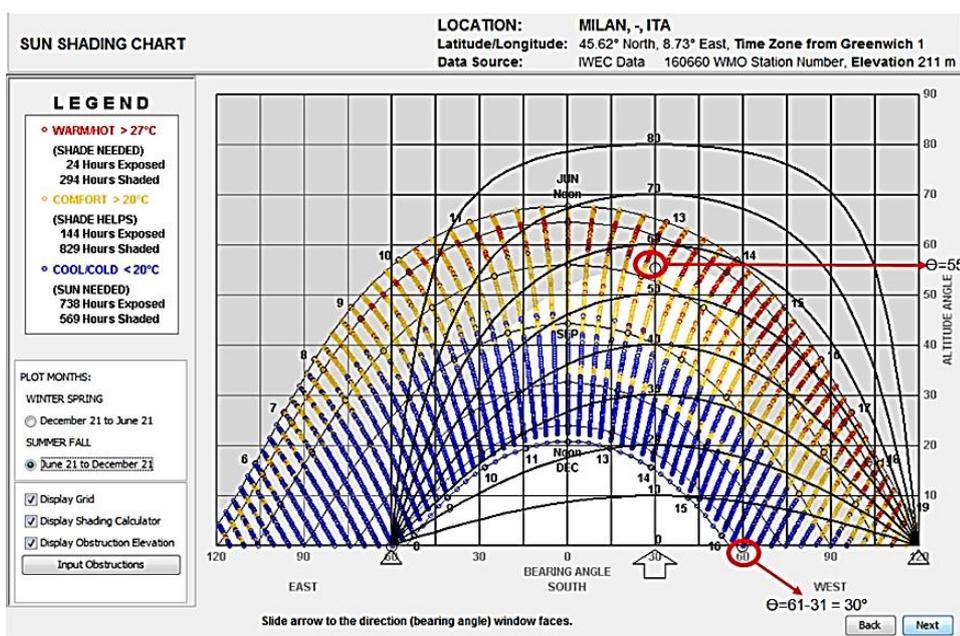


Рис. 2

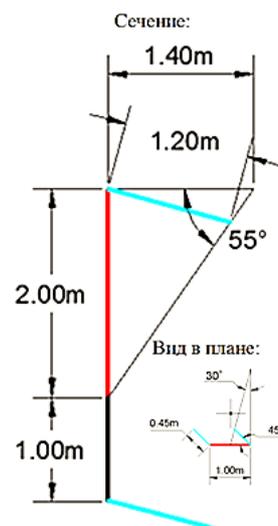


Рис. 3

На примере зоны 2 (на рис.1 представляет собой «перемычку» между блоками 1 и 3 здания), ориентированной на юго-запад с экспозицией в 31° в сторону запада, диаграмма затенения которой показана на рис. 2, чтобы обеспечить минимальное воздействие избыточной солнечной радиацией, исходящей от южной экспозиции (перекрыть прямое воздействие от солнца в положении выше 55° , рис. 2), необходимо запроектировать горизонтальный козырек длиной 1,40 м. Наклонив его на 15° , мы добились уменьшения его длины до 1,2 м, что не повлияло на эффективность системы затенения, рис. 3. Чтобы сократить значительное количество вредных солнечных лучей, исходящих от западной экспозиции, мы решили разместить вертикальные «плавники», затеняющие солнечные лучи, исходящие с западной экспозиции. По диаграмме, представленной на рис. 2, необходимо сократить

солнечную радиацию, начиная с экспозиции в 61° и далее в сторону западной ориентации. Это дает нам информацию о необходимости затенения экспозиции 30° к западу от начальной экспозиции фасада (31° в сторону запада на рис. 2) – достаточно запроектировать вертикальную систему затенения длиной 0,45 м с наклоном в 45° в плане от оси фасада, рис. 3.

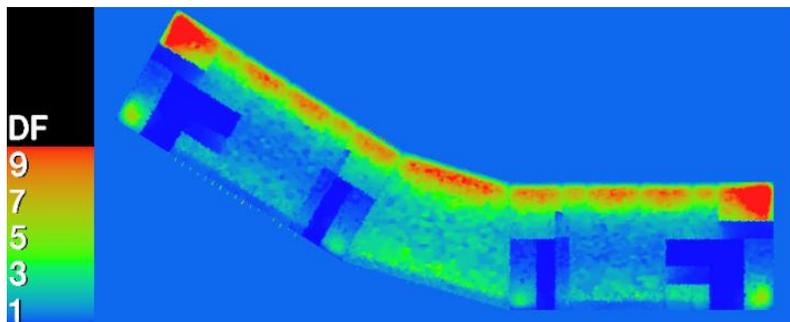


Рис. 4

Вышеупомянутые этапы проектирования статической системы затенения могут быть очень полезными для оптимизации энергозатрат на охлаждение, отопление и освещение здания. Однако система затенения может существенно повлиять на визуальный комфорт внутри термальной зоны. Чтобы проверить, обеспечивает ли

конструкция статического затенения адекватные визуальные характеристики, мы провели анализ уровней освещённости на соответствие требования стандарта EN12464-1 «Свет и освещение. Освещение рабочих мест». В [6] определяется комфортный диапазон КЕО от 2% до 5%. Пример оценки уровня освещенности представлен на рис. 4. При использовании разработанного статического затенения средние показатели КЕО внутри термальной зоны находятся в диапазоне от 2 до 5. Отсюда можно сделать вывод, что общий средний КЕО находится в допустимых пределах. С помощью специальных инструментов мы спроектировали систему статического затенения, которая обеспечила комфортные условия внутри исследуемого помещения.

Выводы. Таким образом, проектирование статического затенения, отвечающего вышеизложенным требованиям, следует выполнять поэтапно. Эти этапы можно изложить в виде методологии проектирования устройств статического затенения:

- 1) анализ климатических условий;
- 2) анализ диаграмм затенения от солнца для определения избыточного солнечного излучения и подходов к его митигации;
- 3) проектирование устройств затенения, отвечающих требованиям анализа из пунктов 1 и 2;
- 4) проверка уровня КЕО в анализируемых термальных зонах (если дневного света недостаточно, вернуться к пункту 2).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Konstantoglou M., Tsangrassoulis A. Dynamic operation of daylighting and shading systems: A literature review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. V.60. P.268-283.
2. Attia S. et al. Current trends and future challenges in the performance assessment of adaptive façade systems // Energy and Buildings. 2018. V.179. P.165-182.
3. Mardaljevic J., Christoffersen J. Climate connectivity in the daylight factor basis of building standards // Building and Environment. 2017. V.113. P.200-209.
4. Kubba S. Indoor environmental quality // LEED Practices, Certification, and Accreditation Handbook. – 2010. P.211.
5. Peel M.C., Finlayson B.L., McMahon T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification // Hydrology and earth system sciences. 2007. V.11(5). P.1633-1644.
6. Yarham R.E., Wilson J. CIBSE lighting guide: daylighting and window design // Lighting Guide LG10. – 1999.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МЕТОД БИОКЛИМАТИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
АДАПТИВНЫХ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ

Цель работы – разработать методологию проектирования адаптивных фасадных систем с учетом климатических характеристик района строительства.

Для достижения поставленной цели авторами спроектирована адаптивная фасадная система и разработан рабочий процесс, заключающийся в анализе полученных результатов доступности дневного света с использованием адаптивной фасадной системы в сравнении с существующими адаптивными фасадными системами, сохраняя неизменными граничные условия эксперимента. Конечная цель проектируемого динамического фасада – улучшить внутренние визуальные условия в офисных помещениях, обеспечив оптимальное освещение (уровень освещенности только с использованием естественного освещения).

Граничными условиями такого сравнительного анализа является офисное здание, расположенное в жарком летнем средиземноморском климате (Csa согласно классификации климатов Кёппена [1]). В офисном здании выделена одна, т.н. «термальная зона», ориентированная прозрачной частью фасада (к которой применяется адаптивный фасад) на юго-запад, габаритами 6 на 6,5 м. В этом помещении мы проверяем эффективность работы динамических фасадов с точки зрения доступности дневного света. Мы сравниваем результаты, полученные с применением спроектированного динамического фасада, с результатами, полученными с использованием существующих широко известных динамических фасадов: AlBahg [2], OneOcean [3] и фасад Университета Южной Дании [4].

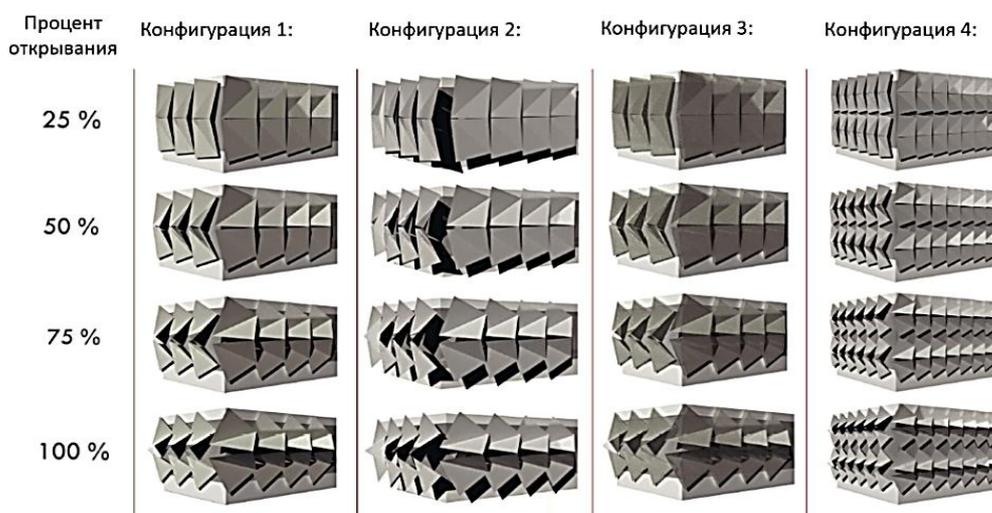


Рис. 1

В нашем эксперименте мы используем динамические метрики для оценки доступности дневного света: UDI (полезная дневная освещенность) [5], DA (автономность дневного света) [6] и DGP (вероятность бликов при прямом естественном освещении) [7].

В первичном сравнительном анализе мы сравнивали эффективность работы четырех различных конфигураций спроектированного нами динамического фасада между собой. Конфигурации отличались друг от друга размером единичного затеняющего элемента, прозрачностью элементов, выносом элементов от фасада. Конфигурации представлены на рис. 1. Наиболее эффективной оказалась конфигурация 2 с параметрами: блок затеняющего устройства размером 4x2 м из полностью непрозрачного материала, полностью покрывающий

всю высоту этажа на пролете между двумя фасадными стойками (расстояние 2 м), размещенный на расстоянии 1 м от линии фасада. Далее мы сравнивали эффективность Конфигурации 2 с эффективностью широко известных динамических фасадов. Результаты сравнения освещенности на рабочей плоскости термальной зоны через анализ динамических метрик представлены на рис. 2.

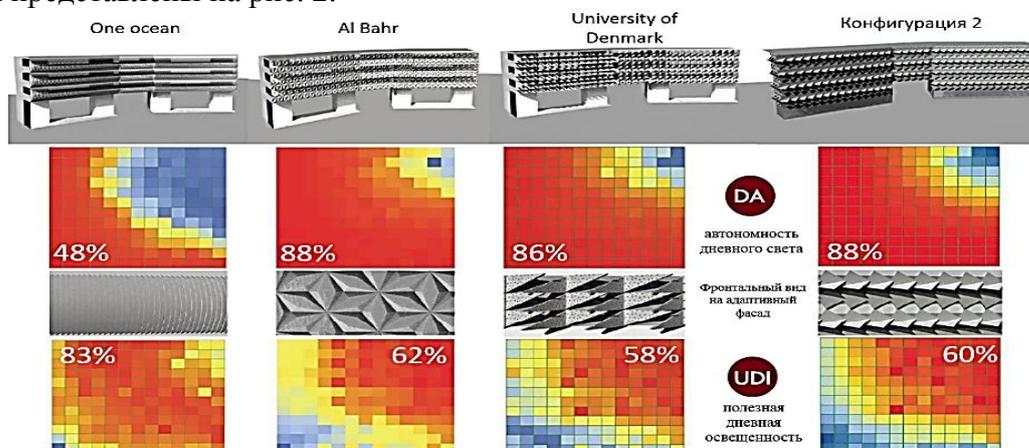


Рис. 2

Результаты. По результатам первичного сравнительного анализа нами выявлены основные характеристики фасадов, наибольшим образом влияющие на уровень освещенности внутри помещения. В нашем эксперименте динамический фасад One Ocean является лучшим с точки зрения доступности дневного света, имея самый низкий процент площади, покрытой освещенностью, превышающей 500 лк (DA) (что включает зоны с освещенностью более 2000 лк и ведет к перегреву помещения и большой вероятности возникновения визуального дискомфорта) [8], и самую большую площадь, покрытую освещенностью от 100 до 2000 лк (UDI) (комфортный уровень) [8]. Размеры каждого блока такого фасада: 4,00 на 0,295 м, материал полностью непрозрачный, без перфорации, блоки затенения двигаются из плоскости фасада. Знание этих характеристик позволило нам точно скорректировать дизайн лучшей конфигурации спроектированного нами фасада. Логика концепции: длинные и узкие элементы с преимущественно внеплоскостным перемещением. Был оптимизирован размер каждого элемента, путем уменьшения освещенности внутри помещения, уровень которой был избыточным в предыдущей концепции, рис. 2.

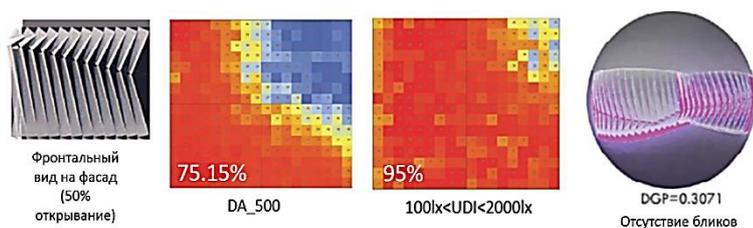


Рис. 3

Окончательный размер каждого фасадного элемента составил 8×1 м. Использование оптимизированного для данного климата динамического фасада позволило нам улучшить характеристики освещенности в анализируемых помещениях, рис. 3.

Для оценки улучшения характеристик динамических фасадов авторами предложен индикатор, формула (1) – Улучшение визуальных характеристик фасада (англ. *FVPI* – façade visual performance improvement):

$$FVPI = \left[\left(\frac{DA_n}{DA_b} - 1 \right) + \left(1 - \frac{DGP_n}{DGP_b} \right) + \left(\frac{UDI_n}{UDI_b} - 1 \right) \right] \times 100 [\%], \quad (1)$$

где *FVPI* – это улучшение визуальных характеристик фасада, которое зависит от: $\left(\frac{DA_n}{DA_b} - 1 \right)$ – отношение, показывающее общее улучшение характеристики DA для случая оптимизации (n) по сравнению с базовой конфигурацией динамического фасада *b*; $\left(1 - \frac{DGP_n}{DGP_b} \right)$ – отношение,

показывающее общее улучшение DGP для случая оптимизации n по сравнению с базовой конфигурацией динамического фасада b в указанной точке тестовой термальной зоны (где проверяется вероятность бликов); $(\frac{UDI_n}{UDI_b} - 1)$ – отношение, показывающее общее улучшение UDI для случая оптимизации n по сравнению с базовой конфигурацией динамического фасада b .

Результаты сравнительного анализа финальной конфигурации спроектированного динамического фасада, принятого за базовую конфигурацию, в сравнении с существующими известными динамическими фасадами представлены в Табл. 1.

Таблица 1 – Сводка результатов DA, DGP и UDI финальной конфигурации динамического фасада и широко известных динамических фасадов с результатами улучшений по сравнению с финальной конфигурацией через FVPI

	DA, % площади, где DA > 500 лк (улучшение в сравнении с базовым вариантом)	DGP, кд/м ² (улучшение в сравнении с базовым вариантом)	UDI (TZ4), % площади, где 100 лк > UDI > 2000 лк (улучшение в сравнении с базовым вариантом)	FVPI
Финальная конфигурация (принята за базовую)	75,15	0,307	95	-
Al Bahr	96,4 (28,28%)	0,408 (-32,9%)	62 (-34,74%)	-18,5%
Denmark University	78,6 (4,59%)	0,384 (-25,08%)	58 (-38,95%)	-24,6%
One Ocean	81 (7,78%)	0,262 (14,66%)	83 (-12,63%)	-0,7%

Выводы. Как видно из полученных результатов, FVPI широко известных динамических фасадов является отрицательным по сравнению с финальной конфигурацией спроектированного нами динамического фасада. Это означает, что эффективность финальной конфигурации спроектированного нами динамического фасада выше остальных. Предложенная методология позволяет эффективно проектировать динамические фасады в зависимости от климатических условий с учетом требований устойчивого городского развития [9].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Peel M.C., Finlayson B.L., McMahon T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification // Hydrology and earth system sciences. 2007. V.11(5). P.1633-1644.
2. Oborn P. Al Bahr Towers: The Abu Dhabi Investment Council Headquarters. – John Wiley & Sons, 2014.
3. Knippers J. et al. Bio-inspirierte kinetische Fassade für den Themen pavillon “One Ocean” EXPO 2012 in Yeosu, Korea // Bautechnik. 2013. V. 90(6). P.341-347.
4. Fakourian F., Asefi M. Environmentally responsive kinetic façade for educational buildings // Journal of Green Building. 2019. V.14(1). P.165-186.
5. Reinhart C.F. Effects of interior design on the daylight availability in open plan offices // Proceedings of the 2002 American Council for an Energy Efficient Economy (ACEEE) Summer Study on Energy Efficiency in Buildings. 2002. V.3. P.309-322.
6. Reinhart C.F., Walkenhorst O. Validation of dynamic RADIANCE-based daylight simulations for a test office with external blinds // Energy and buildings. 2001. V.33(7). P.683-697.
7. Wienold J., Christoffersen J. Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras // Energy and buildings. 2006. V.38(7). P.743-757.
8. Reinhart C.F., Mardaljevic J., Rogers Z. Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design // Leukos. 2006. V.3(1). P.7-31.
9. Badenko V., Badenko N., Nikonorov A., et al. Ecological aspect of dam design for flood regulation and sustainable urban development // MATEC Web of Conferences. 2016. Article Number 03003.

УТИЛИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО МУСОРА ПРИ ДЕМОНТАЖЕ ЗДАНИЙ
ЗАБРОШЕННЫХ ПОСЕЛКОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Введение. Указом Президента РФ от 26 октября 2020 г. № 645 была утверждена стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года. За последние десятилетия из районов Крайнего Севера в рамках программы переселения выехали десятки тысяч человек. Многие населенные пункты обезлюдели и находятся в плачевном состоянии. Это противоречит интересам государства по развитию Арктической зоны Российской Федерации. Однако, то жилье, которое существует на данный момент, не соответствует современным требованиям. Отсутствие инфраструктуры препятствует развитию региона. Для того чтобы эти земли стали привлекательны для населения, необходимо провести утилизацию старой застройки, рекультивацию земель и создать транспортную инфраструктуру. Потенциал региона определяется не только значительными запасами полезных ископаемых, но и перспективным направлением северного туризма.

Методы исследования. В данной работе применяется анализ проблемы утилизации строительного мусора в заброшенных поселках Крайнего Севера и предлагается способ использования различных видов строительных отходов при прокладке всесезонных автомобильных дорог в условиях вечной мерзлоты.

Цель работы – предложить способы утилизации строительного мусора и использования его в дорожном строительстве в условиях Крайнего Севера.

В зимних условиях на Крайнем Севере перевозки осуществляются в основном автомобильным транспортом по зимникам. Но они уверенно могут работать только в январе и феврале. Дороги с твердым покрытием функционируют почти круглогодично, но доставка строительных материалов для прокладки дорог в отдаленные районы является весьма затратной. При использовании местных материалов, разработке карьеров в летний период, встает серьезная задача организации водоотведения и понижения уровня грунтовых вод (п. 6.2.10 СП 48.13330.2011 [3]).

По данным [1] при заготовке в карьере 1 млн м³ песка образуется не менее 150–170 тыс. м³ талых вод только от протаивания многолетнемерзлых грунтов, не учитывая естественных осадков. На Ямале, например, годовой слой осадков составляет 300–350 мм, из них не менее 40 % выпадает в течение летних месяцев. В соответствии с требованиями нормативных актов вода, удаляемая с территории объектов горных работ (карьеров), должна сбрасываться в ближайший водоток или в место, исключая возможность ее обратного проникновения через трещины, провалы или водопроницаемые породы в выработки и заболачивание прилегающих территорий. Запрещается производить сброс (сток) вод в отвалы [0]. Устройство неоправданно сложных систем осушения ведет к резкому увеличению себестоимости добычи основного строительного материала при обустройстве месторождения и численности трудящихся, занятых в сфере осушения.

В целях расширения сырьевой базы природных каменных материалов и улучшения окружающей среды СоюзДорНИИ были разработаны рекомендации и нормативные документы по применению в дорожном строительстве каменных материалов из различных отходов промышленности и бытовых отходов.

Результаты. Авторы предлагают объединить циклы утилизации строений и подготовки дорожного основания.

В процессе утилизации получается бой различных видов строительных материалов. Ниже приведен перечень материалов, пригодных для дорожного строительства.

1. Щебень из красного кирпича, бывшего в употреблении. Щебень имеет марку прочности по дробимости в цилиндре М 200, по истираемости в полочном барабане – И 4, марку по морозостойкости F 25, содержит до 20% пластинчатых (лещадных) и игловатых зерен, пылевидных и глинистых частиц – до 3%, имеет марку по водостойкости В 2.
2. Щебень, песок и щебеночно-песчаные смеси любых стандартных фракций из цементобетона, бывшего в употреблении, показывают, что щебень имеет марку прочности по дробимости в цилиндре М 400, по истираемости – в полочном барабане И 3, марку по морозостойкости F 25, содержит до 15% пластинчатых (лещадных) и игловатых зерен, пылевидных и глинистых частиц – до 3%, имеет марку по водостойкости В 2.
3. Стеклокристаллический щебень из стеклобоя, получаемый путем спекания при температуре 600°-900°С (нагрев – 1 ч, выдержка – 0,5 ч, охлаждение – 1 ч) измельченного до удельной поверхности 2500-3000 см²/г стеклобоя и кварцевого песка. Он характеризуется высокой прочностью (М 1000 – М 1200) и морозостойкостью (до F 300).

Вышеупомянутые виды щебня соответствуют требованиям ГОСТ 8267-93 [4] и могут быть использованы для строительства щебеночных оснований автомобильных дорог в соответствии с требованиями СНиП 2.05.02-85 Автомобильные дороги [5]. Широко применяемый в прошлые годы силикатный кирпич не является морозостойким и не пригоден для целей дорожного строительства. Но его бой можно использовать для временной засыпки выбоин в действующих дорогах в летнее время с обязательной заменой в будущем на другие материалы.

Выводы.

1. Проведен сравнительный анализ установок, которые используются для переработки крупногабаритного строительного мусора, который появляется при первичных работах (кирпич, бетонный блок). Сравнивались стационарные комплексы с дробилками молоткового типа, мобильные щековые установки, роторные установки, ударно-центробежные дробилки, валковые установки, самоходные дробильные установки. Основными критериями выбора были: легкая доставка и размещение в труднодоступные районы, высокая производительность, универсальность. Всем этим критериям наилучшим образом соответствуют мобильные щековые установки и самоходные дробильные установки.

2. Технология производства пеностеклового щебня требует больших начальных вложений, доставки оборудования, дальнейшего демонтажа и перевозки при том, что доля стекла в строительном мусоре не столь высока. Поэтому производство пеностеклового щебня экономически не оправдано в данных условиях, несмотря на его высокие эксплуатационные характеристики.

3. Поскольку (в соответствии с законом №89-ФЗ) стекло относится к отходам, запрещенным к захоронению, предлагается стекло после обработки в дробилках вывозить к месту вторичной переработки.

4. Предложенные способы утилизации строительного мусора будут способствовать рекультивации земель заброшенных поселков и развитию инфраструктуры отдаленных районов Севера.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Емельянова Т.Я., Крамаренко В.В. Практикум по мерзлотоведению. Томск: Изд. Томского политехнического университета, 2010. 120 с.
2. Кравец К.В., Кекелия Г.Ж., Крижанивская Т.В., Набоков А.В. О некоторых характерных особенностях разработки сухоройных карьеров песка в криолитозоне для обустройства нефтегазовых месторождений // Инженерный вестник Дона. 2018. №1(48) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4704>
3. СП 48.13330.2011. Организация строительства.
4. ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия.
5. СНиП 2.05.02-85*. Автомобильные дороги.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО И НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЙ

Актуальность данного исследования определяется нормативно-правовым актом о внесении изменений в статью 16 Федерального закона «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации. Данный документ устанавливает материальную ответственность за неблагоприятное влияние на окружающую среду, связанное с выбросами в атмосферу загрязняющих веществ.

Цель и задачи работы: сравнить степень воздействия на атмосферу предприятий: нефтехимического и моторостроительного отраслей.

Объектами исследования являются предприятия: Уфимское моторостроительное производственное объединение «УМПО», предлагающее авиационную продукцию и газотурбинную энергетику, а также нефтеперерабатывающий комплекс – ПАО АНК «Башнефть».

Описание объектов исследования. Первое предприятие ПАО «ОДК-Уфимское моторостроительное производственное объединение» – одно из ведущих предприятий России, которое производит газотурбинные двигатели. Компания основывается на взаимодействии с турбореактивными двигателями – их созданием, изготовлением и дальнейшем обслуживании. Также занимается ремонтом и созданием вертолётной техники, производит установки для нефтехимической промышленности [1]. Располагается предприятие в промышленной зоне города. Существует оно как локальное предприятие в окружении городской застройки. Второй объект исследования – нефтеперерабатывающий комплекс ПАО АНК «Башнефть». Подробнее из комплекса НПЗ будем рассматривать «Башнефть-Новыйл». Нефтяной комплекс Новыйл включает в себя производственную цепочку, соответствующую технологической специализации предприятия: подготовка нефти к переработке, нефтепереработка, получение бензина и ароматических углеводородов, удаление нежелательных примесей дистиллятов, переработка нефтяных остатков, выделение масляных фракций нефти для дальнейшего использования, термические процессы переработки, производство серы и другие процедуры, связанные с взаимодействием с нефтяным сырьем [2]. Завод находится на промышленной территории города, и располагается на значительном расстоянии от городской застройки.

Результаты исследования. Для разрешения проблемы обратимся к мониторингу загрязнения атмосферного воздуха г. Уфа. По выложенным данным, за месяц январь, рассмотрим загрязнение атмосферы по значениям концентраций примесей (в мг/м³ или мкг/м³) [3].

В 2019 году в г. Уфа уровень загрязнения атмосферы по контролируемым примесям на ПНЗ №14 был оценен как высокий СИ = 6,6; НП = 0,5 %. Зафиксировано 3 случая превышения допустимых норм на ПНЗ №14:

- по оксиду углерода – 2 (СИ = 6,6);
- по диоксиду азота – 1 (СИ = 1,2).

По ПНЗ №2 уровень загрязнения атмосферного воздуха оценен как низкий. Случаи превышения допустимых норм не наблюдались.

За месяц средняя величина концентрации примесей в городе не превышали ПДК.

В 2020 году в г. Уфа уровень загрязнения атмосферы по контролируемым примесям на ПНЗ №14 был оценен как повышенный СИ = 4,3; НП = 3,5 %. Зафиксировано 3 случая превышения допустимых норм на ПНЗ №14:

- по сероводороду – 1 (СИ = 4,3);

– по этилбензолу – 2 (СИ = 2,5).

По ПНЗ №2 уровень загрязнения атмосферного воздуха оценен как низкий. Случаи превышения допустимых норм не наблюдались.

За месяц средняя величина концентрации примесей в городе не превышали ПДК, за исключением диоксида азота на poste №14, среднемесячная концентрация которого составила 1,1-1,2 ПДК.

В 2021 году в г. Уфа уровень загрязнения атмосферы по контролируемым примесям был оценен как низкий (СИ = 1,4; НП = 0,5 %). Зафиксировано 3 случая превышения допустимых норм на ПНЗ №14:

– по оксиду углерода – 2 (СИ = 1,3);

– по диоксиду азота – 1 (СИ = 1,4);

По ПНЗ №2 уровень загрязнения атмосферного воздуха оценен как низкий. Случаи превышения допустимых норм не наблюдались.

Среднемесячные концентрации примесей в городе не превышали ПДК.

Результаты исследования представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Уровень загрязнения атмосферы по контролируемым примесям

Территория расположения	2019				2020				2021			
	СИ	НП	ПДК	Уровень загрязнения	СИ	НП	ПДК	Уровень загрязнения	СИ	НП	ПДК	Уровень загрязнения
Моторостроительное предприятие (по ПНЗ №2)	-	-	Не наблюдалось	Низкий	-	-	Не наблюдалось	Низкий	-	-	Не наблюдалось	Низкий
Нефтехимическое предприятие (по ПНЗ №14)	6,6	0,5%	Не превышен	Высокий	4,3	3,5%	Превышен	Повышенный	1,4	0,5%	Не превышен	Низкий

Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды производит контроль ситуации загрязнения атмосферного воздуха в г. Уфа. Выполняется определение содержания в атмосфере концентраций загрязняющих веществ, таких как: марганец, медь, хром, цинк, кадмий, свинец, никель, магний, железо, диоксид серы, диоксид азота, взвешенные вещества, оксид азота, оксид углерода, аммиак, формальдегид, фенол, сероводород, бензол, ксилолы, этилбензол, хлороформ, толуол, хлорид водорода, четыреххлористый углерод, бенз(а)пирен [3]. Для определения степени концентрации повышенного содержания примесей сравнивают концентрации примесей с ПДК примесей, установленной Министерством здравоохранения и социального развития России (ПДК) [4].

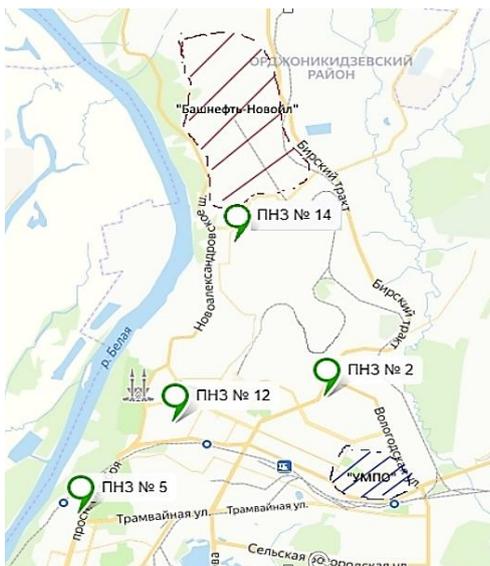


Рис. 1

Город Уфа обладает двадцатью постами, принадлежащими компании Башгидромет, по отслеживанию вредных веществ в воздухе. Для проведения исследования использовались данные по двум постам: ПНЗ №14 и ПНЗ №2 (рис. 1).

Выводы: по данным исследования можно сделать вывод, что предприятие нефтегазовой промышленности в большей степени загрязняет территории городских земель, нежели предприятия машиностроительной отрасли.

Главные загрязнители, превышающие нормы СанПиН [6], атмосферного воздуха, которые образуются в процессе производственной деятельности человека – оксид углерода (СО) и оксид азота (NO). Высокая концентрация выбросов от нефтехимического завода и неблагоприятное направление ветров обуславливает более напряженную экологическую нагрузку на территорию.

В качестве способов решения рассмотренных проблем могут быть предложены такие, как: введение со стороны администрации города строгого контроля над соблюдением норм экологической безопасности промышленными предприятиями; искусственное озеленение города; отдельная утилизация как бытовых, так и промышленных отходов; формирование экологической культуры у населения; развитие предприятий эколого-ориентированной промышленности и наукоёмкого производства.

В связи с современными, актуальными санитарными требованиями, территория города должна подвергаться ежедневной очистке и сохранять «экологическое здоровье». На сегодняшний момент должны применять различные системы очистки атмосферного воздуха. Наиболее используемые методы очистки атмосферного воздуха на сегодняшний момент это:

- озонный метод (используется для очистки атмосферного воздуха от вредных выбросов и дезодорации выбросов с промышленных предприятий);
- термокаталитический метод (специфика метода основана на очистителе-катализаторе; применяя катализатор, находящийся в ёмкости (реакторе), происходит прогрессивное очищение газообразных примесей; с помощью катализаторов осуществляется очищение газов от оксидов азота);
- адсорбционный метод (системы, основанием которых, являются адсорбенты – сорбенты, активированные угли и оксиды в результате работы избавляют дымовые газы от запаха, снижают ущерб окружающей среде, затем производится каталитическое или термическое дожигание для достижения наибольшего результата [7]).

ЛИТЕРАТУРА:

1. <http://umpo.ru/company/obshchie-svedeniya/>
2. www.rosneft.ru/business/Downstream/refining/neftekompleksbashneft/
3. <http://www.meteorb.ru/monitoring/monthly-review-of-environmental-pollution>
4. <http://02.rosпотреbnadzor.ru/>
5. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
6. Об отходах производства и потребления. Федеральный закон N 89-ФЗ от 24.06.1998.
7. Родионов А.И., Клушин В.Н. Техника защиты окружающей среды. – М.: Химия, 1989. – 512 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОПOTЕРЬ ПАССИВНОГО ДОМА СО СТЕНОЙ ТРОМБА И ДОМА С ВАКУУМНОЙ ТЕРМОИЗОЛЯЦИЕЙ

Введение. В соответствии с Федеральным законом «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 N 261-ФЗ каждое вновь вводимое в эксплуатацию здание, за исключением культовых зданий, объектов индивидуального строительства, малых сооружений, должно соответствовать требованиям энергоэффективности. Однако объекты индивидуального строительства также нуждаются в применении современных энергосберегающих технологий и материалов, так как цены на энергоносители неуклонно растут.

Актуальность. В XXI веке перед людьми остро встала проблема разумного потребления энергии и возможностей ее сохранения. Строительство – это одна из наиболее энергоемких отраслей экономики, которая имеет наибольший потенциал для разработки различных энергоэффективных решений. Пассивный дом является наиболее энергоэффективным сооружением, которое сочетает в себе минимальное потребление энергетических ресурсов при этом сохраняя комфортный климат внутри здания [1].

Наиболее важным аспектом при проектировании здания является создание комфортных условий для проживания человека, сохранение тепла внутри помещений. В данной статье представлен теплотехнический расчет и анализ теплотерь в индивидуальном двухэтажном доме с применением вакуумной изоляции и со стеной Тромба [2-5].

Методы исследования. В данной статье применяется сравнительный анализ теплотерь дома, спроектированного со стеной Тромба, и дома, стены которого были утеплены вакуумной изоляцией на основе кремниевой кислоты.

Цель работы – оценить предпочтительную технологию возведения пассивного дома в условиях Дальнего Востока, проектный участок близок к прямоугольному рельеф относительно ровный. Абсолютные отметки находятся в диапазоне 127,98–129,60. Имеется небольшой уклон рельефа к югу. Среднемесячная температура самого холодного месяца в году (-24,1 °С) и самого теплого месяца в году (+26 °С).

Основная часть. Объектом исследования выступает двухэтажный жилой коттедж в городе Благовещенск на дальнем востоке России, габариты здания 7x7 м, высота 6 м, толщина стен 0,42 м. Проектный участок имеет следующие климатические характеристики:

А) климатический район 1, подрайон 1А;

Б) холодный период года (температура холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 – (-33) °С, среднемесячная температура наиболее холодного месяца в году – (-24,1) °С, относительная влажность воздуха – 72 %, преобладающее направление ветров – СЗ);

В) теплый период года (температура воздуха обеспеченностью 0,95 – 26 °С, относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца – 76%, преобладающее направление ветров – Ю).

Для начала проведем теплотехнический расчет здания с применением вакуумной изоляции. Вакуумная изоляция представляет собой панели, внутренняя часть которых заполнена составом кремниевой кислоты, оболочка выполнена из многослойной комбинированной пленки, защищенной от внешней среды тонким слоем вспененного полистирола. Основным преимуществом данного типа теплоизоляции является низкий коэффициент теплопроводности ($0,004 - 0,006 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$), который влечет за собой уменьшение толщины изоляционного слоя. В первую очередь, необходимо посчитать величину

термического сопротивления R наружной стены со следующими слоями (керамический кирпич щелевой – 250 мм, утеплитель вакуумный – 50 мм, облицовочный кирпич – 120 мм)

$$R = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{ext}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,25}{0,43} + \frac{0,05}{0,005} + \frac{0,12}{0,52} + \frac{1}{23} = 10,97 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Термическое сопротивление данного стенового ограждения превышает нормированное теплосопротивление для г. Благовещенск $R = 3,73 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$; следовательно, расчет выполнен верно. Зная величину теплосопротивления, вычислим теплопотери через ограждающие конструкции. Количество окон в доме 8 шт, каждое по 2 м², температура внутри дома 22 °С.

Величина теплопотерь через стены:

$$7 \cdot 4 \cdot 6 - 8 \cdot 2 = 152 \text{ м}^2 - \text{общая площадь стен.}$$

$$Q_c = \frac{152 \cdot 46,1}{10,97} = 638,7 \text{ Вт} \cdot \text{ч} \text{ (0,640 кВт} \cdot \text{ч)}.$$

Величина теплопотерь через окна:

$$Q_{\text{окон}} = \frac{16 \cdot 46,1}{0,42} = 1756,2 \text{ Вт} \cdot \text{ч} \text{ (1,756 кВт} \cdot \text{ч)}.$$

Величина теплопотерь через входную дверь:

$$Q_{\text{двери}} = \frac{1,6 \cdot 46,1}{0,36} \cdot 0,7 = 161,77 \text{ Вт} \cdot \text{ч} \text{ (0,162 кВт} \cdot \text{ч)}.$$

Величина теплопотерь пола.

В доме имеется подполье, в котором температура зимой держится около 8 °С, колебание температур будет равно 14 °С.

$$Q_{\text{пола}} = \frac{49 \cdot 14}{1,56} = 439,74 \text{ Вт} \cdot \text{ч} \text{ (0,440 кВт} \cdot \text{ч)}.$$

Величина теплопотерь потолка:

$$Q_{\text{потолка}} = \frac{49 \cdot 46,1}{3,84} = 588,25 \text{ Вт} \cdot \text{ч} \text{ (0,588 кВт} \cdot \text{ч)}.$$

Общий коэффициент теплопотерь через ограждающие конструкции составил 3,586 кВт · ч.

Данный индивидуальный дом соответствует классу энергоэффективности зданий – А.

Рассмотрим вариант коттеджа с обычным теплоизоляционным материалом и со стеной Тромба. Стена Тромба – это массивная бетонная, каменная или кирпичная конструкция, которая устанавливается за стекольным ограждением, может быть покрашена в черный цвет для лучшего поглощения солнечного тепла или же покрыта селективно-поглощающей фольгой. Данное устройство стены способствует сбору и накоплению в себе солнечной энергии за весь день, а затем отдачи тепла в помещение через определенное время. Время отдачи тепла от стены в помещение зависит от толщины стены и вида покрытия, эффективность стены, окрашенной в черный цвет, составляет 60% по сравнению со стеной с селективным покрытием, эффективность которого 90%. Также необходимо ориентировать здание окнами на юг с минимальным углом поворота до 20° в восточном и западном направлениях.

В варианте дома со стеной Тромба было решено использовать следующий пирог стены:

- керамзитобетонные блоки – 380 мм;
- утеплитель Технониколь ТЕПЛОРОЛЛ – 120 мм;
- воздушная прослойка – 40 мм;
- кладка из керамического пустотного кирпича – 120 мм.

В соответствии с выбранным пирогом стены тепловое сопротивление ограждающей конструкции составило $4,864 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$, что соответствует нормированному теплосопротивлению

для г. Благовещенск $R = 3,73 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$. Потери тепла при данном типе ограждающих конструкций составили 4,393 кВт · ч.

Переходим к расчету энергоэффективности стены Тромба. Расчет основан на решении системы балансовых уравнений, из которых выражается температура на выходе из клапана, т.е. температура, поступающая в помещение. Зная температуру на выходе, определяем количество тепла переданного стеной Тромба в помещение.

Для решения балансовых уравнений принимаем $t_{\text{помещ}} = t_{\text{вх}} = 22^\circ\text{С}$, $t_{\text{стены}} = 50^\circ\text{С}$, $t_{\text{вых}} = 40^\circ\text{С}$.

Определяем поток солнечной радиации, поглощённый 1м^2 массивной стены:

$$q_{\text{сол}} = S\tau\rho + D\tau\rho = 468,5 \cdot 0,7 \cdot 0,9 + 175 \cdot 0,7 \cdot 0,9 = 405,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Система балансовых уравнений:

$$q_{\text{конв.стены}} = 6,83 \cdot \left(50 - \frac{22 + 40}{2}\right) = 129,77 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

$$q_{\text{трансм.}} = \frac{1}{4,82} \cdot (50 - 22) = 5,81 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

$$q_{\text{потерь}} = 4,76 \cdot \left(\frac{40 + 22}{2} - 5\right) = 119 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

$$q_{\text{конв.стены}} = 405,4 - 129,77 - 5,81 = 280,59 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Выражаем $t_{\text{вых}}$ из уравнений баланса замкнутой системы, $t_{\text{вых}} = 49,33^\circ\text{С}$, полученная фактическая температура на выходе приближена к заданной, значит можно определить количество теплоты передаваемое стеной Тромба.

$$Q = q_{\text{трансм.}} \cdot A + LC\gamma_{\text{возд}}(t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}) = 5,81 \cdot 10 + \frac{305 \cdot 1 \cdot 1,2}{3,6} \cdot (49,33 - 22) = 2815,9 \text{ Дж}.$$

Вывод. В заданных условиях более выгодным является применение вакуумной изоляции, так как она сохраняет большое количество тепла внутри помещений и затраты на отопление будут минимальными. Данный индивидуальный дом соответствует классу энергоэффективности зданий – А. В ходе расчетов мы выяснили, что стена Тромба как источник тепла позволит компенсировать лишь половину энергии используемой для отопления здания.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Теплоизоляция для пассивных домов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.passiv-rus.ru/index.php/component/k2/item/46-teploizolyatsiya> (дата обращения: 26.03.2021).
2. Конев А.А. Стена Тромба в доме – как использовать пассивное солнечное тепло? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gidproekt.com/stena-tromba-v-dome-kak-ispolzovat-passivnoe-solnechnoe-teplo.html> (дата обращения: 28.03.2021).
3. Котлов К.В. Пассивные гелиосистемы теплообеспечения зданий в климатических условиях республики Марий Эл на примере «стены-коллектора Тромба» // Известия КозГАСУ. 2009. №2(12).
4. Расчет энергетической эффективности стены Тромба [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://webdissertation.com/ekologiya/raschet-energeticheskoy-effektivnosti-stenyi-131865.html> (дата обращения: 28.03.2021)
5. Ватин Н.И., Горшков А.С., Немова Д.В. Энергоэффективность ограждающих конструкций при капитальном ремонте // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. №3(8).

СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕМКостей НАКОПИТЕЛЕЙ
ЛИВНЕВОГО СТОКА В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Актуальность. В последние годы проблема регулирования расходов ливневых вод приобретает все большую актуальность [1-3]. Во многих российских городах наружные сети водоотведения ливневого стока находятся в крайне неудовлетворительном состоянии [1, 4]. Помимо загрязнения ливневой канализации, негативное воздействие оказывает уплотнительная застройка городских территорий. Увеличивается число автомобилей, осуществляется уширение существующих улиц, устраиваются новые парковочные места, тротуары, велодорожки. Это, в свою очередь, сокращает площадь свободного впитывающего грунта и увеличивает объем стока поверхностных вод в существующие дождевые коллекторы, пропускная способность которых не рассчитана на значительный прирост стока. Появляется необходимость в устройстве новой сети дождевой канализации или реконструкции существующей. Новое строительство требует больших капиталовложений. При небольших объемах стока возможно применение накопительных емкостей, которые обеспечат временное размещение ливневых вод, и распределят пиковую нагрузку на существующую сеть. В этой области за последние десять лет появились принципиально новые технологии [5-7]. Поэтому проблема выбора оптимального проектного решения в отношении емкостей-накопителей встала особенно остро.

Цель работы. Целью данной работы является обоснование использования современных емкостей накопителей ливневого стока зарубежного образца (в виде сборных полипропиленовых блоков) в качестве инструмента модернизации существующих канализационных сетей в условиях городской застройки.

Для достижения поставленной цели авторы произвели сравнительный анализ существующих емкостей накопителей по основным характеристикам, и отобразили результаты в таблице 1. Характеристики, рассматриваемые в таблице 1, составлены по данным производителей [6, 8, 9] и нормативным документам [10].

На основании изученного материала, авторы считают, что емкости накопители из полипропиленовых блоков могут использоваться в отечественной строительной практике. А в ряде случаев использование полипропиленовых блоков будет перспективнее, чем использование привычных для отечественных строителей монолитных емкостей из железобетона, стеклопластика и стали. Авторы предлагают рассмотреть вариант использования емкостей накопителей из полипропиленовых блоков для дворов в центре Санкт-Петербурга.

Таблица 1 – Сравнительный анализ емкостей-накопителей

	ПП блоки	Емкость из стеклопластика	Емкость из стали	Емкость из железобетона
Устойчивость к коррозии	Высокая	Высокая	Низкая	Средняя
Устойчивость к точечным нагрузкам	Низкая	Низкая	Средняя	Средняя
Устойчивость к химически агрессивным средам	Высокая	Высокая	Низкая	Низкая
Срок службы	50	50	10-15	15-20
Потребность в тяжелой строительной технике при монтаже	Нет	Есть	Есть	Есть
Возможность монтажа под проезжей частью	Есть	Необходима разгрузочная конструкция	Необходима разгрузочная конструкция	Необходима разгрузочная конструкция

Климат Санкт-Петербурга, как и климат многих других мегаполисов, подвергся существенным изменениям в процессе урбанизации. Количество выпавших осадков примерно на 200-250 мм превышает испарение влаги. Канализационная сеть исторической части города не реконструировалась с конца XIX века; в настоящее время ее пропускная способность не соответствует потребностям. Для решения этой проблемы авторы предлагают использование аккумулирующих емкостей, которые распределяют пиковую нагрузку от ливня на существующую канализационную сеть. Особую сложность при проведении строительных работ в дворовых зонах исторической части города оказывает плотность построек, как следствие – узкие дворовые проезды, а также наличие арок. Особенности такой застройки зачастую не позволяют использовать тяжелую строительную технику для доставки и монтажа монолитных изделий из стекловолокна, железобетона и стали.

Авторы данной работы выделили ряд требований, предъявляемых к аккумулирующей емкости и к процессу производства работ в условиях городской застройки:

- 1) отсутствие потребности в использовании тяжелой строительной техники;
- 2) возможность монтажа емкости под автомобильными проездами и стоянками;
- 3) возможность подключения к существующей канализационной сети;
- 4) удобство в обслуживании сооружения;
- 5) долговечность сооружения.

Авторы считают, что оптимальным решением будет использование полипропиленовых блоков в качестве аккумулирующей емкости. Размеры блоков позволяют осуществлять монтаж вручную, без использования тяжелой строительной техники. Так же преимуществом будет являться тот факт, что благодаря сборным блокам, ёмкости можно будет придать нужную форму. Это убережет заказчика от затрат на производство емкости «под заказ», и от ожидания изготовления емкости. Сборные полипропиленовые блоки не требуют подготовки бетонного основания, а котлован предлагается разрабатывать с помощью мини-экскаватора. Стоит отметить универсальность блоков в плане подключения к существующей канализационной сети: каждый блок имеет возможность подключения к трубам с наружным диаметром OD 110, 125, 160 и 200 мм, а также 250, 315, 400, 500 мм (с помощью переходника). Полипропиленовые блоки способны выдерживать нагрузку класса НК-60, что эквивалентно нагрузке в 20 т на одну ось автомобиля. Такая устойчивость позволяет монтировать емкость под автомобильными дорогами и стоянками без использования дополнительных разгрузочных конструкций.

Выводы.

1. Произведенный авторами сравнительный анализ существующих емкостей накопителей показал, что аккумулирующие емкости зарубежного образца на основе полипропиленовых блоков имеют ряд преимуществ перед применяемыми в отечественной практике емкостями из стекловолокна, железобетона и стали.

2. Предложен подход к решению проблемы подтопления дворовых зон исторической части Санкт-Петербурга.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Адамян В. Л., Гераськина В. Е. Проблемы «ливневок» в Ростове-на-Дону // Проблемы современной науки и образования. 2016. № 33(75). С.27-29.
2. Афиногенова В.В., Дубинина М.В. Проблематика и современные методы проектирования ливневых канализаций // В сборнике «Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образования». 2019. С.123-127.
3. Борткевич В.С., Миркис В.И., Драчиков С.А., Удовиченко Р.И. Развитие системы городской дождевой канализации на примере города Тюмени // Водоочистка. водоподготовка. водоснабжение. 2017. С.44-52
4. Великанов Н.Л., Наумов В.А., Корягин С.И., Мойса А.В. Совершенствование системы ливневой канализации города // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2017. №2(40) С.15-20.

5. EcoBloc System Stormwater management. Технический каталог. – 2021.
6. Система управления дождевыми стоками Rineo. Технический каталог. – 2020.
7. ACO StormBrixx. Система накопления или инфильтрации дождевых вод» / технический каталог. – 2018 г.
8. Novplast-eko.ru: сайт. – Москва, 2020 – URL: <https://novplast-eko.ru/oborudovanie/emkosti> (дата обращения: 19.03.2021). –Текст: электронный.
9. Sz-rz.ru : сайт. – Санкт-Петербург, 2020 – URL: <https://sz-rz.ru/> (дата обращения: 19.03.2021). –Текст: электронный.
10. СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения = утвержден приказом Минрегиона России от 29 декабря 2011 г. N 635/11.

УДК 556.5

Я.А. Великий, А.Н. Скурихин, М.Д. Яковлева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА ПРУДОВ КАЛИНИНСКОГО РАЙОНА

Введение. Современный пруд является составной частью городского природного комплекса – это объект притяжения, обеспечивающий горожанам различные виды досуга и отдыха. Учитывая быструю деградацию водоемов в городских районах, с каждым объектом должна производиться исследовательская работа, которая сможет охарактеризовать текущее состояние водоема.

В большинстве своем пруды больших городов находятся в плачевном состоянии: прилегающая территория и их донные отложения загрязнены, на берегах и склонах активно идут неблагоприятные геоморфологические процессы (эрозионные, склоновые). Часто нарушена система водообмена, а старые береговые укрепления находятся преимущественно в разрушенном состоянии.

Целью работы является составление реестра городских прудов Калининского района и выработка рекомендаций по ежегодному мониторингу этих объектов.

Для этого был проведен анализ классификационных признаков городских прудов для выявления приоритетных направлений мониторинга прудов Калининского района Санкт-Петербурга. Был проведен осмотр водоемов и составлена таблица 1. В качестве основных классификационных признаков системы выступают следующие:

А: тип водоема (1. Запруженный; 2. Копанный; 3. Запружено-копанный);

В: уровень территориальной иерархии водоема (1. Дворовый; 2. Микрорайонный; 3. Парковый нецентральный; 4. Парковый центральный; 5. Лесопарковый);

С: площадь водоема (1. Минимальный; 2. Малый; 3. Средний; 4. Большой; 5. Очень большой; 6. Огромный);

Д: средняя глубина водоема (1. Мелководный; 2. Среднеглубоководный; 3. Глубоководный; 4. Сверхглубоководный);

Е: каскадность водоема (1. Бескаскадный; 2. Каскадный промежуточный; 3. Каскадный нижний; 4. Каскадный верхний);

Ф: конструкция крепления берега водоёма (1. Неукрепленное; 2. Уположенное; 3. Откосное; 4. Вертикальное; 5. Откосно-вертикальное; 6. Комбинированное);

Г: система питания водоема (1. Искусственное; 2. Естественное от водотока; 3. Естественное грунтовое; 4. Смешанное) [1, 2].

Классификационные признаки В, Е являются постоянными и не нуждаются в постоянном наблюдении. Классификационный признак А определяется происхождением пруда и его конструкцией. Основная часть прудов Калининского района создана подпорными сооружениями, которые должны наблюдаться в местах крепления верхового и низового

откосов плотины в зоне переменных уровней; открытых поверхностях гребня и откосов; местах установки на плотинах и дамбах опор парапетов, ливнеотводящих лотков, ограждений дренажных устройств и мест резкого излома очертаний створа и сопряжения грунтовой плотины с бетонным сооружением [3].

Классификационные признаки С и D (см. рис.1) могут меняться в зависимости от климатических условий. Наблюдение за площадью пруда и его глубиной позволят предотвратить обмеление и оценить возможные изменения в режиме питания объекта, а также наиболее точно, в сравнении с другими признаками, позволяет оценить общий объем затрат и работ по объекту [4].

Таблица 1 – Назначение классификационных признаков для 9 прудов Калининского района Санкт-Петербурга

Название водоема	Классификационные признаки						
	A: тип водоема	B: уровень территориальной иерархии водоема	C: площадь водоема	D: средняя глубина водоема	E: каскадность водоема	F: конструкция крепления берега водоема	G: система питания водоема
Полуостровские пруды	A-1	B-3	C-3	D-3	E-3	F-2	G-2
Полуостровские пруды	A-1	B-3	C-2	D-2	E-4	F-2	G-2
Полуостровские пруды	A-1	B-3	C-2	D-2	E-4	F-2	G-2
Пруд (ул. Бутлерова)	A-2	B-2	C-2	D-2	E-2	F-4	G-2
Пруд (ул. Ольги Форш)	A-1	B-3	C-3	D-3	E-2	F-1	G-3
Пруд (Учительская ул. – Светлановский пр.)	A-1	B-2	C-2	D-4	E-2	F-1	G-3
Пруд у дворца спорта «Зенит»	A-2	B-5	C-1	D-2	E-2	F-1	G-2
Пруд у дачи Бенуа	A-1	B-3	C-1	D-2	E-3	F-2	G-4
Пруд у дачи Бенуа	A-1	B-3	C-2	D-2	E-4	F-2	G-4

Важным признаком является конструкция крепления берегов водоема F (рис. 1).

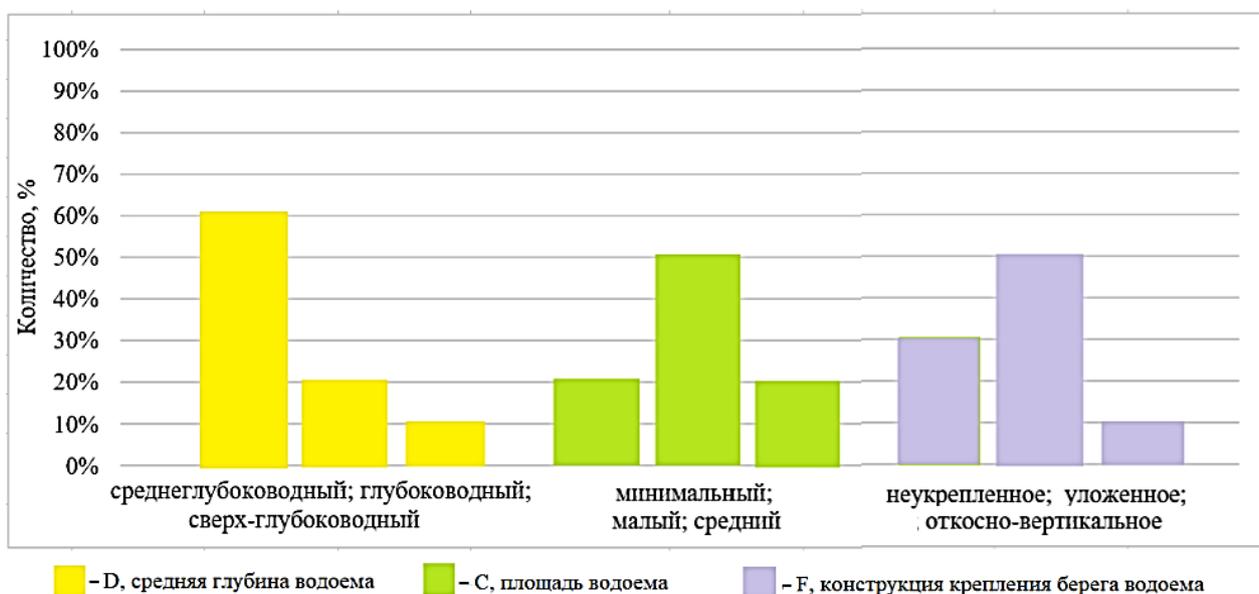


Рис. 1. Гистограмма распределения водоемов Калининского района по классификационным признакам C, D, F

При отсутствии укрепления береговой линии происходит волновая переработка берегов, ведущая к заилению пруда и неустойчивости границ водоема [5].

Результат. В данной работе и представлена классификация городских рекреационных водоемов. Классификация выполнена в виде системы из семи основных классификационных признаков. Каждый признак отражает важный параметр городского рекреационного водоёма, который необходимо учитывать при проектировании новых или реконструкции существующих водных объектов в границах города [6].

Вывод. Предложенная система классификационных признаков может быть применена в ходе системного анализа текущего состояния городских прудов, рассмотрения планов их капитального ремонта или реконструкции, а также на стадии проектирования водоемов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ 17.1.1.02-77. Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов. Введ. 01.07.1978. М.: Изд-во стандартов, 2000. 13с.
2. Алексанян Ю.В. Классификационные признаки городских водоёмов (Россия)/ Ю.В. Алексанян // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление: электронный журнал – 2019 – URL: <https://www.gidroburo.ru/>.
3. Черных, О.Н. Анализ и оценка технического состояния грунтовых плотин по результатам натурных наблюдений / О.Н. Черных, О.А. Доронкина, В.И. Алтунин. 7 с.
4. Малаханов В.В. Классификация состояний и критерии эксплуатационной надёжности гидротехнических сооружений / В.В. Малаханов // Экологический вестник Северного Кавказа. 2000. №1. С.56–64.
5. Опыт декларирования безопасности ГТС водохранилищных гидроузлов. / М.А. Волинов, В.А. Голубкова // М.: ВНИИГиМ, 2003. С.16-22.
6. Badenko V., Badenko N., Nikonorov A., et al. Ecological aspect of dam design for flood regulation and sustainable urban development // MATEC Web of Conferences. 2016. Article Number 03003.

УДК 628.252

С.И. Чичигинарова, Ю.В. Волкова
Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого

ПОЛИМЕРНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

Актуальность. Система водоотведения в условиях вечной мерзлоты является более дорогостоящим процессом по сравнению с другими климатическими зонами. В Якутске общая протяженность канализационных сетей составляет 175,4 км, из них 40% находятся в аварийном и предаварийном состоянии, 32,6% требуют ремонта [1]. Прорывы трубопроводов в системе водоотведения могут происходить из-за изношенного состояния, некачественной или недостаточной теплоизоляции труб и других факторов. Наиболее часто аварии происходят в местах выпусков трубопроводов через проветриваемые подполья зданий.

Целью данной работы является анализ характеристик применяемых материалов для трубопроводов и изучение существующих решений, используемых для выпуска трубопроводов из здания.

При проектировании системы водоотведения в условиях вечной мерзлоты выбор материала труб и стыковых соединений имеет большое значение по сложности и экономичности монтажа и надежности эксплуатации.

На практике наибольшее применение находили чугунные и стальные материалы. Общим минусом этих материалов является их разрушение при замерзании воды в трубопроводах. Еще одним недостатком чугунных труб является несовершенство применяемых стыковых соединений. При устройстве раструбных или муфтовых соединений неизбежны мокрые

процессы, которые являются крайне нежелательными в условиях Крайнего Севера. Такие стыки необходимо защищать от замерзания. Это требует дополнительных затрат рабочей силы и средств [2].

Эти недостатки приводят к поиску новых передовых материалов труб, обладающих более надежными свойствами. Трубы из полимерных материалов отличающиеся своими качествами от стальных и чугунных труб, обуславливают перспективность их применения.

Результаты. Проведен сравнительный анализ характеристик различных материалов (табл. 1). Для анализа взяты характеристики чугунных, стальных, полиэтиленовых и поливинилхлоридных материалов труб. Основными недостатками чугунных и стальных труб является подверженность коррозии и большой вес. Трубопроводы, проложенные в многолетнемерзлых грунтах, находятся в неблагоприятных условиях повышенной коррозионной опасности и нуждаются в катодной защите даже в большей степени, чем трубопроводы, проложенные в районах с умеренным климатом [3, 4]. Также у стальных труб недолговечный срок службы. Из полимерных материалов наиболее приемлемым является полиэтилен: за счет температурного диапазона и других свойств, отвечающим работоспособности в условиях вечной мерзлоты. При выборе производителя трубопроводов необходимо тщательно проверять наличие сертификатов, маркировок, соответствие основных размеров и параметров нормативным документам [5].

Городские инженерные коммуникации прокладываются в вентилируемых подпольях под зданиями. При этом трубопроводы либо подвешиваются к плитам перекрытия, либо укладываются в специально предусмотренном техническом туннеле. Чтобы сохранить грунты основания от теплового воздействия воды при авариях с трубопроводами или спуска ее из систем, устраивается бетонный лоток для приема этих вод [6]. Вводы-выпуски следует располагать посередине между соседними опорами фундаментных балок, а сами опоры, ближайшие к вводам и выпускам, заглублять в мерзлую толщу грунтов на большую величину по сравнению с другими фундаментами здания.

Таблица 1 – Характеристика материалов трубопровода

Материал трубы	Чугунная	Стальная	Полиэтиленовая (ПЭ)	Поливинилхлоридная (ПВХ)
Свойства				
Удельный вес 1 п.м., $D = 150$ мм, кг	20,7	15,88	6,67	5,97
Стоимость, руб.	От 1800	от 1000	от 550	от 390
Срок службы	80 лет	15-25 лет	не менее 50 лет	не менее 50 лет
Рабочая температура, °С	до +60	до +60	до +70	до +40
Морозостойкость, °С	до -60	до -60	до -60	до -40
Предел прочности при разрыве, МПа	300-400	200-400	20-40	30-50
Коэффициент линейного расширения, мм/мК	0,0104	0,011	0,12	0,07
Степень шероховатости внутренней поверхности	Высокая	Повышенная шероховатость	Гладкая	Низкая шероховатость
Устойчивость к коррозии	Мало подвержен коррозии	Подвержен коррозии	Не подвержен коррозии	Не подвержен коррозии

На рис. 1 представлена примерная схема прохода трубопровода через плиту перекрытия.

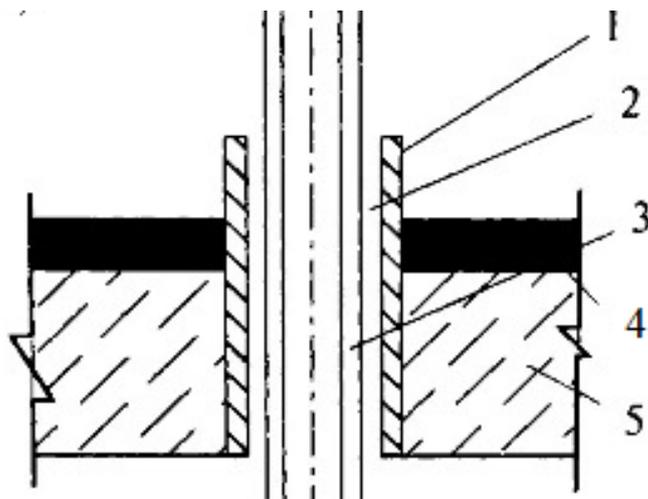


Рис. 1. Схема прохода трубы через перекрытие [7]:
1 – гильза, 2 – набивка, 3 – труба, 4 – пол, 5 – плита перекрытия

Для того чтобы осуществить проход трубопровода через строительные конструкции необходимо применять гильзу. Внутренний диаметр гильзы должен быть на 10-15 мм больше наружного диаметра трубопровода. Длина гильзы должна превышать толщину перекрытия на 20 мм. Межтрубное пространство следует заделывать мягким гидроизоляционным негорючим материалом с таким расчетом, чтобы не препятствовать осевому перемещению трубопровода при его линейных температурных деформациях [7].

Выводы. Применение полиэтиленовых труб технически и экономически целесообразно в условиях вечной мерзлоты, вследствие их преимуществ по сравнению с чугунными и стальными трубами. Выбирая поставщиков трубопроводов, необходимо проводить тщательный входной контроль.

При всех конструктивных решениях вводов и выпусков следует принимать меры, предохраняющие от попадания воды в грунты оснований зданий при утечках и опорожнении сети.

ЛИТЕРАТУРА:

1. О внесении изменений в Инвестиционную программу АО «Водоканал» на 2018-2023 годы: приказ Министерства ЖКХиЭ РС(Я) от 28 дек. 2018 г. №558-п. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/>
2. Семенова Д.П. Выбор материала труб систем водоснабжения для прокладки в условиях вечной мерзлоты // Актуальные исследования. 2020. №12 (15). С. 21-24. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://apni.ru/article/987-vibor-materiala-trub-sistem-vodosnabzheniya>
3. Зарипов Р.Ф., Коробков Г.Е. Защита арктических трубопроводов. Neftegaz.ru. 2018, N 12. С. 28-33, 3 ил.. Библ. 5. Рус.; рез. англ.
4. Арефьев Н.В., Баденко В.Л., Терлеев В.В. и др. Определение водно-физических свойств почв при мелиоративных изысканиях // Мелиорация и водное хозяйство. 2011. № 2. С. 18-21.
5. Исаев В.Н., Мхитарян М.Г. Особенности применения пластмассовых трубопроводов [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3181
6. Ястребов А.Л. Инженерные коммуникации на вечномерзлых грунтах. Л.: Издательство литературы по строительству, 1972. 178 с.
7. Особенности пропуска полимерных трубопроводов через строительные конструкции [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3117

АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ ОХТИНСКОГО МЫСА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ОСОБЕННОСТЕЙ ЕЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Введение. Городской вид Охтинского мыса сформирован на фоне открытого и мощного пространства Невы. В радиусе прямого визуального восприятия находятся такие значимые объекты культурного наследия федерального значения, как ансамбли Смольного монастыря, Смольного и Александровского институтов, а также Большеохтинский мост, соединяющий Охту с левым берегом Невы [1, 2]. С такими условиями необходимо деликатно и предельно точно продумывать концепцию обустройства исследуемой территории и соблюдать дополнительные ограничения, накладываемые на объекты такого типа.

Целью работы является проведение комплексного анализа территории Охтинского мыса для определения особенностей ее проектирования и использования.

Задачами исследования являются: выявление археологической и культурной ценности территории, а также определение существующих проблем при выборе вида дальнейшего использования территории.

Охтинский мыс расположен в Красногвардейском районе Санкт-Петербурга в месте впадения реки Охты в Неву. Заинтересованность территорией Охтинского мыса объясняется месторасположением участка, образованного правым берегом Невы и левым берегом Охты. Мыс обеспечивал естественную защиту с запада, севера и востока. Таким образом, он являлся стратегически выгодной землей на протяжении всего существования, за него боролись русские и шведские народы, что и наложило свой исторический интернациональный отпечаток и дало массу археологических ископаемых [3]. Помимо этого, именно на территории Охтинского мыса можно наблюдать феномен слияния городской среды с природной основой, ставший композиционным кодом петербургского культурного ландшафта. Для проектирования и использования такой территории нужно знать, в какой территориальной зоне располагается объект, какие виды разрешенного использования возможны, установлены ли особые режимы зон использования (например, режим зон объектов культурного наследия), какие существуют ограничения. На данный момент территория Охтинского мыса располагается в следующих зонах [4]:

1) зоне общественно-деловой застройки: Д (функциональная зона, данные Генплана Санкт-Петербурга);

2) территориальной зоне: ТД1-1_1 (для нее в градостроительном регламенте, п. 2.9, установлены цели выделения зоны, наименования вида разрешенного использования участков, предельные размеры земельных участков и другие требования);

3) зоне действия распоряжения №684, устанавливающего разрешение на отклонение от предельных размеров;

4) зоне охраны объектов культурного наследия с режимом: ОЗРЗ-2(11) (здесь представлена информация об общих требованиях режима использования земель в границах единой зоны регулирования застройки и хозяйственной деятельности 2, ОЗРЗ-2, ценных элементах планировочной и ландшафтно-композиционной структуры и др.).

Несмотря на то, какое важное место занимает Охтинский мыс в истории и структуре города, существует проблемы, связанные с межеванием и зонированием этого участка.

По данным публичной кадастровой карты территория Охтинского мыса состоит из 9 зарегистрированных участков и 1 незарегистрированного участка [5].

При этом для незарегистрированного участка имеется разрешение на использование его по назначению: элементы благоустройства территории и малые архитектурные формы с датой разрешения № 6812-ИЗУ от 11.09.2020 и датой окончания действия 16.10.2023 года.

На земельном участке 78:11:600101:26 располагается здание – административно-производственный корпус площадью 3319, 5 м² по адресу г. Санкт-Петербург, Свердловская наб., д. 74, лит. А, но данный ОКС не зарегистрирован в ЕГРН (рис. 1).

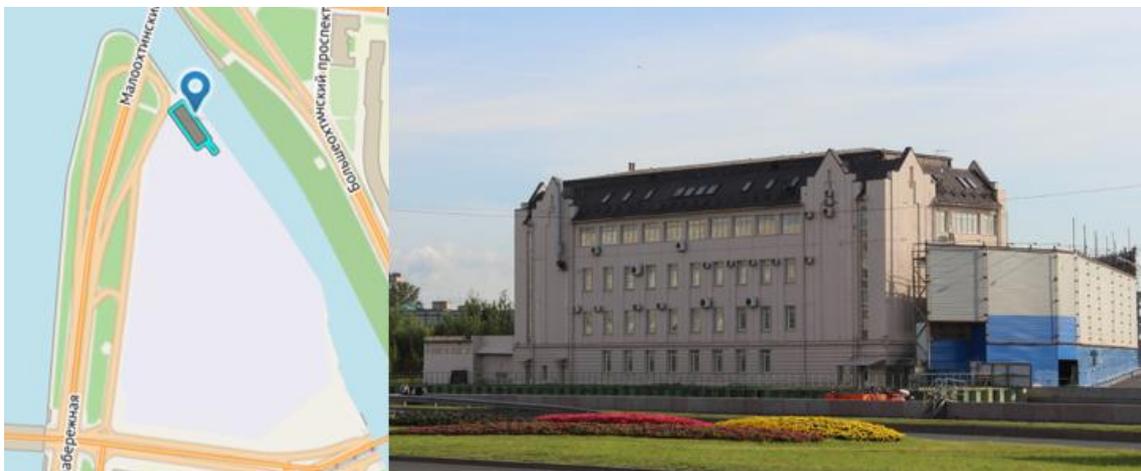


Рис. 1

Местоположение, ведущая хозяйственная деятельность и некоторые исторические аспекты определили наличие на территории Охтинского мыса большого количества зон с особыми условиями использования территории (ЗОУИТ). Для каждой из зон установлены особые правила использования. При проектировании эти правила необходимо соблюдать и учитывать экологические аспекты водохозяйственного строительства и устойчивого городского развития [6].

Результаты и выводы:

1. Охтинский мыс является природно-культурным объектом всемирного наследия, культурным ландшафтом, преобразованным из природного в ходе длительного исторического процесса и сотворчества человека и природы.

2. Проведен анализ землепользования на исследуемой территории, который выявил незарегистрированный земельный участок и незарегистрированное здание (административный корпус).

3. Производить проектирование на данной территории необходимо с учетом территориальной зоны, видов разрешенного использования, наличия особых режимов зон использования (например, режим зон объектов культурного наследия), а также существующих ограничений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Деконская Н.В. Охтинский мыс как объект наследия: проблемы и перспективы музеефикации / Н. В. Деконская // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета культуры и искусств. 2015. №3(24). С.165-170. [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_24085260_17374246.pdf (10.02.2021).

2. Сорокин П.Е. Культурно-историческая стратиграфия Охтинского мыса // Археологическое наследие Санкт-Петербурга / сост. П. Е. Сорокин. СПб.: Науч.-исслед. инс-т культ. и природ. наследия, 2014. Вып. 4. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://mirpeterburga.ru/upload/iblock/8aa/8aa429b3f8ed18019336d5aede5beb77.pdf> (08.02.2021).

3. Савельева Э.В. Подходы к формированию концепции Охтинского мыса / Э. В. Савельева // Ландшафтная архитектура, строительство и обработка древесины. – 2020.– С. 373-382. . [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_43809961_67099740.pdf (10.02.2021).

4. Геоинформационная система Санкт-Петербурга [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://rgis.spb.ru/mapui/> (05.03.2021).
5. Публичная кадастровая карта [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://pkk.rosreestr.ru/#/search> (05.03.2021).
6. Badenko V., Badenko N., Nikonorov A., et al. Ecological aspect of dam design for flood regulation and sustainable urban development // MATEC Web of Conferences. 2016. Article Number 03003.

УДК 712.253

А.В. Урванцева, Ю.В. Волкова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЛАНДШАФТА НА СОЗДАНИЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН НА ОВРАЖНО-БАЛОЧНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Введение. На сегодняшний момент большинство городов России испытывает острый дефицит территорий в связи с уплотнением жилой и общественной застройки. С увеличением площади зданий часто становится невозможным устраивать достаточное количество рекреационных зон.

Территории с равнинным рельефом, в первую очередь, застраиваются жилыми или общественными зданиями. Поэтому все более привлекательными становятся территории, где природные условия делают застройку невозможной. Преобразование ландшафтов со сложным рельефом в общественные пространства позволит решить сразу две проблемы: нерациональное использование городских территорий и недостаточного количества зеленых зон.

Цель работы – выявить и систематизировать негативные особенности ландшафта овражно-балочных территорий, подобрать решения по их устранению, используя теоретические методы исследования.

Овраг – это форма рельефа в виде относительно глубоких ложбин, образованных временными водотоками. Балка – это небольшая сухая или с временным водотоком долина, покрытая травой, кустарником. Образование оврагов может быть связано как с влиянием антропогенного воздействия, так и с влиянием природных обстоятельств. В [1] описано влияние рельефа на микроклимат. Его особенности могут проявляться в формировании температурного и ветрового режимов, почвенных и гидрологических условий.

На овражно-балочных территориях возможен застой воздуха, образующийся под влиянием задержки воздушных потоков густыми насаждениями. Данная проблема была успешно решена при реализации парка культуры в г. Воронеже. Авторы проекта М. Коржев и М. Прохорова обеспечили аэрацию территории при помощи системы просек, расположенных в направлении преобладающих ветров.

Сложный рельеф формирует определенные почвенно-гидрогеологические условия. Верхние части склона зачастую имеют более бедные и сухие почвы в сравнении с нижними частями. Это происходит вследствие значительных потерь части выпадающих осадков и одновременного смыва почвенного слоя. Следовательно, в этих местах произрастают менее прихотливые растения. Самые благоприятные условия для растений формируются в ложбинах, поскольку в этих ложбинах накапливается большое количество влаги и питательных веществ [2, 3].

Задача ландшафтного архитектора состоит в том, чтобы не только учесть особенности микроклимата на территориях со сложным рельефом, но и правильно организовать пространство рекреационной зоны, выделить формы и особенности ландшафта. Главную роль играют непосредственно визуальные связи частей парка. Особое внимание уделяется видовым точкам. Необходимо сохранить интересные виды и изолировать нежелательные. Для отрицательных форм рельефа характерны внутренние замкнутые композиции.

В качестве примера можно привести один из красивейших парков Европы Стрыйский парк во Львове. Парк располагается в глубокой долине, по дну которой раньше протекал ручей Сорока, и состоит из трех частей: 1) зона нижних партеров – по дну балки, 2) лесопарковая зона – на склонах балки, 3) верхняя терраса.

В [4] описана роль водосбора и водоотведения в преобразовании деструктивных ландшафтных территорий. Овражно-балочные территории с их водотоками включаются в концепцию зелено-голубой инфраструктуры. В основу данной концепции входит объединение управления водными и земельными ресурсами, а также растительностью [5-8].

Так, в Сеуле реку Чхонгечхон, когда-то спрятанную в коллектор под автомагистраль, вернули на поверхность, разбив вдоль нее рекреационную зону. После осуществления данного проекта резко сократилось количество автомобилей, снизилось шумовое загрязнение, улучшилось качество воздуха, в несколько увеличилось видовое разнообразие растений, рыб и птиц. Располагаясь в траншее, окруженный строгими урбанистическими ландшафтами, парк реки Чхонгечхон не только украшает город, но и выполняет важную экологическую функцию.

Результаты. В ходе выполнения работы были выявлены негативные особенности ландшафта территорий с оврагами и балками и предложены мероприятия для эффективного преобразования территории. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Природные компоненты ландшафта	Особенность ландшафта с оврагами и балками	Применяемые технические и инженерные мероприятия для эффективного преобразования территории
Микроклимат	Высокий показатель влажности. Возникновение собственного ветрового режима. Застой воздуха	Озеленение для увеличения транспирации Создание ограждений и живых изгородей, выполняющих ветрозащитную функцию, и в то же время обладающих необходимой продуваемостью во избежание застоя воздуха. Вертикальная планировка
Почвы	Почвенный плодородный слой неоднороден, местами может отсутствовать вследствие вымывания	Нанесение плодородного слоя Почвозащитные мероприятия Внесение удобрений Высадка почвоулучшающих растений
Растительность	Видовой состав неразнообразен в связи с особенностями других факторов	Выбор растительности в зависимости от места расположения и условий их произрастания.
Рельеф	В оврагах отсутствие дерна на склонах делает их подверженными эрозии. В балках склоны пологие, заросшие травой	Укрепление дна, склонов и вершин оврагов можно обеспечить при помощи: 1. Озеленения 2. Террасирования 3. Подпорных стенок 4. Гидротехнических сооружений
Гидрологический режим	Характерны: заболоченность и затопляемость талыми и дождевыми водами	Мероприятия по сбору и отводу поверхностного стока Устройство дренажных систем для перехвата подземных вод
Антропогенное влияние	По своей форме рекреационные зоны в оврагах приближены к линейным паркам. Такие территории более подвержены воздействию атмосферных загрязнений и шума.	Защитная полоса быстрорастущих неприхотливых насаждений и создание для них благоприятных условий произрастания. Регулирование режима посещения

Выводы. Каждый изучаемый объект имеет свои особенности. Несмотря на все негативные факторы, созданные спецификой ландшафтно-балочных территорий, можно из имеющихся технических средств, инженерных мероприятий и композиционных приемов подобрать решения, которые позволят максимально выгодно использовать особенности территории.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Вергунов А.П., Денисов М.Ф., Ожегов С.С. Ландшафтное проектирование: учебное пособие для вузов. Москва: Высш. шк., 1991. 240с.
2. Трубицына Н.А. Ветровая защита и биоклиматический комфорт в ландшафтной архитектуре // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. Вып. 6 (105). С. 619-630. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.6.619-630
3. Сенющенкова И.М., Новикова О.О. Геоэкологические исследования городских нарушенных территорий // Ученые записки РГГУ. 2013. №28.
4. Петрашень Е.П., Сперанская В.С., Кузьмина А.О. Деструктивные ландшафты в контексте городского общественного пространства. Проблемы реабилитации, адаптации и интеграции // Вестник СПбГУ. Искусствоведение. 2018. Т.8(4). С.693-714.
5. Зинченко Ю.С., Затолокина Н.М. Анализ проблемы овражной эрозии на примере оврага в г. Валуйки // Вектор ГеоНаук. 2019. Т.2. №4. С. 18-21.
6. Коваленко К.К., Петухов В.В. Анализ отечественного и зарубежного опыта исследования архитектурно-дизайнерской среды на сложном рельефе и его применение в городе Владивостоке // Проблемы современной науки и образования. 2017.
7. Ковалев С.Н. Овражно-балочные системы в городах: научная литература /С.Н. Ковалев – Москва, 2011. – 138 с.
8. Badenko V., Badenko N., Nikonorov A., et al. Ecological aspect of dam design for flood regulation and sustainable urban development // MATEC Web of Conferences. 2016. Article Number 03003.

УДК 628.3

Р.О. Яковлев, М.В. Мартынов, Ю.И. Хвостова, К.Н. Романова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЁМКОСТЕЙ-НАКОПИТЕЛЕЙ ДОЖДЕВОГО СТОКА ДЛЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ, НЕ ИМЕЮЩИХ СТОКА В ГОРОДСКУЮ КАНАЛИЗАЦИЮ

Актуальность. Регулярное подтопление городских территорий по причине отсутствия дождевой канализации может стать причиной аварийных ситуаций, повреждения и последующего разрушения жилищного фонда и объектов инфраструктуры, нерегулируемого стока загрязненных осадков в водоемы. Всё это может привести к материальному ущербу и к негативному воздействию на окружающую среду [1-3]. Представляется актуальной ситуация, при которой осадки выпадают на территории, не имеющей стока в городскую канализацию.

Цель работы. В связи с вышеизложенным, авторы ставят целью разработку рекомендаций по использованию емкостей-накопителей дождевого стока для предотвращения затопления локальных участков, гидравлически не связанных с городской системой водоотведения.

Для достижения поставленной цели авторам представляется необходимым решить следующие задачи: 1) обосновать необходимость установки накопительной емкости; 2) произвести расчёт стока, который должна принять ёмкость; 3) подобрать ёмкость? соответствующую возможным размерам участка размещения, и желаемым заказчиком конструктивным особенностям; 4) разработать предложения по материалу и конструкции ёмкости, соответствующие размеру ёмкости и условиям её размещения.

В данной работе авторы предлагают рекомендации по использованию емкостей-накопителей дождевого стока на примере территории, примыкающей с севера к восстановленному участку Крепостного канала у собора Святых Петра и Павла Петропавловской крепости. В период дождей в канал поступает поверхностный сток с прилегающих территорий. Среднегодовая сумма осадков в Санкт-Петербурге – около 662 мм. Но количество выпадающих осадков примерно на 200–250 мм превышает испарение влаги, что обуславливает повышенное увлажнение. Таким образом, в канале практически всегда поддерживается заполнение водой.

Таблица 1 – Площади покрытий территории и коэффициенты стока

Вид поверхности	Площадь покрытия, F_i , м ²	Площадь покрытия, F_i , га	Коэффициент стока, Ψ_i	Коэффициент покрова, z_i
Кровли зданий и сооружений	889	0,0889	0,6	0,32
Зеленые насаждения и газоны	30	0,0030	0,1	0,038
Плиточные покрытия тротуаров	35	0,0035	0,4	0,224
Булыжные мостовые	358	0,0358	0,45	0,145
Площадь участка – F	$\Sigma F_i = 1\ 312,0$	$\Sigma F_i = 0,1312$	$\Psi_d = \Sigma \Psi_i / \Sigma F_i = 0,54$	$z_{mid} = \Sigma z_i / \Sigma F_i = 0,26$

Поскольку канал находится в непосредственной близости к северной стене собора, постольку имеет место постоянное увлажнение стены, которое негативно сказывается на несущих конструкциях [1, 4]. Уберечь нижнюю часть стены и фундамент собора от разрушения и осадок можно путём отведения поверхностного стока в накопительную емкость. Для этого предлагается установка аккумулирующей дождевой сток ёмкости под пешеходной зоной, выложенной булыжником. Для определения полезного объема аккумулирующей емкости необходимо произвести расчет дождевого и талого стока с прилегающей территории (см. табл. 1). Расчет производится по методу предельных интенсивностей [5].

1. Определение среднегодовых объемов поверхностных сточных вод

1.1. Объем сброшенного дождевого стока:

$$W_d = 10h_d\Psi_d F = 10 \times 454 \times 0,54 \times 0,1312 = 321,65 \text{ м}^3/\text{год},$$

где F – расчетная площадь стока, га;

h_d – слой осадков за теплый период года, $h_d = 454$ мм;

Ψ_d – общий коэффициент стока дождевых вод.

1.2. Объем сброшенного талого стока:

$$W_t = 10h_t\Psi_t F K_y = 10 \times 234 \times 0,7 \times 0,1312 \times 0,8 = 171,92 \text{ м}^3/\text{год},$$

где h_t – слой осадков за холодный период года, $h_t = 234$ мм;

Ψ_t – общий коэффициент стока талых вод, $\Psi_t = 0,7$;

K_y – коэффициент учитывающий уборку и частичный вывоз снега, $K_y = 0,8$.

1.3. Объем инфильтрационного стока в сетях дождевой канализации:

$$W_{др.д.} = 2010hF/673 = 2010 \times 688 \times 0,1312 / 673 = 269,59 \text{ м}^3/\text{год},$$

где h – слой осадков за год, $h = 688$ мм;

2010 – величина годового инфильтрационного стока для дождевой канализации, м³/год.

1.4. Средний годовой объем поверхностных сточных вод:

$$W_r = W_d + W_t + W_{др.д.} = 321,65 + 171,92 + 269,59 = 763,16 \text{ м}^3/\text{год}.$$

1.5. Среднесуточный (за год) объем поверхностного стока:

$$W_{\text{ср.сут}} = W_{\text{г}}/365 = 763,16 / 365 = 2,09 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Произведенный расчет дождевого стока позволяет определить минимальный полезный объем аккумулирующей емкости:

$$V_{\text{пол.}} = W_{\text{ср.сут}} \times 31 = 2,09 \times 31 = 64,79 \text{ м}^3,$$

где 31 – количество дней в месяце, сут.

Полезный объем аккумулирующей емкости должен составлять не менее 65 м^3 , при условии ежемесячной откачки собранного емкостью стока ассенизаторской машиной.

Ввиду того, что Петропавловская крепость является памятником культурного наследия, а также ввиду того, что территория, где располагается канал, ограничена с трёх сторон стенами памятников архитектуры, предлагается использование сборных полипропиленовых блоков, в качестве аккумулирующей ёмкости [6]. Для доставки и монтажа блоков не потребуется использования тяжелой строительной техники, монтаж осуществляется вручную. Так же преимуществом будет являться тот факт, что благодаря сборным блокам, ёмкости можно будет придать форму любого размера. Это убережет заказчика от затрат на производство ёмкости под заказ, и от ожидания изготовления ёмкости. Сборные полипропиленовые блоки не требуют подготовки бетонного основания, а котлован предлагается разработать с помощью мини экскаватора. Полезный объем одного блока составляет $0,206 \text{ м}^3$, исходя из этого, для вмещения рассчитанного стока потребуется 360 блоков. Предлагается устроить 6 рядов по 60 блоков. Общий размер емкости будет составлять 7,2 м в длину, 9 м в ширину, 1,2 м в высоту.

Монтажная схема изображена на рис. 1. Разрабатывается котлован, ширина и длина которого превышают размеры емкости на 40-50 см. Аккумулирующая емкость собирается на подготовленном уплотненном песчаном основании $h = 0,3 \text{ м}$. На основании расстилается слой геотекстиля, водонепроницаемой геомембраны, и снова слой геотекстиля. Слои захватывают откосы котлована, чтобы в дальнейшем можно было обернуть полностью ёмкость. Рабочими собирается ёмкость заданных размеров. Монтируются водоприемники из канала, рекомендуется использовать ПВХ трубу OD110мм. Монтируется вентиляционная труба, она же служит люком для откачки стока. Аккумулирующая ёмкость засыпается песком с послойным уплотнением. Восстанавливается проезд из булыжника.

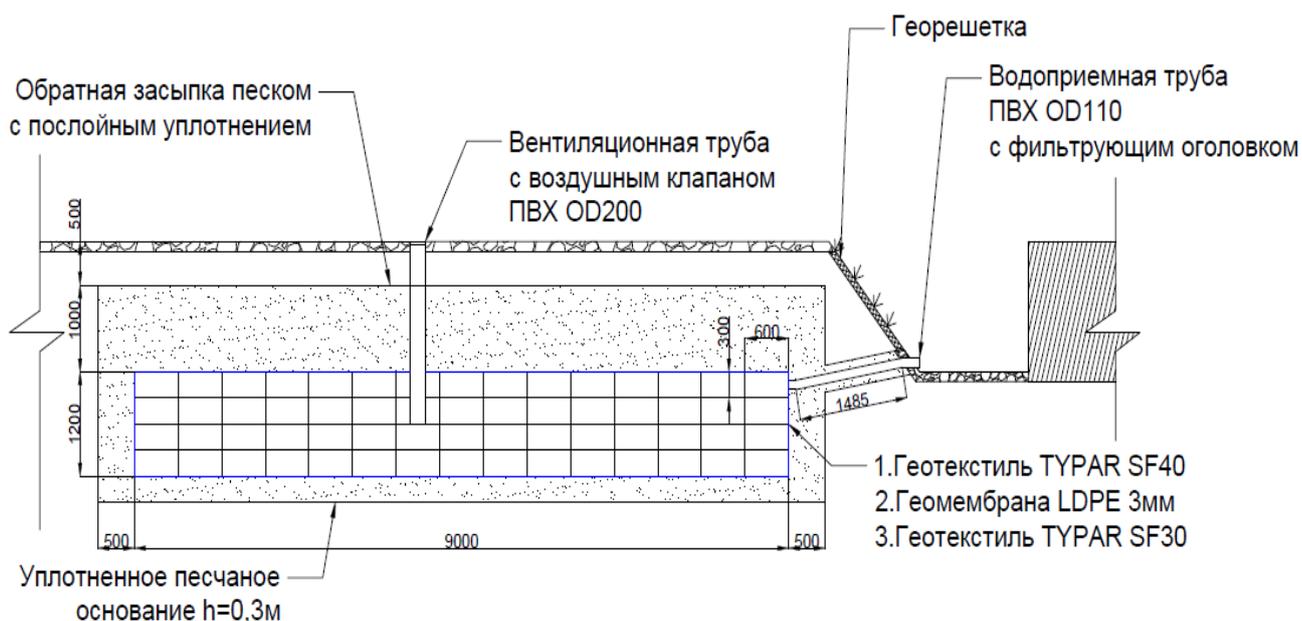


Рис. 1. Монтажная схема емкости накопителя из ПП блоков

Выводы. Разработанные авторами рекомендации для данного объекта могут использоваться в качестве основы для проектов по отведению дождевых стоков с аналогичных городских территорий, в том числе с территориями памятников культурного наследия. Рекомендации соответствуют требованиям безопасного проведения строительных работ в стесненных условиях без ущерба располагающимся вблизи строениям.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Салимгариева Н.И., Калошина С.В. Негативное влияние подтопления территории городской застройки на состояние зданий и сооружений // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2012. №1. С.95-99.
2. Мануйлов М.Б., Московкин В.М. Влияние поверхностного стока (дождевых и талых вод) на экологическую и техногенную ситуацию в городах» // Вода и экология. 2016. №4. С.48-74.
3. Badenko V., Badenko N., Nikonorov A., et al. Ecological aspect of dam design for flood regulation and sustainable urban development // MATEC Web of Conferences. 2016. Article Number 03003.
4. Салимгариева Н.И., Калошина С.В. Влияние подтопления на получение дополнительных осадок зданий и сооружений // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2013. №1. С. 104-113.
5. СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения = Sewerage. Pipelines and wastewater treatment plants. утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 29 декабря 2011 г. N 635/11 и введен в действие с 01 января 2013.
6. Система управления дождевыми стоками Rineo. Технический каталог. – 2020.

УДК 628.3(3-5)

К.Н. Романова, Р.О. Яковлев, И.С. Латилов, С.Я. Павлов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Актуальность. Применение сточных вод в сельском хозяйстве – это перспективное и разумное решение проблемы рационального использования водных ресурсов. В данной работе рассматриваются основные способы предварительной подготовки сточных вод для их применения в выращивании сельскохозяйственных культур.

Под коттеджным посёлком понимается населённый пункт с малоэтажной застройкой, жители которого имеют подсобные хозяйства. Во внимание принимаются бытовые сточные воды в смеси со сточными водами от подсобных хозяйств. В настоящее время сточные воды от коттеджных посёлков и от предприятий животноводства сбрасываются в водоприемники без очистки или подвергаются дорогостоящей очистке до кондиции, соответствующей требованиям СанПиН для воды, сбрасываемой в естественный водоприёмник. Одним из самых очевидных путей создания наиболее грамотной системы водопользования является уменьшение итоговых объемов сточных вод, сбрасываемых в поверхностные источники, при помощи систем повторного использования стоков.

Зачастую к посёлкам или к объектам животноводства примыкают территории, используемые для возделывания сельскохозяйственных культур. Продукционный процесс растений требует внесения удобрений. Вопрос об использовании частично обработанной сточной воды для возделывания сельскохозяйственных культур представляется актуальным.

Это определяет *цель работы* – рассмотрение и сравнение между собой основных методов очистки сточных вод до нормативов, обеспечивающих их использование в качестве удобрений.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1) сбор информации по составу частично очищенной сточной воды, которая может быть использована в качестве удобрения;

2) сбор информации по существующим методам частичной очистки воды, которая может быть использована для полива сельскохозяйственных культур;

3) сравнение этих методов по показателям степени очистки и по экономическим показателям.

Содержащиеся в сточных водах биогенные элементы могут быть использованы как в растворенном состоянии – в составе стоков, так и в виде выделенного осадка. Во втором случае вода используется для орошения, а осадок – в качестве удобрения для растений. Рассмотрим рациональность этих схем.

Ввиду содержания в стоках азота и фосфора, они являются ценным и экономичным сырьем для получения удобрений. Осадки сточных вод имеют агрономическую ценность по азоту в полтора раза, а по фосфору – в два-три раза выше, чем навоз. Приведенные в [1] данные показывают, что удобренная осадком капуста имеет урожайность на 39% выше, чем та, что не получала удобрения. В случае же дополнительного внесения калийных удобрений, получен урожай, на 60% превышающий урожай контрольной капусты, и на 13% – капусты, получавшей подкормку минеральными удобрениями.

На рисунке 1 представлены данные в виде диаграммы об оптимальных концентрациях питательных веществ в сточной воде, используемой для орошения, и сравнение этих значений с концентрациями веществ в бытовых сточных водах [2]. Можно заметить, что содержание фосфора и азота не достаточно для полного снабжения растений биогенными элементами.

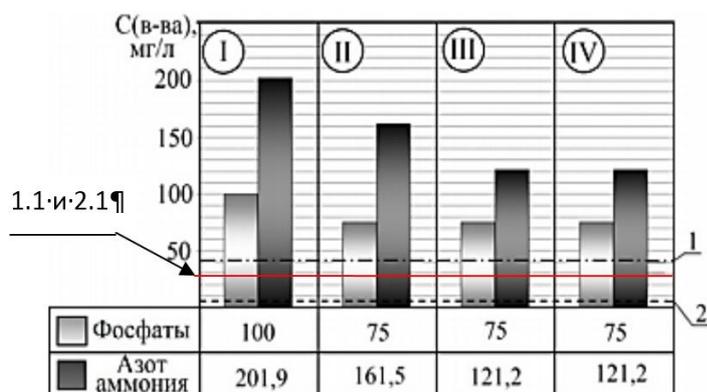


Рис. 1

На рис. 1 представлены требования к химическому составу сточных вод, используемых в орошении:

I – дерново-подзолистых почв; I

I – серых лесных почв;

III – черноземов;

IV – для каштановых [3];

1 – содержание азота аммонийного в сточной воде без очистки (~ 40 мг/л);

2 – содержание фосфатов в сточной воде без очистки (~ 5 мг/л) [2].

Показанные на рис. 1 концентрации аммонийного азота и фосфора (I и II соответственно) даны для воды, которая не была очищена. Анализ этих данных показывает, что, на первый взгляд, возможна подача бытовой сточной воды в смеси с сельскохозяйственными стоками прямо на сельскохозяйственные угодья. Однако исходная сточная вода включает детергенты, которые понижают поверхностное натяжение воды и опасно влияют на возвращение сельскохозяйственных культур. По этой причине, исходная сточная вода должна пройти очистку на ЛОС для очистки вод от мыльных растворов.

Авторы выделяют два наиболее простых и рациональных метода очистки бытовых сточных вод от коттеджного поселка:

1. Очистка с помощью канализационной локальной очистной станции.

2. Отстаивание сточных вод в искусственном отстойнике (стабилизационный пруд).

Применение биогенных элементов в составе очищенных сточных вод для полива не требует особых технологий. В стоках, прошедших канализационную локальную очистную станцию (ЛОС), содержание загрязнителей мало, и достаточно произвести обеззараживание любым экологически безопасным способом.

На рис. 1 реальные концентрации азота и фосфора в сточных водах, сбрасываемых после ЛОС, отмечены сплошной линией (1.1 – содержание азота аммонийного в сточной воде после очистки в ЛОС; 2.1 – содержание фосфатов в сточной воде после очистки в ЛОС).

Результаты. Данные, иллюстрируемые рис.1 (составленные по данным [3]), дополняются результатами работы [4], согласно которым на 50-65% отечественных очистных станциях в результате очистки происходит удаление аммонийного азота до концентраций менее 2 мг/л. На 15-27% происходит частичная нитрификация, на 5-15% качество очистки воды по данному загрязнителю неудовлетворительно. При удалении фосфора на 19 – 28% станций достигаются концентрации менее 1 мг/л, на 40% станций – более 2 мг/л.

Таким образом, очищенная сточная вода может применяться для орошения сельскохозяйственных культур. Содержание в ней биогенов явно недостаточно для использования этой воды в качестве единственного источника питательных веществ для сельскохозяйственных культур.

При хранении очищенных сточных вод из-за содержания биогенных элементов может возникнуть явление эвтрофикации, что приведет к ухудшению качества воды и сделает дальнейшую ее обработку более сложной. Следовательно, несмотря на необходимость дополнительных затрат, связанных с очисткой, более рациональной является схема водопользования, предусматривающая отдельное использование биогенных элементов.

Кроме того, при сельскохозяйственном использовании воды наблюдается существенная неравномерность – как суточная, так и сезонная, связанная с периодом вегетации культур. Это вызывает необходимость усреднения расхода.

Применяется хранение сточных вод в искусственных или естественных резервуарах-накопителях, а также подпитка сточной водой подземных водоносных горизонтов с последующим использованием для различных нужд [5].

Выводы. По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. Бытовые сточные воды в исходном состоянии не могут быть использованы для полива сельскохозяйственных культур.

2. Бытовые сточные воды должны подвергаться очистке на ЛОС, что снижает концентрацию биогенов в воде, прошедшей очистку.

3. В качестве ЛОС могут быть использованы аэрационные очистные установки и стабилизационные пруды.

4. При использовании «очищенных» бытовых сточных вод не только для орошения, но и для удобрения сельскохозяйственных культур, в их состав должны быть добавлены питательные вещества.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Евилевич А.З. Утилизация осадков сточных вод [Текст] / А.З. Евилевич. – М.: Стройиздат, 1979.
2. СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения [Текст] утв. Минрегион России 29.12.2011; введ. в действие 01.01.2013.
3. Рыбина Н.И. Опыт сельскохозяйственного использования сточных вод некоторых отраслей пищевой промышленности в СССР. [Текст] / Н.И. Рыбина; под. ред. А.Е. Картуп. – М.: ВНИИ ТЭИ агропром, 1990.
4. Анализ данных работы очистных сооружений российских городов – основа для технологического нормирования / Д.А. Данилович, и др. // НДТ. – 2015. – №3-4. – С.18-28.
5. Escobar I.C. Sustainable Water for the Future: Water Recycling versus Desalination [Текст] / I.C. Escobar, A.I. Schäfer. – Amsterdam.: Elsevier, 2010. – ISBN: 978-0-444- 53115-5.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРНЫХ СТИЛЕЙ: ЭКЛЕКТИКА И МОДЕРН

Актуальность данной темы определяется расположением рассматриваемых домов (Большая Морская, д.10 и Большая Морская, д.8) в важной с градостроительной точки зрения зоне, и недостаточной изученностью особенностей их фасадов.

Цель и задачи работы: анализ архитектурных стилей фасадов двух зданий и сравнение элементов фасадов здания, построенного в стиле эклектики, и здания, относящегося к позднему модерну.

Объектами исследования являются: здание по улице Большая Морская, д.10, имеющее архитектурный стиль – эклектика и здание в стиле позднего модерна по улице Большая Морская, д. 8.



Рис. 1. Главный фасад дома 10



Рис. 2. Главный фасад дома 8



Рис. 3. Карниз и фронтон

Описание объектов исследования. Первый объект – здание, имеющее официальное название «Дом Болина – Торговый дом "К. Э. Болинъ"» (рис.1). Адрес: Большая Морская, д. 10. Годы постройки и архитекторы: 1874-1875 – архитекторы Миллер (Мюллер) Фердинанд Логинович, Шауб Василий Иванович [1-6]. Стиль: эклектика.

Второй объект исследования (рис. 2) находится по адресу Большая Морская, д.8. Официальное название: «Дом Е.Т. Кудрявцева» [1-6]. Адрес: Большая Морская, д. 8. Построено в стиле – модерн. Годы постройки и архитекторы: 1868, 1910-1911, архитекторы: Бульери Л.Ф., Кудрявцев Н.Г. [6].

Результаты исследования. Рассмотрение фасада дома 10 показывает, что фасад перегружен декоративными элементами, выполненными из гипса и относящиеся к разным архитектурным стилям. Это позволяет отнести обследуемое здание к архитектурному стилю, в отечественной литературе получившему название «поздняя эклектика» [5].

Эклектичность стиля фасада здания иллюстрируется сочетанием классического карниза и сандрика (рис. 3), барочных и ренессансных окон (есть даже «окно Сансовино») и барочных фронтонов на крыше. Однако, «изобилие» декоративных элементов, а также разнообразие

оконных проёмов и наличие асимметрично расположенного эркера, исключает монотонность парадной стороны здания. Именно эклектика создавала раскованность действий для архитекторов [5].

Следует также отметить, тщательную проработанность всех деталей фасада. Хорошо прорисован сандрик над дверным проёмом (рис. 4). Барочные фронтоны очень близки к прототипам, например, к фронтонам Королевского дворца в Мадриде [2]. Однако, по мнению авторов, эффект обилия и качества декора несколько снижается монохромной окраской фасада охрой без выделения деталей. Монохромная окраска была весьма актуальной для времени постройки здания и практически в один цвет были окрашены многие здания, примыкающие к Дворцовой площади.

Окно третьего этажа украшают полуколонны, а окно четвертого этажа – пилястры (рис. 5).

Можно заметить, что окна каждого этажа различаются: на втором этаже полуциркульные (рис. 6) и одно круглое, на третьем – мягкий квадрат, на четвертом – окна с плавным закруглением (рис. 7). Эклектика – это контраст: в данном случае – сочетание противоположных форм.



Рис. 4. Парадная дверь



Рис. 5. Пилястры и окно
Браманте



Рис. 6. Окно второго этажа

Дом 8 (рис. 2) по оформлению фасада является антиподом рассмотренного выше здания. Удачно выполненная перестройка придала стандартному эклектическому зданию элегантный облик, характерный для позднего модерна [4].

Охарактеризовать данный архитектурный стиль можно как один из самых современных и оптимистичных стилей, в нём заложен посыл о представлениях будущего, переосмыслении того, как люди будут жить, работать и взаимодействовать. От классического модерна (югендштил, скандинавский модерн) поздний модерн отличается строгостью, простотой декоративных деталей. Эти черты роднят его с нарождающимся конструктивизмом [3, 4].

Привлекательность и строгость лицезовому фасаду здания придают приглушённые и плавно перетекающие оттенки серого цвета (рис.2). Также заметно, что здание имеет плоскую перспективу. По мнению историков архитектуры [4], это одна из основных черт стиля позднего модерна, олицетворяющая путь к современности.



Рис. 7. Окно четвертого этажа



Рис.8. Окно прямоугольной формы



Рис. 9. Окно вытянутой прямоугольной формы

На всех этажах расположены разнообразные оконные проёмы прямоугольной плоской конфигурации в идеальной комбинации с простенками (рис. 8, 9). Этот простой, но эффективный приём оживляет плоскость фасада.

Особенность здания – строгость рисунка, сочетание искусно подобранных отделочных материалов. Для облицовки на цокольном этаже использовался крупнозернистый гранит, выложенный римским способом «инсерт» (куски необработанного камня, утопленные в раствор). На верхних этажах – полированный гранит с элементами мозаики, что характерно для стиля модерн начала XX-го столетия (рис.2). Используется сочетание гладкой и фактурной штукатурки. Указанные выше элементы декора преобразуют фасад и создают холодную структуру, подобно северным скальным ландшафтам[4].

Выводы: по данным исследования можно констатировать, что оба рассмотренных дома имеют особенности, характерные для времени их постройки. Дома возведены талантливыми архитекторами, отличаются высоким качеством строительства. Несмотря на разностильность и даже разную высоту, здания хорошо вписаны в ансамбль Большой Морской улицы и не противоречат пространственной среде, сложившейся к началу XX-го века.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бройтман Л.И., Краснова Е.И. Большая Морская-Санкт-Петербург: Мим-Дельта, 2005. – 462 с.
2. Бунин А.В. (ред.) Всеобщая история архитектуры. Том 7. Западная Европа и Латинская Америка. XVII – первая половина XIX вв. – М.: 1969. – 620 с.
3. Герман М.Ю. Модернизм. Искусство первой половины XX века / Герман, Михаил. – М.: Азбука-классика; Издание 2-е, испр., 2008.
4. Кириков Б.М. Архитектура петербургского модерна. Особняки и доходные дома. Книга 2. – 4-е, с изм. изд. – СПб.: Коло., 2012. – 576с.
5. Пунин А.Л. Архитектура Петербурга середины и второй половины XIX века. Т.2: 1860–1890-е годы.
6. www.citywalls.ru/house1610.html.

ОТКРЫТЫЕ БАССЕЙНЫ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО УЧАСТКА:
АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИИ

Актуальность. В настоящее время в связи с развитием загородного строительства возникает необходимость ландшафтного обустройства придомовых участков. Известно, что важным элементом ландшафтного объекта является водоём. Поэтому тема, связанная с конструкциями и материалами для строительства открытых бассейнов представляется актуальной [1].

Целью данной работы является анализ конструкций и материалов для строительства открытого бассейна на индивидуальном участке.

Для достижения указанной цели необходимо решение следующих *задач*:

- 1) составление перечня типов бассейнов по их назначению;
- 2) определение условий, влияющих на выбор конструкции и материалов бассейна;
- 3) обзор существующих конструкций бассейнов;
- 4) разработка предложений по соответствию конструкции и материалов бассейна с условиями строительства;
- 5) апробация разработанных предложений на конкретном объекте.

Авторы считают, что в соответствии с назначением бассейны на дачном участке подразделяются на следующие основные группы: 1) декоративные; 2) для купания; 3) используемые в качестве накопительной ёмкости для полива и водоснабжения.

Основными условиями, влияющими на выбор конструкции и материалов бассейна можно считать [2]: 1) назначение бассейна; 2) грунты; 3) уровень грунтовых вод; 4) климатические условия.

Конструкция обычного открытого бассейна в общих чертах выглядит следующим образом: видимая часть – это чаша, в которую подается вода, невидимая – оборудование для водоподготовки, инженерные коммуникации, технические помещения (рис. 1).

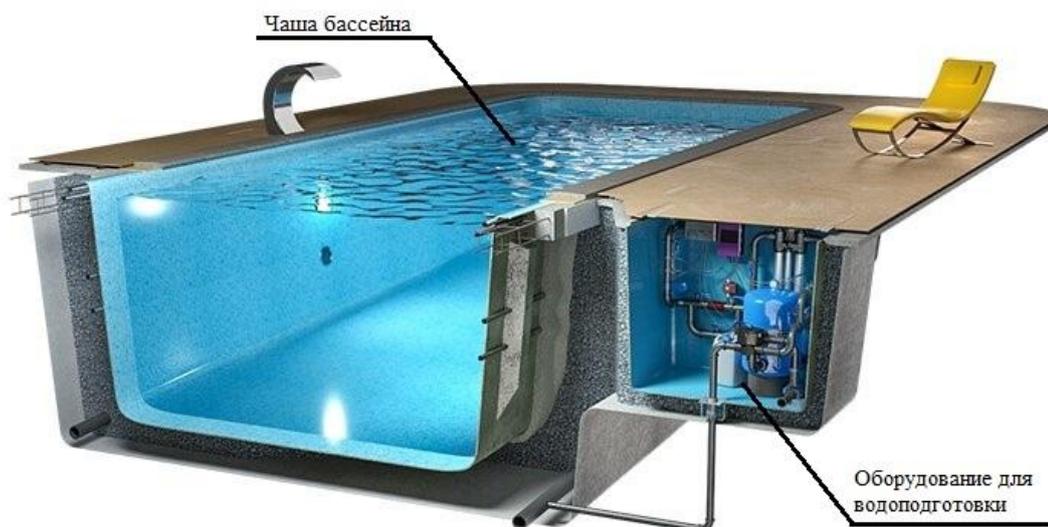


Рис. 1

Бассейны классифицируются по материалу чаши (стекловолоконные или композитные, полипропиленовые, стальные каркасные и бетонные), по способу забора и подачи воды (переливные, скриммерные) [3].

Бетон для чаши должен обладать достаточной водонепроницаемостью, морозостойкостью и иметь высокую прочность, чтобы стены водоема выдерживали собственный вес, а его дно – массу воды. Этим качествам наиболее соответствует раствор марки М300 F200 W6 [4, 5]. Бетон обеспечивает более высокую жесткость конструкции чаши, чем другие материалы, позволяет выбрать для нее любую форму, установить разное дополнительное оборудование. К основным недостаткам чаши из этого материала относятся длительные сроки строительства, высокая стоимость и не самое простое обслуживание.

Основные преимущества нержавеющей стали относительно бетона при строительстве бассейна – гигиеничность, простота в обслуживании и меньший вес. При этом в конструкции такого бассейна в качестве ровного основания может присутствовать бетонный элемент, на котором размещается днище цельносварной или монтируемой из отдельных элементов чаши. Цельносварной каркас имеет более высокую стоимость относительно сборного каркаса. Иногда конструкцию делают самонесущей и бетонное основание не требуется. Бассейн из нержавеющей стали можно расположить на поверхности или заглубить.

Каркас чаши бассейна производится с помощью сварки листов нержавеющей стали. Их толщину, как правило, принимают равной 2,5 мм, однако в зависимости от различных условий она может меняться, становиться больше или меньше. Для днища, чаще всего, используют рифленую сталь 1,5 мм, чтобы сделать поверхность менее скользкой. Снаружи чаша усиливается каркасным поясом и приваренными к нему опорными элементами. Комплект всех необходимых стальных элементов изготавливают на заводе и транспортируют на строительную площадку, там их монтируют или сваривают. Все стыковочные швы шлифуют и зачищают до идеального состояния [6].

Композит как материал для чаши бассейна представляет собой смесь высокопрочных материалов, таких как гелькоут, эпоксивинилэстэровые и полиэфирные конструкционные смолы. Композитные чаши бассейна (стекловолоконные или стеклопластиковые) превосходят традиционные материалы и сплавы по своим механическим свойствам и в то же время они легче. Их недостатками является склонность к деформации под действием статических нагрузок, сложность транспортировки чаши и значительные ограничения в выборе форм и цветовых решений. Однако при усилении чаши бассейна специально разработанными ребрами жесткости, она может сохранять правильную форму в процессе установки и дальнейшей эксплуатации, а также не будет деформироваться в зимний период под воздействием внешних факторов [7].

Строительство бассейна с использованием композитной чаши считается наиболее быстрым по времени среди всех остальных видов стационарных бассейнов. Чаши изготавливаются на производстве, доставляются на площадку и устанавливаются в котлован.

В табл. 1 приведены данные по соответствию материала, из которого изготовлена чаша бассейна с его сроком службы, временем монтажа, возможной облицовке и форме.

Таблица 1

Характеристики бассейна	Бетон	Нержавеющая сталь	Стеклопластик
Срок службы	50 лет и более	До 50 лет	До 50 лет
Время установки	От 1 месяца и более	До 1 месяца	5-7 дней
Облицовка	Большое разнообразие	Отсутствует	Отсутствует
Форма чаши	Большое разнообразие	Ограничена свойствами материала	Большое разнообразие

Результаты и выводы. В первом приближении можно предложить следующие рекомендации по соответствию материала чаши и условиями строительства.

1. Для декоративных бассейнов возможно использование любого материала чаши. Предпочтение (в случае небольших размеров бассейна) можно отдать бассейну из готовых полипропиленовых форм.

2. Для бассейнов, предназначенных для купания, наиболее предпочтительна чаша, выполненная из железобетона.

3. Для бассейнов, выполняющих в основном роль накопительной ёмкости, можно рекомендовать чашу из нержавеющей стали или из железобетона.

4. При высоком уровне грунтовых вод следует отдавать предпочтение бассейнам с железобетонной чашей. Чаши, выполненные из нержавеющей стали или из стеклопластика, должны иметь пригрузку, препятствующую их всплытию.

5. В условиях частого замерзания и оттаивания грунта предлагается отдавать предпочтение чашам из нержавеющей стали. В случае использования железобетона необходимы мероприятия, препятствующие образованию микротрещин; чаши из композитных материалов следует усилить ребрами жесткости.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Badenko V., Badenko N., Nikonorov A., et al. Ecological aspect of dam design for flood regulation and sustainable urban development // MATEC Web of Conferences. 2016. Article Number 03003.
2. Теодоронский В.С., Сабо Е.Д., Фролова В.А. «Строительство и эксплуатация объектов ландшафтной архитектуры», – Издательский центр «Академия», 2008. – 352 с.
3. Плавательный бассейн [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Плавательный_бассейн
4. Бетон для бассейна [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://navtkah.ru/raznoe/beton-dlya-bassejna-sostav-beton-dlya-bassejna-kakoj-beton-ispolzovat-dlya-chashi-bassejna-kakoj-sostav-marka-i-sena-dolzhen-byt-u-xoroshego-betona.html>
5. ГОСТ 10060-2012. Бетоны. Методы определения морозостойкости. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2012 г. № 1982-ст введен в действие с 1 января 2014 г.
6. Бассейны из нержавеющей стали [Электронный ресурс] – <https://houses.ru/pool-magazine/articles/materials-technologies/1895/>
7. Композитный (стеклопластиковый) бассейн [Электронный ресурс] – https://poolbox.ru/stroitelstvo_basseinov/bassejn-iz-kompozita.html.

УДК 72.04.03

И.А. Кузнецов, С.Я. Павлов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ДОМ А.А. КУШЕЛЕВА: АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРЫ ФАСАДОВ

Введение. В данной работе авторами анализируются архитектурные формы фасада доходного дома А. А. Кушелева, расположенного по адресу: Санкт-Петербург, проспект Римского-Корсакова, 1. Рассматриваемое здание (рис. 1.) представляет собой перестройку двухэтажного дома, возведённого в первой трети XIX-го века [1, 2]. На рубеже XIX-го и XX-го веков здание было приобретено действительным статским советником А.А. Кушелевым. Реконструкция дома в 1900-м году была осуществлена гражданским инженером А.И. Носалевичем. В 2001-м году дом включён КГИП в «Перечень вновь выявленных объектов, представляющих историческую, научную, художественную или иную культурную ценность».

Несмотря на высокий статус здания, в литературе практически отсутствует подробный анализ его архитектурных особенностей, поэтому вопрос их изъяснения представляется актуальным.



Рис. 1



Рис. 2

В настоящее время архитекторы, трудясь в исторических центрах городов, обращаются к средовому подходу, к взаимодействию с историей и традициями. В центре исторического города архитектору-проектировщику приходится соблюдать определенные правила, касающиеся выбора стройматериалов, масштабов, колористики, а иногда и стилистики нового сооружения, что в свою очередь требует определенных знаний и научного обоснования.

Цель исследования: на примере фасада доходного дома А.А. Кушелева выяснить, какие существуют характерные особенности архитектурного стиля периода середины XIX-го начала – XX-го века.

По оформлению обработки фасадов можно выделить следующие элементы, представленные на рис. 1 и 2:

1. Основными акцентами композиции являются завершение кровли декоративным шатром с небольшим шпилем, четырёхгранный купол и гранёный эркер. Разнообразные эркеры и балконы, переменная ритмика членений, усложненность контура – все это сообщает зданию динамическую напряжённость и насыщенность зрительного образа [3].

2. На фоне охристых оштукатуренных стен отчётливо выделяются краснокирпичные вкрапления и лепные классицистические наличники окон, соединённые поперечными тягами.

3. Львиные маскароны, которые характерны для периода классицизма, используются на фасаде в качестве украшения плоскости стены между этажами [4].

4. Геральдические лилии, являющиеся основным элементом керамических вставок, отсылают с одной стороны, к королевской символике Франции, а с другой – к декоративным мотивам модерна. С древних времён лилия – это традиционный символ чистоты сердца, души и помыслов [5].

Историк архитектуры А.Л. Пунин в небольшом абзаце, посвящённом дому А.А. Кушелева, отмечает, что на фасаде здания имеет место сочетание различных характерных архитектурных стилей: классицизма (львиные маскароны и классицистические окна второго этажа), постклассицизма (эркеры), а также элементов модерна и средневропейского ренессанса (внутреннее убранство помещений). В целом А.Л. Пунин оценивает обрамление фасада дома А.А. Кушелева как типичное для поздней эклектики с использованием модерна [1].

Известно, что с середины XIX-го века идёт интенсивное возведение новых типов построек, порожденных эпохой капитализма (вокзалы, пассажи, доходные дома и т.п.). При этом возникает запрос на своеобразные, оригинальные архитектурные новшества, соединяющие в одном объекте различные по стилю элементы. Здания богато декорируются штукатуркой, металлом, керамикой. К такому типу зданиям относится и доходный дом А.А. Кушелева [2].

Результаты. Авторы полагают, что сводить архитектуру фасада к поздней эклектике, характерной избыточным и, в основном, безвкусным декором, не совсем точно. Несмотря на наличие на фасаде элементов разных стилей, справедливо отмеченных А.Л. Пуниным, можно заметить, что преобладающими являются элементы, относящиеся к французскому Ренессансу. Стиль французского ренессанса сформировался в эпоху короля Франциска I-го в результате наложения на традиционную готику нововведений, разработанных итальянскими архитекторами XVI-го века. Ближайшими аналогами фасадов дома А.А. Кушелева, по мнению авторов, являются фасады Парижской ратуши (архитекторы Доминико де Кортоне и Пьер Чамбига, время строительства с 1533-го по 1628-й год) (рис. 3) и дворца Тюильри (архитектор Фелибер Делорм, начало строительства 1564-й год). (рис. 4). Наличники окон третьего и четвертого этажей и окна мансарды близки по рисунку к таковым Дома королевы на площади Вогезов (архитектор Луи Метезо, 1606-й год) [6].



Рис. 3

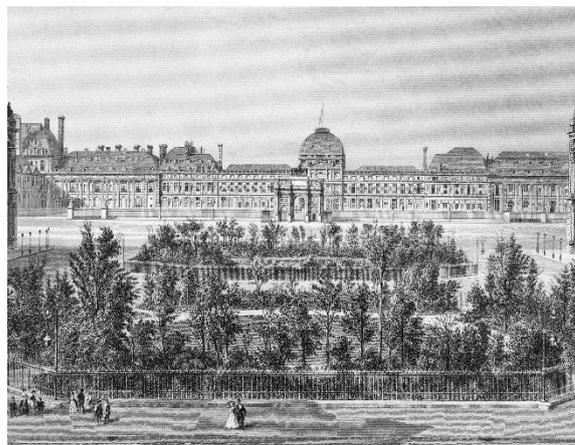


Рис. 4

Заимствования с классических образцов французского Ренессанса в здании, построенным в стиле историзма, вполне уместны и свидетельствуют о хорошем знании архитектором прототипов. Все элементы фасада выполнены из качественных материалов и на высоком уровне производства работ.

Вывод. Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что дом А.А. Кушелева представляет собой весьма достойный образец архитектуры историзма середины XIX-го – начала XX-го века. Здание соответствует требованиям модуля и ритма, хорошо вписано в городскую среду. Авторам представляется, что выявленные достоинства дома помогут его сохранению при реконструкции застройки проспекта Римского-Корсакова.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Пунин А.Л. Архитектура Петербурга середины и второй половины XIX века. Том 3: 1860-1890-е годы. Типология зданий и сооружений и стилевые закономерности архитектуры эпохи поздней эклектика. – СПб: Крига, 2020. – 683с.
2. Пунин А.Л. Архитектура Петербурга середины XIX века. – СПб: Лениздат, 1990. – 351с.
3. Кириков Б.М. Архитектура петербургского модерна. Особняки и доходные дома. Изд. 6-е. СПб: Коло, 2017. – 576 с.
4. Пугаченкова Г.А. Римский маскарон из северной Бактрии // История и культура античного мира, – М.: «Наука», 1977. – С.183-185.
5. Солоницына М.Н. Символика лилии в европейской художественной культуре // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2015. – №S18. – С.121–125. – URL: <http://e-koncept.ru/2015/75262.htm>.
6. Бунин А.В. (ред.). Всеобщая история архитектуры, том 7. Западная Европа и Латинская Америка. XVII – первая половина XIX века. – М.: Стройиздат. 1969. – 620 с.

ЗАСТРОЙКА ПРИАКВАТОРИАЛЬНОЙ ТЕРРИТОРИИ КАК МЕТОД ВЛОЖЕНИЯ
ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

Актуальность. В настоящее время в нашей стране остро стоит проблема сохранения водных объектов и развития прибрежных пространств. При возможности, в городах они должны служить в качестве рекреационных зон. К сожалению, на многих приакваториальных территориях не используется их потенциал в полной мере. Нередко они заброшены и загрязнены или же используются как складские территории. Из-за этого города теряют значительное количество своих площадок, которые могут быть местами отдыха и общественной деятельности. Для решения этой проблемы необходимо формирование эффективного и рационального подхода к восстановлению и организации приакваториальных сред.

Цель работы – рассмотреть возможность формирования организованного приакваториального пространства для привлечения инвестиций, которые пойдут на восстановление и поддержание расположенного в непосредственной близости водного объекта.

При планировке территории городов нужно использовать существующие естественные водотоки и водоемы, которые в дальнейшем могут служить местом для отдыха жителей. Необходимо принимать меры по сохранению и поддержанию их функциональности [1]. Даже чистым водным объектам следует уделять должное внимание [2]. Такие среды должны нести в себе возможность развития архитектурно-художественных, природных, рекреационных и социальных аспектов. При этом должна не только сохраняться, но и улучшаться экологическая обстановка реконструируемых площадок [3]. Обустройство территорий прибрежных зон может служить одним из методов поддержания состояния водного объекта. За счёт наблюдения и мониторинга за приакваториальной территорией будут восстанавливаться их функционирующие способности.

Однако при наличии проблем загрязненности параллельно с этим необходимо бороться с причиной этой загрязненности, а именно – с внешней техногенной нагрузкой. Для этого, при планировке территории необходимо минимизировать всевозможные загрязнения, которые могут возникнуть в процессе строительства. Во многих случаях достаточно ограничить их поступление, чтобы экосистема сама отрегулировала количество растительности.

Зачастую бывает очень сложно получить финансирование на исследование загрязненности водных объектов: причин, факторов и самих веществ, нарушающих экологический баланс. Добиться финансирования на очистку и устранение причин загрязнения, последующего поддержания и контроля состояния объекта, к сожалению, также весьма затруднительно. Однако, при организации места досугового, рекреационного или социального назначения возможно получение и накопление средств на контроль и сохранение чистоты водных объектов. При этом будет происходить его комплексное развитие.

Одним из способов решения проблем городских водных и приакваториальных зон является тщательное изучение наиболее важных факторов, влияющих на характер использования этих территорий, дальнейшее развитие и поддержание их состояния. Это позволяет наиболее точно подобрать метод реновации для дальнейшего восстановления и использования потенциала подобных участков. При этом необходимо учесть область возможного их применения.

Результаты. На территории Санкт-Петербурга было выявлено сильно зарастающее харовыми водорослями Дудергофского озера [4]. Участок принадлежит зоне ТР3-2 (зона рекреационного назначения – объектов туризма и санаторно-курортного лечения, гостиниц и

пансионатов, дачного фонда с включением объектов инженерной инфраструктуры). Выбранный участок расположен недалеко от системы Дудергофских высот, в том числе – Нагорного парка.

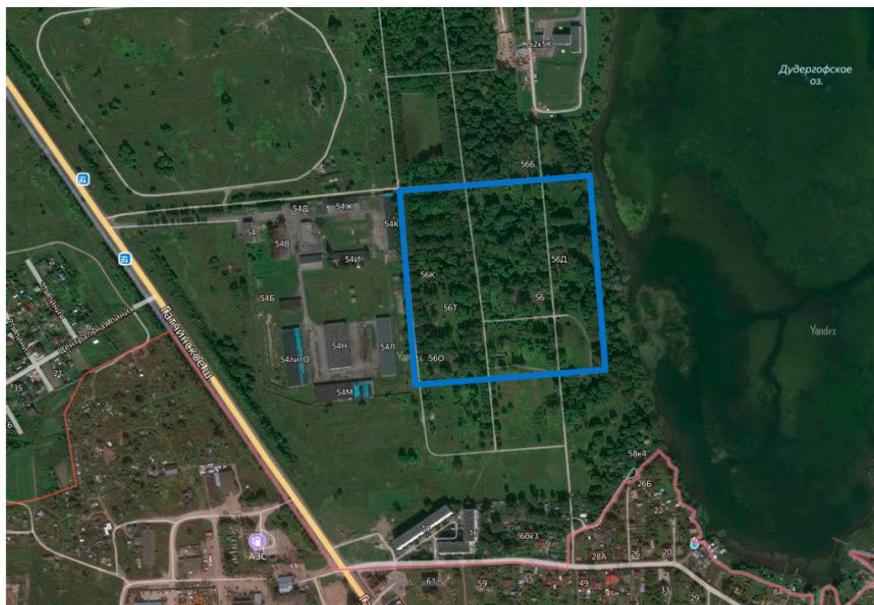


Рис. 1. Расположение участка строительства

Архитектура, высотность и габариты зданий определялись не только назначением, но и окружающей застройкой. Учитывался факт расположения объектов строительства недалеко от озера. Предусматривается облицовка фасадов под дерево, что будет напоминать русские брусчатые дома. В архитектуре зданий прослеживается стилистическая идентичность: высота зданий не более трех этажей, форма в виде многогранника, отделка цоколя камнем, оформление наличников, небольшие крылечки при входе. Максимальная высота здания – 10,5 м. при наличии трех этажей. Дорожки выполнены мощением, которое имитирует дерево и камень для поддержания единой стилистики.

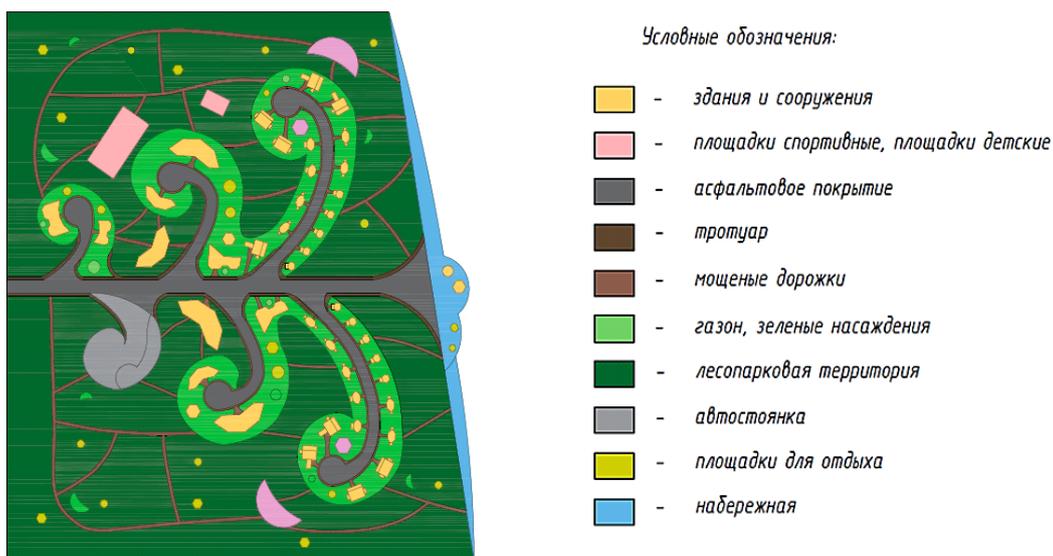


Рис. 2. Генеральный план

Проектируемый участок имеет форму дерева и разбит на зоны для удобства отдыхающих и проживающих людей. Объемно-планировочные решения территории были разработаны на основе функционального назначения. Предусмотрен доступ маломобильных групп населения ко всем объектам проектируемой территории. Данный микрорайон характеризуется высоким процентом озеленения за счет особенности территориального расположения, а также дополнительных насаждений и цветников вдоль проезжей части и различных зонах [5]. Обустроена набережная для прогулок и отдыха без наличия кафе и ресторанов (т.к. это всегда вызывает загрязнение природных вод) [6]. Благодаря туристической базе с пансионатом, оздоровительным и спортивным центрами будет производиться непрерывный мониторинг за объектом, осуществляться постоянные наблюдения за приакваториальной территорией.

Выводы. Решение обозначенной проблемы заключается в восстановлении экологического баланса и внешнего облика города за счет формирования и организации приакваториальной среды [7]. На водном объекте и в прибрежной зоне будут не только соблюдаться требования охраны окружающей среды: здесь будут осуществляться процессы устойчивого городского развития, повышающие комфортность условий проживания горожан и обеспечивающие функциональную и социальную эффективность обустраиваемых территорий.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Берникова Т.А., Цупикова Н.А., Нагорнова Н.Н. Роль водных объектов в обеспечении устойчивого развития городской среды (на примере бассейна пруда Верхнего в г. Калининграде) // Вестник РУДН. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. 2013. No.4. С.97–106.
2. Ахметсагирова Э.И. Принципы архитектурно-пространственной организации городских набережных на примере Казани // Известия КГАСУ. 2017. No.3. С.15-22.
3. Бобылев С.Н. Порфирьев Б.Н. Устойчивое развитие крупнейших городов и мегаполисов: фактор экосистемных услуг // Вестник Московского университета. Серия 06. Экономика. 2016. No.6. С.3-21.
4. Капустина Л.Л. Эколого-санитарная характеристика озер дудергофской системы во временном аспекте // География: развитие науки и образования. 2018. Т.1. С.315-319.
5. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений.
6. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. (Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.5.980-00). – 2001 г.
7. Badenko V., Badenko N., Nikonorov A., et al. Ecological aspect of dam design for flood regulation and sustainable urban development // MATEC Web of Conferences. 2016. Article Number 03003.

УДК 628.4.02

О.В. Цветкова, И.В. Ямшанов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МОНИТОРИНГ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА S-INFO

Введение. В настоящее время на городских территориях сохранилось мало водных объектов, не затронутых хозяйственной и промышленной деятельностью человека. Многие из них не справляются с антропогенной нагрузкой по причине чрезмерного поступления загрязнителей. Для этого необходимо не только восстанавливать экологическое состояние водных объектов, но и сохранять целостность и равновесие этой среды. Необходимо тщательно подбирать методы развития водных объектов и прибрежных пространств и их контроля. При этом важно помнить, что для большей эффективности (после инженерно-экологического обустройства) требуется проведение ряда последующих работ у объектов, попавших под восстановление или реструктуризацию.

Актуальность. Во всем мире остро стоит проблема сохранения, развития и поддержания водных объектов и их прибрежных пространств, а также определения их в качестве рекреационных зон и зон иного назначения. Для решения этой проблемы необходимо формирование эффективного и рационального подхода к восстановлению и организации приакваториальных сред [1, 2]. В настоящее время идет процесс внедрения BIM в строительную отрасль. Это помогает наиболее продуктивно и оперативно выполнять комплекс работ.

Цель работы. Выработать подход к решению проблемы восстановления водных и прибрежных пространств для оптимизации их функциональности; определить новейшие методы мониторинга за изменением состояния объекта и его контролем.

Указанная цель достигается решением задачи выявления направления рационального ведения эколого-инженерных работ и последующего наблюдения за состоянием обустроенных приакваториальных сред.

Для решения проблемы рационального использования водных объектов и приакваториальных территорий после инженерно-экологического обустройства необходимо проводить мониторинг водных объектов. В первую очередь, для развития приакваториальной территории необходимо решить проблему загрязненности водных объектов (при наличии таковой) и восстановить их экологический баланс [3]. После разработки и проведения инженерно-экологических и инженерно-технических мероприятий необходимо отслеживать функционирование системы. В противном случае, при невыполнении необходимых мер система может возобновить неконтролируемый процесс деградации. При мониторинге объекта требуется регулярно анализировать состояние, проверять режим работы сооружений, вносить полученные в ходе наблюдений сведения [4].

Мониторинг за состоянием объекта может проводиться различными методами. Это может быть анализ состава вод, наблюдение за работой очистных систем или за источниками воздействия на экосистему и их характером, контроль состояния природных вод при помощи ХПК или БПК, биомониторинг [5]. В результате появляется необходимость фиксировать полученные сведения.

Однако даже с условием того, что идет фиксация изменений водной системы, бывает недостаточно налажена организация и систематизация полученных материалов и результатов. Для оптимизации процесса, своевременного выявления изменений и организации взаимодействия работников следует использовать специальные BIM-платформы. При возникновении необходимости моделирования поведения системы водного объекта, также удобно использование комплекса программ.

Однако многие заказчики с трудом переходят на новый уровень организации процесса. Часто процесс перехода и обучения бывает длительным и трудоемким. Зато дальнейшее развитие и поддержание функционирования будет происходить легче и быстрее, чем ведение объекта вручную.

Результаты. На примере программного комплекса S-INFO показано, как для этих целей возможно использование данной BIM-платформы. Программный комплекс предназначен для проектировщиков и строителей. Его цель – бесконтактное взаимодействие сотрудников и организация мобильного процесса строительства и эксплуатации. С его помощью можно вести все этапы строительства от начала до самого завершения и последующего мониторинга.

Удобство заключается в том, что здесь могут оперативно прослеживаться все действия работников, так как они автоматически заносятся на сервер. Для этого не нужно передавать информацию через посредников, что часто приводит к непониманию. В ее возможности входит не только сборка сводной модели с подгрузкой соответствующих приложений, как делают программы САПР. Она объединяет эти модели в IFC формате, которые в дальнейшем хранятся на отдельном сервере [6]. Здесь появляется наглядная возможность оперативно

анализировать изменения и вносить корректировки. Идет обмен информацией через внутренние каналы, статусы и маркеры. Они, в свою очередь, прикрепляются как к работам, так и к элементам модели и исполнителям. Каждый из сотрудников (в зависимости от своей роли и выполняемых задач) имеет определенный доступ. Это позволяет назначить и закрепить ряд работ в индивидуальном порядке, а также отследить выполнение работы.

Здесь идет создание необходимой структуры под каждый объект, что очень удобно для эффективного мониторинга. Происходит ориентация в пространстве с привязкой к конкретным существующим точкам и географическим координатам. Это позволяет иметь доступ сразу к нескольким проектам и оценивать действие работ на различных объектах. Параллельно с выполнением работ появляется возможность анализировать эффективность различных мероприятий.

Появляется возможность связывать график производства работ или мероприятий с моделью и структурой. Благодаря этому можно наглядно отображать намеченное и практическое ведение работ, своевременно выявлять задержки и ошибки. Параллельно на платформу идет фотофиксация с привязкой к различным элементам структуры. Через внутренние ссылки и привязку исключается дублирование документов и материалов. Благодаря этому идет контроль и управление процессами через календарное планирование, что необходимо при самом мониторинге. Например, при помощи диаграммы Ганта в программе Project идет цветовая индексация процессов. Они могут быть привязаны как к работам мониторинга, так и непосредственным его результатам для своевременного выявления отклонений, отображать на графике и модели периодические изменения (рис. 1).

Отметим, что чисто технического подхода для решения проблемы также недостаточно. Помимо инженерных методов для её решения нужно бороться с ее причиной, а именно – с внешней нагрузкой. Безответственное поведение людей может привести к разрушению и гибели даже самой крупной системы водных объектов. Необходимо также оповещение и предупреждение о состоянии водных объектов.

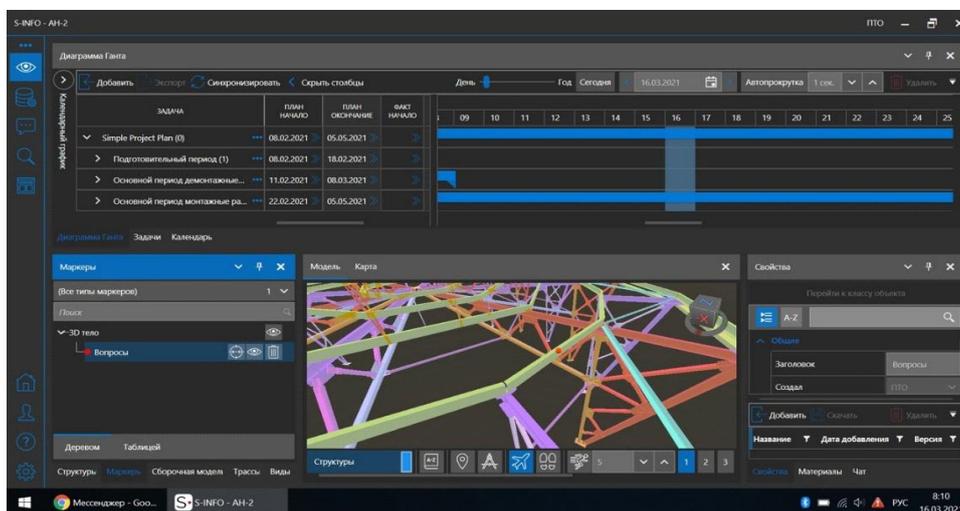


Рис. 1. Структура ПК S-Info

Выводы. Поставлен вопрос о необходимости мониторинга за водными объектами после проведения инженерных и экологических мероприятий. Помимо этого, требуется эффективный анализ изменения баланса системы после проведения основных работ по восстановлению или реконструкции пространств (не упуская из виду отклонения от нормы, являющиеся признаками неблагоприятного воздействия). При обнаружении ошибок, спустя значительный промежуток времени, их исправление будет более дорогостоящим и

трудоемким. Специально разработанные программные комплексы, осуществляющие постоянный контроль и своевременное исправление недоработок, позволяют уберечь водные объекты и прибрежные территории от разрушения и деградации. Изучена BIM-платформа, позволяющая вести организованный мониторинг за объектами, приведены ее возможности для развития и популяризации данного программного комплекса.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бобылев С.Н., Порфирьев Б.Н. Устойчивое развитие крупнейших городов и мегаполисов: фактор экосистемных услуг // Вестник МГУ. Серия 06. Экономика. 2016. №6. С.3-21.
2. Badenko V., Badenko N., Nikonorov A. et al. Ecological aspect of dam design for flood regulation and sustainable urban development // MATEC Web of Conferences. 2016. Article Number 03003.
3. СанПиН 2.1.5.980-00. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод.
4. Заболотских В.В., Васильев А.В. Экспресс-оценка экологического состояния и бактериального загрязнения водоёмов урбанизированных территорий на примере города Самара // Известия Самарского научного центра РАН. 2017. №5(2). С.228–234.
5. Вуглинский В.С., Гронская Т.П., Силина Н.И., и др. Экологическое состояние внутренних водоемов Санкт-Петербурга // Разведка и охрана недр. 1998. №7-8. С.44–46.
6. Программный комплекс S-Info [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://sinfo.tech/software> (Дата обращения 19.03.2021).

УДК 697.341

Р.Р. Калимуллин, О.Г. Никонова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ В ДОМАХ ЖИЛОГО ФОНДА

Введение. Основными целями теплоснабжения Энергетической стратегии России на период до 2035 г., принятой в 2020 г., являются [1]:

- обеспечение устойчивого развития отрасли на базе новых современных технологий;
- надежное снабжение теплом экономики и населения страны.

Правительством РФ инициирован перевод всех систем теплоснабжения на закрытую схему с 01.01.2022 г. Перевод позволяет решить множество научно-технических задач, одной из которых является необходимость соблюдения санитарно-эпидемиологических требований горячей воды [2].

Цель исследования – анализ возможности применения автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов (АИТП) в домах жилого фонда города.

В крупных городах к теплоснабжению традиционно применяются два подхода. В первом подходе источником тепла служит теплоэлектроцентраль (ТЭЦ), где происходит выработка тепловой и электрической энергии. Во втором – котельные тепловые станции (КТС), которые работают только для производства и подачи тепла и горячей воды без выработки электроэнергии. Для повышения энергоэффективности систем теплоснабжения необходимо оптимизировать и улучшать схемно-технологические решения [3].

Для экономии и снижения стоимости тепловой энергии для потребителя необходимо оптимизировать теплоснабжение в границах тепловых узлов. Улучшение режимов работы тепловых узлов преследуют различные цели. Если для поставщика это совместная выработка электрической и тепловой энергии или когенерация, то для потребителя это оптимальное достижение качественных и количественных показателей режимов работы системы теплоснабжения [4].

Как показывает практика, система централизованного горячего водоснабжения является ненадежной и недолговечной по сравнению с системами отопления, холодного водоснабжения и водоотведения. Это связано с тем, что на теплоисточнике (КТС, ТЭЦ) осуществляется подготовка воды для снижения ее агрессивности только для теплоснабжения. Вода для горячего водоснабжения (ГВС) не подвергается дополнительной специализированной подготовке. Поэтому трубопроводы ГВС выходят из строя намного чаще [5]. Как следствие, трубопроводы без защитных покрытий подвержены внутренней коррозии и загрязнению.

При модернизации системы происходит разрегулировка гидравлического режима работы из-за частой замены труб, оборудования, старения и зарастания труб, что отрицательно влияет на надежность системы теплоснабжения и снижает эффективность работы теплоисточников в системе. Одним из действенных способов повышения эффективности теплоснабжения и ГВС служит вывод из эксплуатации центральных тепловых пунктов (ЦТП) и сетей ГВС посредством установки индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) с водоводяными подогревателями (ИВВП) в многоквартирных домах.

В современных системах теплоснабжения энергосбережение достигается путем регулирования температуры теплоносителя при контроле воды на изменение температуры наружного воздуха с помощью специального датчика. Для этого в каждом ТП предусмотрен комплекс оборудования для циркуляции в системе отопления циркуляционным насосом и комплекс регулирования температуры теплоносителя с помощью регулирующих клапанов с электрическими приводами и контроллеров с датчиками температур. У большей части ТП предусмотрен теплообменник для подключения к внутренней системе ГВС с циркуляционным насосом. При этом комплекс или набор оборудования зависит от конкретных задач и исходных условий. Поэтому из-за большого разнообразия всевозможных вариантов конструкции, современные АИТП классифицируются как модульные.

Результаты. На примере рассмотрен базовый АИТП с контроллером, регулирующим клапаном и циркуляционным насосом (см. рис. 1), где циркуляция теплоносителя поддерживается с помощью насоса, который автоматически управляется от контроллера (блока управления), а автоматическое поддержание температурного режима в контуре происходит за счет электронного регулятора. Контроллер воздействует на клапан, который расположен на подающем трубопроводе. Между обратным и подающим трубопроводами предусмотрена смесительная перемычка с обратным клапаном, с помощью которого осуществляется подмес в подающий трубопровод из обратной линии теплоносителя [6].

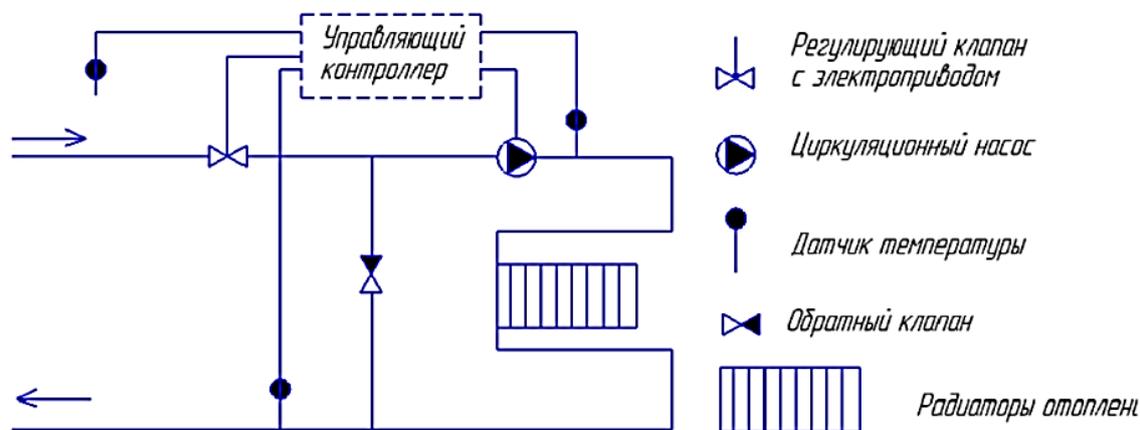


Рис. 1. Принципиальная схема индивидуального теплового пункта с использованием контроллера, регулирующего клапана и циркуляционного насоса

На замену кожухотрубному теплообменнику приходят пластичные теплообменники, предназначенные для разделения греющей и нагреваемой среды (рис. 2), которые просты в обслуживании и ремонте, т.к. при потере герметичности теплообменник можно разобрать, заменив секцию. При необходимости повышения мощности допускается увеличение пластин теплообменника. К тому же, в независимых системах, где отопительный контур независим от гидравлических режимов ЦТП, используют паяные неразборные теплообменники.

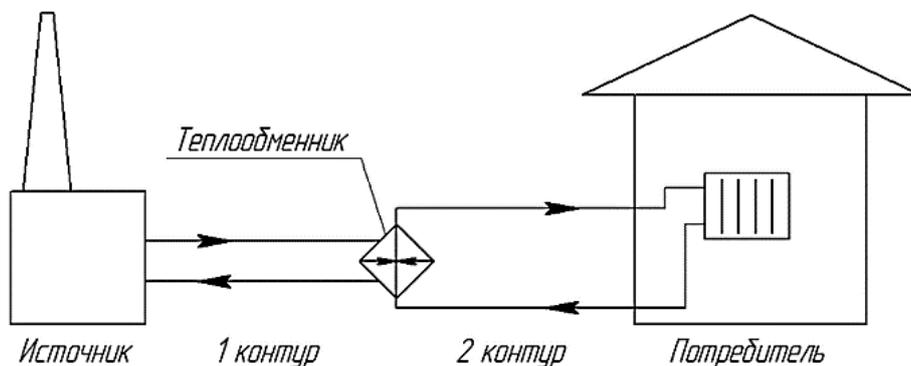


Рис. 2. Теплообменник для независимого подключения системы отопления

Для ГВС от теплового пункта более актуальна схема с одноступенчатым параллельным присоединением подогревателей ГВС (рис. 3). В подогреватель ГВС, где происходит нагрев сетевой воды, поступающей из подающего трубопровода ТП, вода подается из наружной водопроводной сети. Далее охлажденная сетевая вода подается в обратный трубопровод ТП, а после подогревателя нагретая водопроводная вода подается в систему ГВС. В ночное время, когда приборы в этой системе закрыты, горячая вода снова подается в подогреватель ГВС по циркуляционному трубопроводу. Схему целесообразно рассматривать в эксплуатацию при нормальном температурном графике сетевой воды в тепловых сетях.

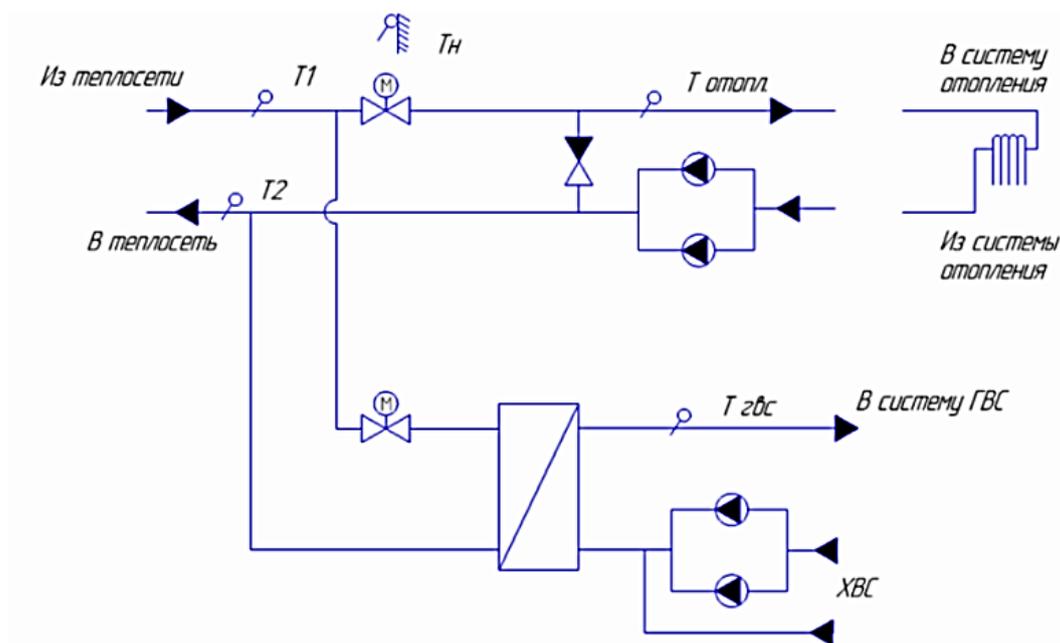


Рис. 3. Схема с зависимым присоединением системы отопления к тепловой сети и одноступенчатым параллельным присоединением теплообменника ГВС

Зачастую АИТП могут функционировать удаленно, то есть происходит дистанционное управление тепловыми пунктами. Благодаря чему можно осуществлять контроль над работой систем отопления и ГВС, а также организовывать централизованную систему диспетчеризации.

Выводы. АИТП намного эффективнее, чем ЦТП. При переходе от ЦТП к АИТП можно существенно уменьшить протяженность подверженных внутренней коррозии трубопроводов ГВС и снизить стоимость эксплуатации внутриквартальных тепловых сетей. Актуальность оснащение теплового пункта средствами автоматизации в перспективе имеет положительный прогноз на развитие в Российской Федерации. По мнению авторов, использование представленных на рынке АИТП возможно только в новом строительстве. В то же время при капитальном ремонте зданий и сооружений применение готовых универсальных АИТП затруднительно, ввиду высокой стоимости оборудования. Целесообразно модернизировать существующие ТП путем монтажа дополнительных устройств типа систем регулирования давления и температуры в трубопроводе, систем поддержания бесперебойной работы в пределах заданных параметров, современных теплообменников и т.д., автоматизирующих подачу теплоносителя во внутридомовые сети.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года http://www.energystrategy.ru/ab_ins/source/ES-2035_09_2015.pdf. С. 12-14.
2. Федеральный закон "О водоснабжении и водоотведении" от 07.12.2011 N417 (ред. от 19.12.2016)
3. Чистович С.А. Технологические схемы систем теплофикации, теплоснабжения и отопления / С.А. Чистович // АВОК. 2007. №7. С.10-18.
4. Шеин И.С. Некоторые вопросы оптимизации функционирования городского теплового узла / И.С. Шеин, А.В. Извеков / Тез. докл: В 3-х т. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. С.51-54.
5. Постановление Правительства РФ от 22.02.2012 N.154 (ред. от 03.04.2018) "О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения".
6. Грановский В.Л. Система отопления жилых зданий массового строительства и реконструкции с комплексным автоматизированием теплоснабжения / В.Л. Грановский, С.И. Прижижецкий // АВОК. 2002. №5. С.66-69.

УДК 628.171.033:628.8:69.001.5

А.А. Лиманова, О.Г. Никонова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗЛИЧИЯ МЕЖДУ ПОДХОДАМИ К ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМУ АВТОМАТИЗИРОВАННОМУ УПРАВЛЕНИЮ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ И ОТОПЛЕНИЕМ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Введение. Желание максимально упростить и обезопасить свою повседневную жизнь привело человека к созданию концепции «Умного дома» или «Smart-house». Система Smart-house (с англ. «умный дом») – это комплекс взаимосвязанных систем обеспечения дома различными ресурсами и контроль этих систем с помощью одного удобного гаджета, которым пользователь может пользоваться как пультом управления, датчиком слежения и прибором вывода всей актуальной информации. Взаимодействие пользователя с умным домом происходит удаленно по Интернету.

Ежегодно на мировой рынок выходят все новые разработчики со своими коммерческими системами. И, если в нашей стране применение систем «Умного дома» пока не носит системный характер, то за рубежом домохозяйства активно внедряют такие системы, а страховые компании предоставляют льготы пользователям. Мотивацией является ресурсосбережение, комфорт и безопасность для первых и нежелание выплачивать огромные компенсации для вторых [1]. Одной

из самых важных, дорогостоящих и сложно реализуемых составных частей в «Умном доме» является системы водоснабжения и отопления.

Целью данного исследования является сравнение подходов к интеллектуальному автоматизированному управлению водоснабжением и отоплением жилых зданий на примере представленных на рынке систем «Умный дом» отечественного и зарубежного производства.

На локальных рынках разных стран, также как в России, представлено значительное число разработчиков фрагментарных решений, предназначенных для управления отдельными системами жилого здания через смартфон или планшет, особенно для индивидуальных жилых домов ввиду относительной дешевизны и простоты. В тоже время существуют компании, предлагающие универсальные системы, такие как Sensus (США), Groen Metering Systems (Германия), Enbra (Чехия) на зарубежном рынке и Smart House Tangus, Бастион, Saures на российском рынке.

Результаты. В качестве примера российского подхода к интеллектуализации систем водоснабжения и отопления рассмотрена система управления водоснабжением AquaBast и теплоинформатор ТЕРЛОКОМ GSM компании «БАСТИОН», как одной из известнейшей на рынке, работающей с 1991 г. В полной комплектации первая позволяет управлять уровнем воды в накопительной ёмкости и защищать от протечек воды в 6-ти точках (помещениях), обеспечивает аварийное перекрытие водоснабжения нескольких водопроводов и линий отопления. Также система автоматически освежает воду в накопительной емкости. Различные комбинации модуля управления, датчиков протечки, уровня воды и автоматических кранов рекомендуется для различных компоновок зданий, что позволяет наиболее эффективно использовать оборудование [2]. Основная задача теплоинформатора ТЕРЛОКОМ GSM заключается в управлении котлом отопления: контроль температуры воды, температуры воздуха во внутренних помещениях, управление электропитания котла, контроль протечек воды. Теплоинформатор снабжен дополнительными датчиками для информирования пользователя по SMS или телефонным звонком о таких чрезвычайных ситуациях, как несанкционированное проникновение в дом [3].

При различных комплектациях в умном доме этих двух систем, решаются задачи:

- контроль наличия электропитания в доме;
- измерение температуры воздуха в помещениях, теплоносителя в системе отопления;
- контроль исправности оборудования, уровня загазованности помещения;
- проникновение в дом;
- контроль аварийных ситуаций, связанных с протечкой воды и их устранение путем отключения подачи воды;
- смена воды в емкости, её освежение;
- информирование пользователя с помощью управляющего гаджета.

За рубежом особенно остро стоит вопрос экономного использования коммунальных ресурсов. На это обратили внимание производители интеллектуального оборудования для водоснабжения и отопления.

В качестве примера европейского подхода к интеллектуализации систем водоснабжения и отопления рассмотрена система компании «Sensus» – одного из мировых лидеров. Система «Умного дома» собирает информацию с различных датчиков, полученную по Интернету: измерение количества потребленной воды, локальная запись процесса потребления в сетях водного цикла, физическая безопасность электронного устройства, хранение и визуализация полученных данных, обнаружение протечек [4]. С помощью записи данных о потреблении воды, система может обнаружить скрытые протечки воды в системе водоснабжения, сравнивая обычные данные о потреблении воды и отличающиеся данные в среднем арифметическом от них. Система запрограммирована на различные сценарии, при которых наиболее вероятно возникновение аварийных ситуаций за счет формирования и анализа данных об общем потреблении воды. Это

позволяет снизить количество устанавливаемых датчиков протечек и повысить физическую безопасность системы. В свою очередь, устанавливаемые датчики автоматически записывают данные в общее облако информации, которые проходят программную аналитику и отправляются в коммунальные компании. Такая система позволяет моментально оценивать количество потребляемой воды точно и снизить её затраты в перспективе [5]. Так же, как и российский аналог, зарубежная система обеспечивает контроль уровня воды в ёмкости для хранения воды, температуру в отопительной системе.

При сравнении двух подходов к водоснабжению умного дома стоит отметить различие в понимании того, что должен получить пользователь в России и за рубежом. Для нашей страны это, прежде всего, контроль всех систем дома, их своевременное включение и отключение. За рубежом, особенно в Европе, это – ресурсосбережение и прогнозирование возможных аварийных ситуаций, управление рисками. Российские производители систем «Умного дома» ориентируются преимущественно на частные домохозяйства и коттеджные поселки. Для реализации такой системы потребуется большой ассортимент оборудования и написание управляющих программ для каждого модуля. Имеется опыт монтажа модулей водоснабжения в отдельных квартирах жильцами. Зарубежные системы «Умного дома», в свою очередь, предназначенные, в основном, для многоквартирных домов, обеспечивают контроль на более глубоком уровне посредством обработки общих и частных данных для конкретного здания. Такие системы позволяют предотвратить аварии, даже если их нельзя заметить, или же вовсе устранить проблему до её появления. В этом случае, для развертывания системы «Умного дома» необходимо установить достаточное количество однотипных комплектов оборудования, и связь с системой поддерживается с помощью обычных гаджетов на базе интегрированного программного комплекса по Интернету. Однако, такая система «Умного дома» лишь предупреждает пользователя о возникшей проблеме, без возможности её устранить автономно. Тогда как российское оборудование ориентированно на своевременное устранение проблемы без помощи пользователя, что помогает избежать аварии в краткосрочной перспективе, но требует дополнительной работы для выяснения причин произошедшего.

Выводы. По мнению авторов, в российских условиях в ближайшее время не предвидится переход к зарубежным аналогам интеллектуального водоснабжения и отопления с глубоким уровнем автоматизации. Это связано с высокой стоимостью технических решений, большая часть компонентов которых – зарубежного производства. Кроме того, российский пользователь обеспокоен утечкой и потерей личной информации. Для заимствования зарубежного опыта необходимо переосмыслить и модернизировать общую систему коммунального обслуживания, в особенности, касающуюся водоснабжения и отопления многоквартирных домов. Такие инновации потребуют серьезных финансовых затрат, разъяснительной работы с населением, подготовки специалистов и времени. Именно поэтому производители отечественных систем «Умного дома» будут ориентироваться на текущие запросы и потребности российских пользователей. Импорт готовых зарубежных решений также проблематичен, поскольку связан с сертификацией оборудования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. What's trending in European smart home market. URL: www.asmag.com/showpost/26330.aspx (31.03.2021).
2. Паспорт AquaBast «Бастион» URL:bast.ru/media/bastion/manuals/aquabast_mainblock.pdf (31.03.2021).
3. Управление системами отопления и водоснабжения, защита от протечек и аварий URL:spb.skatt-ups.ru/articles/kontrol-zashhita-protechek-vody (31.03.2021.)
4. Smart water system URL:sensus.com/internet-of-things/smart-water/ (31.03.2021).
5. Smart Home Water Monitor and Control System. URL:<https://www.iotchallengekeysight.com/2019/entries/smart-water/114-0510-144643-smart-home-water-monitor-and-control-system> (31.03.2021).

ПРЕИМУЩЕСТВА «ЗЕЛеной КРЫШИ»
НА ПРИМЕРЕ ЖИЛОГО ДОМА СО ВСТРОЕННОЙ АВТОСТОЯНКОЙ

Цель работы – определение численных параметров превосходства зеленой кровли над традиционным покрытием на примере среднеэтажного жилого здания со встроенной автостоянкой в г. Санкт-Петербург.

Для достижения поставленной цели были определены пироги классической (направляемая рулонная гидроизоляция поверх утеплителя) и зеленой кровли. Послойный состав покрытий представлен в табл. 1 и 2.

Таблица 1 – Неэксплуатируемая кровля «ТН-КРОВЛЯ Стандарт КМС»

№	Вид материала	Толщина слоя δ , мм	Коэф. Теплопроводности λ , Вт/м, °С
1	Техноэласт ЭКП	10	0,17
2	Техноэласт ЭПП		
3	Праймер битумный ТЕХНОНИКОЛЬ № 01	-	-
4	Армированная цементно-песчаная стяжка	50	0,76
5	Уклонообразующий слой из керамзитового гравия	-	-
6	Экструзионный пенополистирол ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO	200	0,033
7	Технобарьер	4,0	-
8	Монолитная ж/б плита В25	200	1,92

Таблица 2 – Эксплуатируемая кровля «ТН-КРОВЛЯ Стандарт Грин»

№	Вид материала	Толщина слоя δ , мм	Коэф. Теплопроводности λ , Вт/м, °С
1	Грунт с зелеными насаждениями	150	1,05
2	Профилированная мембрана PLANTER geo	8,5	-
3	Техноэласт ГРИН	10	0,17
4	Техноэласт ЭПП		
5	Праймер битумный ТЕХНОНИКОЛЬ № 01	-	-
6	Армированная цементно-песчаная стяжка	50	0,76
7	Уклонообразующий слой из керамзитового гравия	-	-
8	Экструзионный пенополистирол ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF	200	0,033
9	Технобарьер	4,0	-
10	Монолитная ж/б плита В25	200	1,92

Далее был произведен теплотехнический расчет данных покрытий для климатических условий г. Санкт-Петербург. Требуемое термическое сопротивление конструкции R_0^{TP} находим по формуле (1) [1]:

$$R_0^{TP} = aGCOП + b = 0,0005 \cdot 4536,9 + 2,2 = 4,46 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}, \quad (1)$$

где a и b – коэффициенты, которые принимаются по данным [1]. Для покрытий: $a = 0,0005$; $b = 2,2$.

Градусо-сутки отопительного периода рассчитываются по формуле (2) [1]:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} + t_{\text{от.п.}})z_{\text{от}} = (20 - (-1,3)) \cdot 213 = 4536,9 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}, \quad (2)$$

где $z_{\text{от}}$ – значение продолжительности отопительного периода, $t_{\text{от.п.}}$ – средняя температура воздуха принимаются по [2].

Далее определяем фактическое сопротивление теплопередачи для традиционной неэксплуатируемой кровли с учетом неоднородности конструкции по формуле (3):

$$R_1^{\text{пр}} = R_1^{\text{усл}} r = \left(\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \right) r = 6,64 \cdot 0,92 = 6,10 \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}} > 4,46 \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}, \quad (3)$$

И для эксплуатируемой зеленой крыши по формуле (4):

$$R_2^{\text{пр}} = R_2^{\text{усл}} r = \left(\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \right) r = 6,84 \cdot 0,92 = 6,30 \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}} > 4,46 \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}, \quad (4)$$

В итоге использование зеленой кровли повышает значение теплотехнических характеристик на 3,2%, может показаться, что это не ощутимая разница, но использование зеленого покрытия также защищает конструкцию от перегрева в летнее время, в следствии чего срок службы материалов существенно возрастает (более подробно данный фактор разобран ниже), при минимальном уходе за зелеными насаждениями.

Следующий параметр, который был рассмотрен в научной работе [3], – это индикатор теплового «загрязнения» окружающей среды ΔT . Он показывает максимальную разницу между температурой на поверхности конструкции покрытия и температурой наружного воздуха. Чем больше данный параметр, тем большее влияние оказывает кровля на наружный воздух. Тепловое «загрязнение» определяется по формуле (5) [3]:

$$\Delta T = \frac{pq_s \Delta \tau}{c_p \delta + 5,8(1 + 2\sqrt{v}) \Delta \tau}, \quad (5)$$

где q_s – максимальное значение солнечного излучения в июле ($q_s = 866 \text{ Вт/м}^2$); v – расчетная скорость ветра в июле ($v = 1 \text{ м/с}$); $\Delta \tau$ – время нагрева конструкции ($\Delta \tau = 21600 \text{ с}$) (принято время нагрева с 6:00 до 12:00); значения оставшихся характеристик представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Параметр ΔT теплового «загрязнения» для традиционной и зеленой кровли

Конструкция	Коэффициент поглощения солнечного излучения ρ	Толщина δ , м	Объемная теплоемкость c_p , МДж/(м ³ ·К)	ΔT , К
ТН-КРОВЛЯ Стандарт КМС	0,9	0,01	1,01	43,62
ТН-КРОВЛЯ Стандарт Грин	0,74	0,2	1,51	20,42

В результате имеем снижение теплового «загрязнения» на 53,2%, что говорит нам о том, что конструкция покрытия при использовании зеленой кровли будет существенно меньше прогреваться в теплый период времени, следовательно, срок использования материалов будет увеличен, ввиду отсутствия значимых амплитуд колебания температуры.

В завершении хотелось бы рассмотреть не менее важный параметр, а именно объем дождевых вод с кровли, которые проходят через систему канализации. В соответствии с методикой [4], объем сточных вод в теплый период времени для г. Санкт-Петербург вычисляется по формуле (6):

$$W_d = 10\Psi_{\text{ср}}H_dF = 6002,4 \text{ м}^3, \quad (6)$$

где W_d – объем поверхностных сточных вод теплового периода года, H_d – толщина выпавших осадков за теплый период, $H_d = 0,468 \text{ м}$; $\Psi_{\text{ср}}$ – усредненный коэффициент стока дождевых вод (для кровельных и асфальтобетонных покрытий, $\Psi_{\text{ср}} = 0,6$); F – общая площадь кровельного покрытия, $F = 2137,6 \text{ м}^2$.

В исследовании [5] произведено сравнение объема сточных вод при использовании традиционной и зеленой кровли. В итоге количество дождевых стоков уменьшается в 1,7-2,0 раза (43-48%) при использовании зеленой крыши с толщиной растительного слоя 100 мм. Это особенно важно в сезон интенсивных дождей, для разгрузки системы канализации, когда она работает в пиковых нагрузках. В нашем случае объем сточных вод уменьшится на 4501,8 м³ (75%), так как толщина растительного слоя в проекте 200 мм, а в научной работе [6] зеленая кровля удерживала в среднем 75% дождевых вод при аналогичной толщине слоя зеленых насаждений.

Выводы. Получен ряд численных преимуществ зеленой крыши над традиционной плоской кровлей, а именно:

1) увеличение сопротивления теплопередаче на 3,2%, что позволит экономить на охлаждении здания в теплый период и нагреве в зимний период;

2) уменьшение теплового «загрязнения» на 53,2%, вследствие чего материалы не будут перегреваться в теплое время года, тем самым продлевая в 2,5-3,5 раза долговечность конструкции [5];

3) уменьшение объема сточных вод на 75%, что позволит сэкономить на сбросе дождевой воды в систему канализации, а также сберечь ее от пиковых нагрузок в сезон интенсивных дождей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.
2. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99.
3. Корниенко С.В., Попова Е.Д. «Зеленое» строительство в России и за рубежом. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29424742> (дата обращения: 15.03.2021).
4. Методика расчета объемов организованного и неорганизованного дождевого, талого и дренажного стока в системы коммунальной канализации Санкт-Петербурга. URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293740/4293740063.htm> (дата обращения: 15.03.2021).
5. Новикова О.К. Снижение объемов поверхностных сточных вод с площадок промышленных предприятий путем устройства «Зеленых кровель». URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39590347> (дата обращения: 15.03.2021).
6. Гуляева Е.А. Обустройство зеленых крыш при строительстве и реконструкции зданий. URL: <https://elib.spbstu.ru/dl/2/4221.pdf/info> (дата обращения: 15.03.2021)

УДК 631.1; 504.062.2; 504.062.4

П.Н. Головин¹, Ю.А. Синицин¹, Е.А. Зайцева², В.Л. Богданов¹

¹Санкт-петербургский государственный аграрный университет

²Тверской государственный технический университет

РАЗРАБОТКА МАКЕТА ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ И ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА

Введение. Геоинформационные технологии на сегодняшний момент играют важную роль, так как имеют точки соприкосновения почти с любой наукой. Геоинформационная система (далее ГИС) – специализированная информационная система, предназначенная для работы на интегрированной основе с геопространственными и различными по содержанию систематическими данными [1]. Сфера применения геоинформационных систем постоянно расширяется. Вследствие этого, можно сказать, что область использования таких систем практически безгранична. В современном мире ГИС позволяют решать управленческие, экологические, социальные, экономические и прочие задачи на различных уровнях управления. Не являются исключением мониторинг земель и природообустройство в целом. У природообустройства и водопользования есть много целей и задач. Эти задачи можно

решить при помощи ГИС. Такой подход к решению намного более эффективный и менее трудозатратный [2].

Актуальность государственного мониторинга земель обусловлена, в частности, тем, что уровень экологически допустимого воздействия на землю в ряде регионов страны превышен, возникла реальная угроза полного истощения и загрязнения земель [3]. Космический мониторинг является эффективным средством контроля экологической обстановки в регионах [4].

В данном исследовании используются следующие методы: эмпирические, теоретические, дедукции, моделирования, анализа и визуализации.

Цель работы – оптимизация информационной базы при использовании ГИС-технологий для проведения мониторинга земель.



Рис. 1. Состав информации макета ГИС

Для достижения поставленной цели необходимо разработать макет ГИС для целей мониторинга земельных ресурсов. Создание такой системы включает в себя сбор и анализ исходной информации, которая состоит из графических и атрибутивных данных. К графической информации относятся карты, планы, данные дистанционного зондирования, спутниковые снимки, карты внутрихозяйственной оценки земель, кадастровые планы территории и иные

общедоступные картографические материалы. Также к исходной информации относятся и статистические данные, а именно кадастровая, геодинамическая и экологическая информация. В структуре проектируемой ГИС, вся эта информация подразделяется на два больших блока информации: географической (карты, планы, снимки) и атрибутивной (таблицы, данные мониторинга, схемы, текст). Примерная структура включаемой в макет ГИС информации представлена на рис. 1.

Создание геоинформационной системы для управления земельными ресурсами не только позволит решать локальные задачи по определению их рационального и эффективного использования, но и будет способствовать открытию новых закономерностей, характеризующих использование земли в связи с изменяющимися запросами общества, наличием других ресурсов, ростом численности населения, достижениями научно-технического прогресса [5].

Результаты. Рассмотрен процесс создания и включаемую информацию разрабатываемого макета ГИС. На первом этапе формируется система растровых слоев, содержащих графическую информацию об исследуемой территории, а именно: разновременные карты для анализа изменения площадей земельных участков, планы, проекты ВХЗ, спутниковые снимки и другие источники графических данных. На этом этапе подготавливается подложка карты с возможностью переключения между слоями в зависимости от необходимости. Подготовленные слои формируют в своей совокупности картографическую основу, необходимую для дальнейшего создания макета ГИС. На основе этих данных подготовлены векторные изображения существующих участков земли, которые дополняются данными из кадастра. Нанесение земельной информации на картографическую основу значительно расширяет аналитические возможности субъекта земельных отношений.

Например, при использовании функциональных возможностей современных ГИС появляется реальная возможность проследить изменение состояния земель не только в пространстве, но и во времени [6]. После того, как сформирована картографическая основа, подготавливаются и интегрируются атрибутивные данные, которые включают в себя информацию о земельных участках, о состоянии земель, о бонитировке почв, данные о количественных и качественных характеристиках земель, а также данные результатов наблюдений за состоянием почв, их загрязнением, захламлением, деградацией, нарушении земель.

С помощью методов лазерного и лидарного сканирования, дистанционного зондирования и других современных технологий проводится сбор мониторинговой информации в режиме реального времени. Получаемая в результате информация обрабатывается, хранится и передаётся с помощью разрабатываемой модели ГИС. Структура и вид результативных данных представлены на рис. 2.

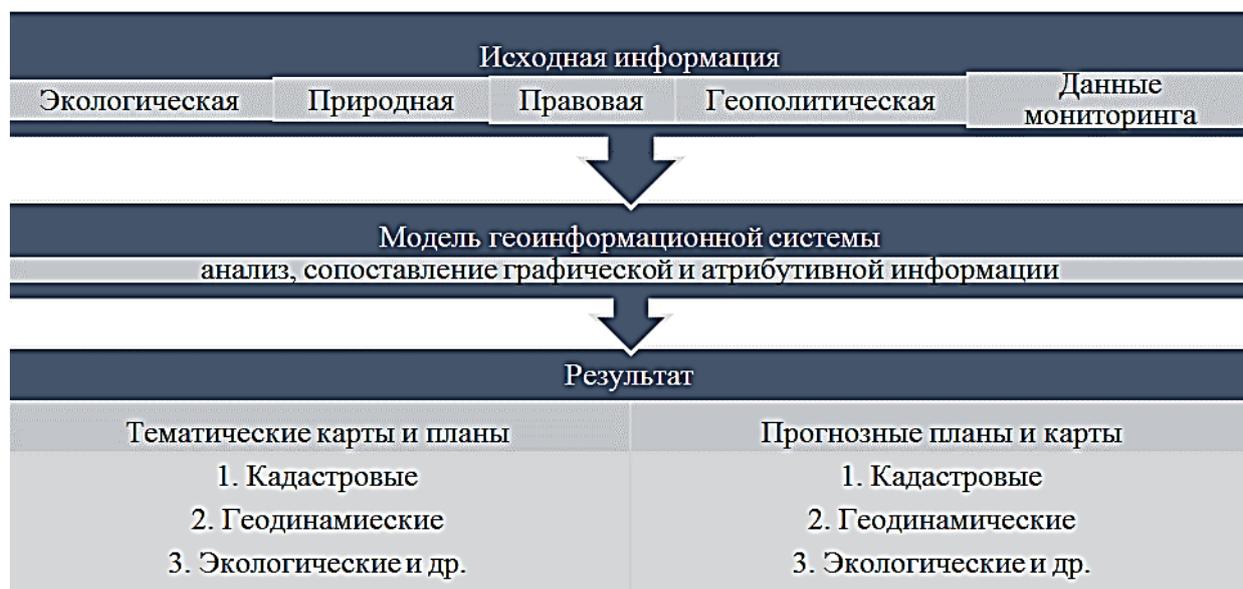


Рис. 2. Структура ГИС

В процессе анализа тематических и прогнозных планов и карт не только оценивается существующее состояние земель, проводится сравнение с полученными ранее данными, но и существует возможность принятия эффективных решений в таких сферах как: проведение землеустройства; территориальное планирование; природообустройство; расчёт научно-обоснованной кадастровой стоимости; совершенствование налогообложения [7].

Выводы. Применение данной системы позволяет наиболее эффективно и рационально использовать земельный фонд Российской Федерации. Предлагаемая модель ГИС в мониторинге земельных ресурсов имеет следующие преимущества:

1. Применение в качестве средства для производства тематических карт и планов, содержащих информацию о состоянии и использовании земельных участков.
2. Повышение качества управления земельными ресурсами.
3. Повышение эффективности процесса принятия решений в процессе природообустройства.
4. Многопользовательский доступ к результатам мониторинга, который позволяет работать над одним проектом многим специалистам.
5. Проведение районирования по качественному и количественному загрязнению окружающей природной среды.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Журкин И.Г., Шайтура С.В. Геоинформационные системы. – М: «КУДИЦ-ПРЕСС», 2009. – 273 с.
2. Барашкова П.С. Актуальные аспекты использования геоинформационных систем в области природообустройства и водопользования // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. №6-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-aspekty-ispolzovaniya-geoinformatsionnyh-sistem-v-oblasti-prirodoobustroystva-i-vodopolzovaniya> (дата обращения: 30.03.2021).
3. Кутляров А.Н., Кутляров Д.Н., Рамазанова Г.З. Земли в Республике Башкортостан: охрана и мониторинг // Молодежная наука и АПК: проблемы и перспективы: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Башкирский государственный аграрный университет. 2014. С.213-218.
4. Шайтура С.В., Васкина М.Ю. Мониторинг земель районов Дальнего Востока. / Шайтура С.В., Васкина М.Ю. // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2020. №1. С. 28-33.
5. Артемьев А.А., Лазарева О.С., Лепехин И.А. К вопросу использования геоинформационных систем в управлении земельными ресурсами // В сборнике: Строительство и землеустройство: проблемы и перспективы развития. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С.16-20.
6. Лазарева О.С., Лазарев О.Е. Геопространственное представление атрибутивной земельной информации ФГБОУ ВО «Тверской государственной технической университет» // Вестник тверского государственного технического университета. Серия: науки об обществе и гуманитарные науки. 2017. №2. С.129-134.
7. Гарманов В.В., Шишов Д.А., Сулин М.А., и др. Управление сельскохозяйственным землепользованием. Прикладные аспекты. Санкт-Петербург, 2018. Часть 1, 246с.

УДК 57.043

Д.С. Голованова
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ИННОВАЦИОННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПАРКОВОЧНЫХ МЕСТ

Актуальность исследования обусловлена обострением проблемы нехватки парковочных мест в городах и ее негативным влиянием на окружающую среду.

Цель данного исследования – поиск инновационного экологического решения по организации парковочных мест.

Задачей исследования, решением которой достигается поставленная цель, является проведение сравнительного анализа технологий, применяемых для обустройства парковочных мест с учетом требования минимального негативного воздействия на окружающую среду.

В настоящее время проблема нехватки парковочных мест является особо острой для любого мегаполиса: и это относится не только к самым оживленным улицам и магистралям. Нередки случаи, когда автовладельцы не могут найти парковочное место даже в собственном дворе. В результате автомобили паркуются прямо на проезжей части, на «зеленых островах» и тротуарах, где они мешают пешеходам и в значительной мере блокируют движение. Окружающая среда в таких условиях подвергается стрессу: зеленый газон превращается из живого растительного покрова, который поглощает углекислый газ и вырабатывает кислород, в поверхность, пропитанную различными загрязняющими веществами.

Отсутствие парковочных мест представляет собой проблему не только в крупных городах России. Согласно исследованию, проведенному в 2016 году корпорацией IBM в рамках Глобального исследования парковки, проблема является общепланетарной. Даже промышленно развитые страны не демонстрируют сколько-нибудь заметного успеха в борьбе с нехваткой парковочных мест. Количество автомобилей постоянно возрастает, а ширина улиц при этом не увеличивается [1].

Чтобы оценить ущерб, нанесенный городскому благоустройству колесами автомобиля, достаточно обратиться к данным статистики. Транспортное средство, которое периодически паркуется на газоне, разрушает приблизительно 14-16 м² «зеленого» покрытия в год. Восстановление этого покрытия обходится в 900-1200 рублей, а на обустройство большого зеленого газона уходит не менее двух лет. Экологический ущерб рассчитать сложнее. Приблизительно оценить масштабы проблемы в том или ином городе можно, зная количество автомобилей, зарегистрированных в городе [2]. В Ленинградской области на момент проведения данного исследования имеется порядка 3 млн. автотранспортных средств, и это количество относится только к официально зарегистрированным автомобилям. С каждым годом это количество только возрастает [3].

Возникает уместный вопрос: почему до сих пор не найдено эффективное решение данной проблемы? Решения существуют, но часто возникают трудности в их реализации. Нередко инициативы оказываются неприемлемыми из-за неоправданно завышенной стоимости их реализации (например, при стоимости гаража в 370 тыс. руб.).

Попытки увеличить количество парковочных мест принимаются повсеместно, но они не носят систематического характера и могут рассматриваться как временное решение. Число автомобилей в мегаполисах неуклонно возрастает, а дороги, построенные десятилетия назад, не рассчитаны на такую увеличивающуюся загруженность.

Результаты. Решить данную проблему предлагается использованием экологической парковки (эко-парковки) – территории для парковки автотранспортных средств, засеянная газонной травой и укрепленная газонной решёткой, которая предотвращает повреждение корневой системы растений автомобильными шинами, сохраняя эстетичный вид участка [4].

Снаружи эко-парковка будет выглядеть, как ухоженный зеленый газон, с той лишь разницей, что на нее можно поставить автомобиль. Технологически эту конструкцию очень легко реализовать: на участке распределены пластиковые газонные сетки, а их ячейки заполнены плодородной почвой и семенами. Со временем в этих ячейках образуется растительный покров, полностью скрывая геосинтетические клетки. Они, в свою очередь, действуют как усилители, не позволяющие колесам автомобиля расплющить плодородный слой почвы и деформировать корневую систему газонных трав (см. рис.1).



Рис. 1

Одним из существенных преимуществ эко-парковки по сравнению с другими способами обустройства парковок является то, что они могут быть оборудованы без каких-либо специальных механизмов [4]. Все работы по подготовке основания, укладке геотекстиля и газонных решеток выполняются вручную бригадой из нескольких человек. Это обеспечивает значительную экономию средств городского бюджета.

Уход за экологической парковкой проявляется в уходе за газоном, поскольку срок службы газонных решеток составляет 50 лет, и в течение этого периода нет необходимости их заменять и обслуживать. Если смесь газонных трав выбрана правильно, то достаточно их поливать, косить и очищать от мусора. Периодическая обработка почвы не будет лишней.

Выводы. Повсеместное использование эко-парковок приведет к решению одной из экологических проблем Ленинградской области. Одно из преимуществ предлагаемого метода организации парковочных мест по сравнению с иными технологиями, внедренными ранее [4], состоит в доступности. В отличие от организованной стоянки автотранспорта в многоуровневой парковке в жилых зонах города, которая изымает из бюджета автовладельца значительные средства, эко-парковка позволяет решить и экономический аспект проблемы. Достоинством данного вида парковки является сохранение окружающей среды [5] как одного из факторов устойчивого городского развития [6]. Кроме того, преимуществом предлагаемого метода является долговечность строительной конструкции: газонные решетки морозоустойчивы и адаптированы к различным внешним воздействиям.

ЛИТЕРАТУРА:

1. [Электронный ресурс]. <https://gorodkirov.ru/content/article/parkovka-po-pravilam-pochti-nerealno-pezakonno-dorogo-20120912-1033/>.
2. Герашенко, С.М. Экология города / С.М. Герашенко // Вестник: теоретический и науч.-практический журнал / Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности. – СПб., Красноярск, 2005. Т.10(4). С.55-59.
3. Киракосян С.А. Правовой режим парковочного места: опыт российского регулирования, судебная практика и перспективы развития // Правовые вопросы недвижимости. 2016. №2. С.5-8.
4. [Электронный ресурс]. https://www.geonovation.ru/articles/reshenie_nehvatki_parkovochnyh_mest/.
5. Медведев, В.И. Экологическое сознание / В.И. Медведев, А.А. Алдашева // Экология человека. 2001. №3. С.17-20; №4. С.20-22.
6. Badenko V., Badenko N., Nikonorov A., et al. Ecological aspect of dam design for flood regulation and sustainable urban development // MATEC Web of Conferences. 2016. Article Number 03003.

УДК 528.4

А.А. Назарова¹, В.В. Гарманов¹, В.В. Терлеев²

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПО AUTOCAD ПРИ СБОРЕ (ИНВЕНТАРИЗАЦИИ) ИНФОРМАЦИИ ОБ ОБЪЕКТАХ НЕДВИЖИМОСТИ

Введение: В течение последних двадцати лет в Российской Федерации сложилась система учета и регистрации недвижимости, основанная на оптимизации процессов работы за счет автоматизации обработки кадастровых данных объектов недвижимости. Применение современных цифровых технологий в сфере управления недвижимостью, а также усиление тенденции государственной политики построения цифровой экономики, обуславливает широкое внедрение автоматизации в управление территориями.

Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН) базируется на цифровых технологиях автоматизированной обработке исходной информации с применением методик геоанализа, геомоделирования, технологии «умного города». Существенной проблемой актуализации пространственных данных об объектах недвижимости является то, что специалисты администраций населенных пунктов ограничены в возможностях оперативно вносить изменения в базы данных в связи с нехваткой геоинформационного обеспечения. Необходимостью решения этой проблемы обусловлена *актуальность* данного исследования.

Для решения указанной выше проблемы может служить комплексное использование геопортальных и ГНСС-технологий.

Цель данной работы – оценить возможности использования программного обеспечения (ПО) ГИС при инвентаризации объектов недвижимости.

Методы: В исследовании проведен анализ проблем автоматизации процессов документооборота и предоставления сведений государственного реестра недвижимости. А также рассмотрены пути решения данных проблем.

Рассматриваемое в данном исследовании ПО AutoCad можно использовать не только в целях обработки графических данных, но и применять как текстовый редактор для формирования технических паспортов, необходимых при постановке объектов недвижимости на государственный кадастровый учет.

Концепция создания и развития инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации определяет понятие инфраструктуры пространственных данных (ИПД) как «территориально распределенной системы сбора, обработки, хранения и представления потребителям пространственных данных». Реализация концепции требует создания и отработки как общей модели ИПД, так и ее отдельных компонентов [1, 2].

Постоянная необходимость актуализации пространственных данных требует уточнения технологии (методов) оперативного обновления данных в государственных базах данных. Оптимизация процессов обновления кадастра недвижимости позволит создать эффективную систему информационного обеспечения Государственного кадастра недвижимости.

Важнейшими базовыми решениями выше обозначенной проблемы могут послужить использование:

– технологии, позволяющей обрабатывать данные цифровой съемки высокого разрешения со спутников и аэросъемки с последующим получением пространственной информационной модели [3];

– геоинформационных технологии для обработки и хранения данных с возможностями интеграции разных форматов пространственной информации [4-6].

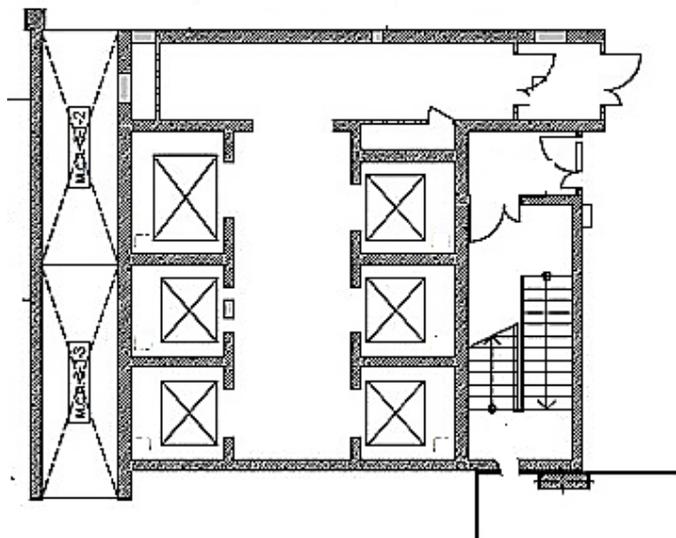


Рис. 1. Фрагмент схемы расположения машино-мест на этаже многоуровневого паркинга

Результаты: Использование ПО AutoCad для формирования базы данных, полученных в результате инвентаризации объектов недвижимости, создает предпосылки для перехода на 3D-технологии в подготовке геопространственных данных для их кадастрового учета. В результате сложные объект недвижимости (помещения в многоэтажных зданиях, подвальные

помещения, машино-места в многоэтажных гаражах и др.) получают однозначные уникальные пространственные характеристики своего местоположения в виде трехмерных координат (X ; Y ; Z). ПО AutoCad на основе требований к техническому плану [7] обеспечивает закрепление сведений о местоположении объектов недвижимости в виде координат и внесение их в кадастр недвижимости в системе координат ГСК 2011.

При подготовке документов для постановки на государственный кадастровый учет и последующего оформления прав на объект недвижимости, (например, машино-место в многоуровневом паркинге, рис.1), в частности, технический план, возможны два варианта: 1) по действующему законодательству с использованием 2D-технологии — координаты характерных точек границ машино-места (X_n ; Y_n) на определенном этаже; 2) при использовании 3D-технологии подготовки графического отображения на техническом плане в виде геометрической фигуры, соответствующей границам машино-места, координаты характерных точек границ машино-места (X_n ; Y_n ; Z_n) могут определяться без обязательной привязки к определенному этажу.

Вывод. ПО AutoCad позволяет выполнять подготовку геопро пространственных данных для постановки на государственный кадастровый учет сложных объектов недвижимости, применяя 2D и 3D-технологии. Привязка объектов недвижимости может быть осуществлена в системе координат ГСК 2011.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Концепция создания и развития инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации: распоряжение Правительства РФ от 21 августа 2006 г. № 1157-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&ba-se=EXP&n=372580#03261863403059637>.
2. Кошкарев А.В. Проблемы становления российских ИПД // ИнтерКарто/ИнтерГИС-20: Устойчивое развитие территорий: геoinформационное обеспечение: сб. материалов Между- нар. конф. – Белгород: БелГУ, 2014. – С. 137–151.
3. Гарманов В.В., Шишов Д.А., Сулин М.А. и др. Управление сельскохозяйственным землепользованием. прикладные аспекты. Санкт-Петербург, 2018. Часть 1, 246 с.
4. Battle R., Kolas D. Enabling the Geospatial SemanticWeb with Parliament and Geo- SPARQL // Semantic Web. 2011. №1. P.1–17.
5. Осипов А.Г., Гарманов В.В. ГИС-технологии при зонировании ландшафтов по пригодности к аграрному освоению. В сборнике: Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения. Сборник научных трудов. Санкт-Петербург, 2018. С. 238-243.
6. Антипов И.Т., Антонович К.М., Асташенков Г.Г., и др. О некоторых результатах выявления реестровых ошибок, препятствующих государственной регистрации прав // Вестник СГУГиТ. 2018. Т.23(2). С.143–152.
7. О государственной регистрации недвижимости. Федеральный закон РФ № 218-ФЗ от 13 июля 2015 г.

УДК 332.2

А.О. Белоусов¹, В.Л. Богданов¹, В.В. Терлеев²

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В СИСТЕМЕ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА НОВГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ С УЧЁТОМ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РЕГИОНА

Целью исследования является разработка метода прогнозирования основных направлений использования земель Новгородской области для повышения эффективности управления земельными ресурсами.

Прогнозирование является основополагающей функцией в сфере управления земельными ресурсами региона. С одной стороны, – это практическая деятельность, которая включает разработку показателей использования земельных ресурсов на длительную перспективу, с другой стороны – научная деятельность, направленная на выявление наиболее эффективного варианта и возможных альтернатив будущего развития.

У производителей сельскохозяйственной продукции в Новгородской области отсутствуют стимулы и мотивирующие рычаги, которые способствовали бы к побуждению использования земель в регионе. Наиболее доходные способы использования земли (например, промышленное строительство) приводят к обесцениванию земель сельскохозяйственного назначения. За последние 5 лет количество заявлений о переводе сельскохозяйственных земель под иные цели увеличилось на 15% [1]. Нарушается баланс конкурентных сил на межотраслевом уровне. Такое положение обуславливает проблемы в становлении и развитии конкуренции, приводя к кризису земельных отношений (в том числе – усугубляя развитие и сдерживая совершенствование системы земледелия) [2, 3].

Проблемы сбыта сельскохозяйственной продукции обусловлены также недостаточным развитием инфраструктуры АПК. В Новгородской области наблюдается диспаритет цен между сельскохозяйственной продукцией и товарами, и услугами для сельскохозяйственных производителей, при этом отсутствуют механизмы, направленные на привлечение населения в регион, а количество трудоспособного населения снижается, возникает дефицит кадров. В то же время увеличивается дефицит бюджета в регионе, который по состоянию на 01.01.2021 г. в Новгородской области составляет 976 млн. руб.; поступление налоговых платежей составляет 24,0 млрд. руб. (на 6,6 % ниже уровня предыдущего года).

Для прогнозирования использования земельных ресурсов в регионе на ближайшую перспективу в данном исследовании применяется метод экстраполяции ряда динамики на основе ретроспективных данных. Основными действиями для метода экстраполяции служат составление прогнозов посредством определения трендов, которые представляют собой непрерывную плавную линию, отражающую функцию $F(x; y)$ [4].

Результаты. Прогнозирование осуществлено для земель сельскохозяйственного назначения, земель специального и иного назначения и земель населенных пунктов, т.к. изменения в структуре земельного фонда происходят именно в данных категориях. Для земель сельскохозяйственного назначения построен прогноз изменения сельскохозяйственных угодий, в том числе – пашни (наиболее ценного и продуктивного угодья), поскольку именно развитие сельского хозяйства в регионе способно обеспечить его устойчивое развитие.

В таблице 1 приведены существующие и прогнозные значения анализируемых показателей до 2024 года (разные модели прогнозирования: линейная, полиномиальная, степенная, логарифмическая, экспоненциальная; коэффициент детерминации R^2 , характеризующий достоверность прогноза и возможность его осуществления; ошибка выявленной зависимости). Математическая зависимость для каждой группы земель и отдельного показателя выбрана по наибольшему значению R^2 и наименьшей ошибке, рассчитанной с помощью встроенных инструментов MS Excel.

Согласно произведенным расчетам, земли сельскохозяйственного назначения будут выбывать из хозяйственного оборота: при этом наблюдается существенное увеличение земель населенных пунктов, однако притока населения в регионе не наблюдается, на наш взгляд, такое перераспределение земельного фонда – нецелесообразно. Земельный рынок области должен выступать в качестве рычага, обеспечивающего рациональное землепользование и управление земельными ресурсами посредством рыночного оборота земель, в результате земельные участки переходят к эффективному использованию [5, 6].

Таблица 1 – Прогноз земель отдельных категорий региона на 2024 год

Значение показателя на 01.01.2020 г.	Математическая функция	R ²	Ошибка, %	Прогнозное значение на 2024 г.	Изменение, тыс.га
<i>Земли сельскохозяйственного назначения</i>					
916,1 тыс.га	$y = -0,2571x^2 + 0,6229x + 919,32$	0,9769	0,019	904,1 тыс.га	-12
<i>Сельскохозяйственные угодья</i>					
828,3 тыс.га	$y = -0,1357x^2 + 0,3443x + 829,96$	0,9867	0,018	827 тыс.га	-1,3
<i>Пашня</i>					
508,9 тыс.га	$y = -0,1786x^2 + 0,6214x + 510,24$	0,9917	0,011	501,37 тыс.га	-7,53
<i>Земли населенных пунктов</i>					
166,4 тыс.га	$y = 0,2786x^2 - 0,9814x + 164,42$	0,9276	0,021	178,15 тыс.га	11,75
<i>Земли специального и иного назначения</i>					
47,2 тыс.га	$y = -0,0214x^2 + 0,3586x + 45,96$	0,9915	0,01	47,45 тыс.га	0,25

По мнению авторов, необходимо коренное преобразование земельных отношений посредством применения рентных механизмов, направленных на ориентацию землепользования в условиях развития рыночной экономики. Необходимо упорядочить систему земельных доходов и платежей с целью экологизации земельных отношений и создания стимулов к ведению сельскохозяйственной деятельности, привлечению населения в регион. На наш взгляд, дифференцированная налоговая политика должна применяться ко всем собственникам сельскохозяйственных земель (см. табл. 2).

Таблица 2 – Плата за пользование землей сельскохозяйственного назначения

Субъект	Вид платежа	Форма изъятия платежа	Форма дохода субъекта
Собственник земельного участка, являющийся сельскохозяйственным производителем	Земельный налог	Дифференциальная рента I	Абсолютная рента, средняя норма прибыли, дифференциальная рента II
Собственник, не использующий землю			Абсолютная рента
Землевладелец, землепользователь	Арендная плата	Абсолютная рента, дифференциальная рента I	Средняя норма прибыли, дифференциальная рента II
Арендатор			

Для формирования конкурентной среды, возникновении стимулов к ведению сельскохозяйственного производства необходимо: создать в регионе технологические кластеры, которые будут сочетать научно-технический и производственно-технологический потенциалы в форме частно-государственного партнерства; развивать агробизнес с возможностью внедрения и участия в полном цикле сельскохозяйственного производства; внедрять новые сорта сельскохозяйственных культур и агротехнологии в производство; использовать имеющиеся биоресурсы, ориентируясь на зональную систему земледелия. Социально-экономические механизмы способствуют эффективности производства и его качеству, а государственная поддержка простимулирует вовлечение неиспользуемых ресурсов в производственный оборот.

Вывод. Осуществлена разработка некоторых разделов схемы землеустройства субъекта РФ, которая является предплановым проектным документом и предназначена для разработки комплексной системы мероприятий, направленных на рациональное и эффективное использование земельного фонда региона.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Официальный сайт Правительства Новгородской области [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.novreg.ru/> (20.03.2021).
2. Анишкина Т.А. Оценка состояния и управления сельскохозяйственными земельными ресурсами // Молодой ученый, 2017. №15(149). С.35-43.
3. Официальный сайт Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rosreestr.ru/site> (20.03.2021).
4. Никифорова Е.О. Прогнозирование изменения площади используемых сельскохозяйственных угодий в регионах Северо-западного федерального округа. Российский электронный научный журнал, 2016. №3 (21). С.136-142.
5. Хлыстун В.Н. Развитие земельных отношений в агропромышленном комплексе. Вестник Российской Академии Наук, 2019. №7(том 89). С.669-677.
6. Гарманов В.В., Шишов Д.А., Сулин М.А., и др. Управление сельскохозяйственным землепользованием. Прикладные аспекты. Санкт-Петербург, 2018. Часть 1, 246 с.

УДК 57.043

Д.С. Голованова
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА И ОХРАНЫ ЗЕМЕЛЬ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Актуальность. Благодаря высокой маневренности, высокой скорости доставки и сохранности грузов, автомобильный транспорт является незаменимым помощником человека. Однако, несмотря на все достоинства, использование автомобиля негативно сказывается на окружающей среде. В значительной мере экологическим проблемам подвержены районы, через которые проходят автомагистрали. Поэтому актуальность данного исследования обоснована.

Цель данного исследования – выработка комплекса мер по борьбе с экологической проблемой, вызванной использованием автомобильного транспорта.

Задачей исследования, решением которой достигается поставленная цель, является изучение экологической обстановки Ленинградской области и поиск решения проблемы загрязнения окружающей среды автотранспортными средствами.

Количество загрязняющих веществ в 2019 году составило 1299,8 тыс. т, что на 284,5 тыс. т больше, чем в 2018 году. Большинство из этих загрязняющих веществ – 1086,6 тыс. т – обезврежено. В 2019 году 213,2 тыс. т или 16,4% загрязняющих веществ были выброшены в атмосферу без обработки, что на 5,86% меньше, чем в 2018 году. Перечень основных загрязняющих веществ приведен в таблице 1 [1].

В населенных пунктах Ленинградской области одними из ведущих источников загрязнения атмосферного воздуха являются промышленные предприятия и автотранспортные средства. Оксиды азота, диоксид серы, суспензии, оксид углерода и углеводороды могут быть определены в качестве доминирующих загрязнителей воздуха от автомобильного транспорта. Определенные загрязнители воздуха состоят из фтора, аммиака, формальдегида. Регулярные наблюдения за изменениями качества атмосферного воздуха охватывают девять промышленно развитых городов региона [1].

Таблица 1 – Количество выбросов в атмосферный воздух для передвижных источников в 2018 г. (автомобильный транспорт), тыс. т

Перечень загрязняющих средств	Объем выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух
Азота диоксид	21,5
Аммиак	0,5
Ангидрид сернистый	1,1
Летучие органические соединения	19,8
Метан	0,8
Сажа	0,4
Углерода оксид	148,2
Всего	192,3

Для определения влияния экологических факторов на здоровье населения в 2019 году была проведена оценка состояния окружающей среды и здоровья населения в одном из неблагоприятных в отношении экологической обстановки районах – в городе Тосно [2]. Выявленные взаимосвязи между загрязнением атмосферного воздуха (диоксидом серы, взвешенными веществами) и уровнем заболеваний дыхательной системы, мочеполовой системы при условии сохранения объема выбросов на существующих предприятиях и уровня загрязнения атмосферного воздуха позволяют прогнозировать продолжение восходящей тенденции в недавно выявленных случаях ряда заболеваний.

Данные о загрязнении атмосферного воздуха в пунктах Ленинградской области были получены на стендах наблюдения за загрязнением атмосферы (ПНЗА). Для оценки степени загрязнения воздуха в месяц используются два показателя качества воздуха: стандартный индекс (СИ) и максимальная повторяемость (НП). Если СИ и НП имеют разные градации, то степень загрязнения воздуха оценивается на основе наибольшего значения этих показателей [2]. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Оценки степени загрязнения атмосферы

Градации	Загрязнение атмосферы	ИЗА	СИ	НП, %
I	Низкое (Н)	от 0 до 4	от 0 до 1	0
II	Повышенное (П)	от 5 до 6	от 2 до 4	от 1 до 19
III	Высокое (В)	от 7 до 13	от 5 до 10	от 20 до 49
IV	Очень высокое (ОВ)	> 14	> 10	> 50

Для выработки комплекса мер по решению экологических проблем региона стоит обратиться к исследованиям Константинова А.П. [3]. Он предлагает принять следующие меры:

- постоянное усовершенствование выпускаемых моделей двигателей и выпуск меньших по размеру корпусов автомобилей для минимизации потребляемого топлива;
- введение повсеместно экологичных видов топлива взамен бензину (т.е. разновидностей так называемого «зеленого бензина»: природного газа, жидкого водорода);
- оснащение выхлопных труб автомобилей нейтрализаторами, которые очищают выпускаемые выхлопные газы;
- разработка автоматизированных систем регулировки движения на дорогах с целью снижения времени работы двигателя в режиме холостого хода;
- посадка деревьев вдоль автомобильных трасс, т.е. создание зоны зеленых насаждений (данный метод улучшения экологической ситуации позволит почти вдвое сократить негативно воздействие выхлопных газов автомобиля на окружающую среду; только одно

дерево за год может поглотить объем автомобильных выбросов, выделяемых автотранспортным средством за 25 тыс. км пробега).

Другие специалисты также предлагают меры по борьбе с экологическим загрязнением, такие как: озеленение городов, уменьшение вырубки леса и восстановление лесов [4]. Также они предлагают введение новых законодательных нормативов (установление ПДК, ПДУ).

Однако не только автомобильный транспорт оказывает негативное влияние на экологическую обстановку. Поэтому ряд исследователей настаивает на необходимости повышения эффективности использования и охраны земельных ресурсов, сохранения и улучшения экологической обстановки на территориях. Они предлагают создать экономические, правовые и организационные предпосылки для функционирования всех форм собственности, владения и пользования землей и форм хозяйствования на ней [4].

Вопрос контроля над использованием и охраной земель также имеет немаловажное значение в данной ситуации. Это обусловливается тем, что участились факты мелких и крупных нарушений законодательства при совершении сделок с землей, уклонения от оформления или переоформления прав на землю, от уплаты земельного налога. Сохраняется высокий уровень незаконного предоставления и изъятия земель, вследствие чего земли подвергаются загрязнению, захламлению, а также полной деградации, что играет немаловажную роль в экологии региона.

Интенсивный рост производственной деятельности на территории Ленинградской области, развитие сельскохозяйственного производства, повышение конкурентоспособности предприятий посредством внедрения новейших технологий с целью повышения доходов, с одной стороны, положительно влияет на экономику и развитие региона в целом. Но с другой стороны, все это (в том числе, – средства защиты растений [5]) негативно влияет на окружающую среду и порождает серьезные проблемы использования земельных ресурсов региона. Поэтому необходима гармонизация природно-климатических, технологических, экологических параметров функционирования системы землепользования. Иными словами, система землепользования территории региона должна иметь в своей основе не отдельные отрасли функционирования, а сочетание отраслей [6].

Результаты и выводы. Из результатов анализа экологического состояния Ленинградской области нами было выявлено, что основным источником загрязнения окружающей среды в регионе является автомобильный транспорт. На основании проведенного анализа доступной информации мы пришли к выводам о необходимости разработки новых рекомендаций по совершенствованию законодательства региона. Также необходима автоматизация и улучшение мониторинга земель, повышение эффективности работы научных сотрудников. Должен быть сформулирован и рассмотрен вопрос о дополнительном финансировании работ по рекультивации и восстановлению нарушенных ландшафтов. Но самое главное – необходимо строгое соблюдение законодательства в области охраны окружающей среды [7]. Результаты проведенного исследования обосновывают безотлагательную необходимость проведения мероприятий по снижению техногенной нагрузки на атмосферный воздух. И, в первую очередь, это следует осуществить в крупных городах региона с плотной застройкой жилых кварталов и большими потоками автомобильного транспорта, где такого рода техногенная нагрузка в наибольшей степени негативно влияет на здоровье населения.

Если данные меры будут выполняться, то за счет внедрения новых технологий в организацию автомобильного потока, промышленное производство, а также за счет рационального использования имеющихся земельных ресурсов, то большинство экологических проблем Ленинградской области будут решены.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Мониторинг качества вод в крупных реках Ленинградской области: итоговые отчеты за 2018 год. ФГБУ «Северо-Западное УГМС» / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). – Санкт-Петербург, 2019.
2. Материалы к государственному докладу «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ленинградской области в 2018 году» Управления Роспотребнадзора по Ленинградской области. – Режим доступа: (gospotrebnadzor.ru).
3. Константинов А.П. Экология и здоровье: опасности мифические и реальные // Экология и жизнь. 2012. №8. С.90-91.
4. Кутляров А.Н., Кутляров Д.Н., Хайдаршина Э.Т. О проблемах и задачах повышения качества земель в республике Башкортостан и пути их решения // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2019. №3(170). С.14-22.
5. Семенова Н.Н., Новожилов К.В., Петрова Т.М., Терлеев В.В. Детерминированные модели поведения пестицидов в почве. Методология построения, структура, принципы использования. СПб.: ВИЗР, 1999. 93с.
6. Ключин П.В., Косинский В.В., Николаев Э.А. Мониторинг эффективного использования земель Заволжского региона республики Татарстан // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель: научно-практический ежемесячный журнал. 2019. №1(168). С.53-61.
7. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 N 6-ФКЗ, от 30.12.2008 N 7-ФКЗ, от 05.02.2014 N 2-ФКЗ, от 21.07.2014 N 11-ФКЗ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.

УДК 528

В.Н. Полторац
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УПРАВЛЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕМ

Введение. Технологии Интернет вещей (далее IoT), применяемые в сельскохозяйственной деятельности, направлены на обеспечение производителей систематическими данными о состоянии влажности, температурного режима, качества почв, засоленности, уровня эрозии и т.д. Все это обеспечивается с помощью дистанционно расположенных датчиков, передающих показания по определенно установленному режиму. Применение вышесказанных технологий позволяет многократно повысить урожайность, составить более эффективный план ирригационных мероприятий. Примерами устройств могут быть дроны, умная техника (трактора, комбайны), системы полива, датчики засоленности земель, датчики контроля объемов внесенных удобрений и т.д.

Технология IoT имеет разнообразный спектр применения. Например, в засушливых районах она позволяет рационально использовать ограниченные объемы водоснабжения, применяя оптимально выгодную стратегию орошения. Благодаря отслеживанию и своевременному обмену с земледельцем данными о погоде, можно заранее спланировать сельскохозяйственную деятельность и скорректировать последующие задачи. Датчики отслеживания вредных организмов и контроля их местонахождения позволяют разработать эффективный план для их устранения и проведения процедуры обработки продукции.

Существенную ценность представляет снижение транспортных расходов. Обеспечение хозяйств умной техникой, которая способна к автопилотируемому режиму и позволяет исключить расходы вследствие человеческого фактора, а также минимизировать расходы на холостые прогоны. Также возможен мониторинг транспортировки уже собранного урожая, благодаря чему отслеживается точное время доставки, качество хранения продукции и учет в облачных хранилищах данных.

Цель исследования – оценка перспектив применения инновационных технологий в управлении сельскохозяйственным землепользованием.

Внедрение подобных технологий в землеустройство, сельское хозяйство и АПК с каждым годом становится все более актуальным [1-7]. По прогнозам Statista, количество подключенных в сельскохозяйственной отрасли сельского хозяйства устройств к 2023 году вырастет более чем до 120 млн. соединений, вследствие дешевизны, долговечности и качественной передачи данных технологии LoRaWAN. Для ознакомления с применением технологии на практике следует рассмотреть ее применение на конкретном примере.

Результаты. Для рассмотрения технологии IoT было выбрано ЛПХ, расположенное в Республике Крым, Бахчисарайском районе, селе Песчаном (рис. 1). На данном участке возделываются плодово-ягодные насаждения. Также планируется строительство теплиц для выращивания различных культур в любое время года.

Варианты внедряемых технологий IoT:

1. В целях предупреждения самозахвата со стороны собственников смежных земельных участков планируется установка специализированных датчиков, позволяющих отслеживать нарушение границ, а также в случае подобных сторонних вмешательств была возможность фиксации нарушения.



Рис. 1. Размещение ЛПХ на Публичной кадастровой карте [8]

2. Для успешной деятельности ЛПХ и повышенного качества продукции применяется датчик параметров почвы для Интернета вещей от Lapis Semiconductor. Датчик на основе полупроводников может удаленно контролировать условия грунта и намного быстрее сообщать данные без необходимости посещать отдельные узлы датчиков. Компактный датчик измеряет pH (кислотность), электропроводность (ЕС) и температуру почвы. Lapis включил возможности измерения температуры с помощью новых датчиков pH и ЕС. Датчик почвенной среды от Lapis имеет малое энергопотребление и для обеспечения физического обслуживания

в течение длительного времени он использует солнечные батареи для выработки электроэнергии. Кроме того, Laris предлагает модули беспроводной связи, которые позволяют связывать эти IoT-узлы с центральным узлом в диапазоне 1 км.

3. В целях качественного и оптимального орошения применяется технология «Умный полив» на основе механизма Интернета вещей с использованием модуля ESP8266 NodeMCU и датчика DHT11. Система будет состоять из водяного насоса, который будет использоваться для разбрызгивания воды на землю в зависимости от условий окружающей среды, таких как влажность воздуха, влажность почвы и температура. Перед началом важно отметить, что для разных культур требуются разные условия влажности воздуха, температуры и влажности почвы. Для поддержания качественного состояния почвы ЛПХ их влажность должна составлять около 50-55%. Таким образом, когда почва теряет влажность менее чем на 50%, моторный насос автоматически включается для разбрызгивания воды и будет продолжать разбрызгивать воду до тех пор, пока влажность не поднимется до 55% и после этого насос будет выключен. Данные датчика будут отправлены на сервер ThingSpeak через определенный интервал времени, чтобы их можно было контролировать из любой точки мира.

4. Для рационального использования водных ресурсов установлены счетчики воды СВК-15-3-2. Счетчики предназначены для измерения объема используемой воды для орошения. Благодаря встроенному радиомодулю LPWAN счетчики могут дистанционно передавать показания о расходе воды у потребителя.

5. Внедряется система «Умного освещения» на основе солнечных батарей и контроля энергопотребления. Для применения подобной технологии используются умные счетчики Меркурий 234 и Меркурий 206, выпускаемые заводом ЗИП СПб с внедренными в них модулями компании LaTech, которые позволяют отслеживать потребление и показания электроэнергии для экономии и рационального распределения. Также имеется возможность для установки специальных протоколов, позволяющих предоставлять оперативную информацию. Данные протоколы позволят установить необходимое освещение на территории и в теплицах.

6. Одной из проблем в управлении землепользованием является необходимость постоянного мониторинга и сбора данных в режиме реального времени, чтобы понять, как растут и развиваются сельскохозяйственные культуры. Землепользователь использует беспилотник для мониторинга конкретных участков своей земли и сбора данных в режиме реального времени для повышения эффективности управления. Беспилотник осуществляет аэро- и видеосъемку, которые помогают определить проблемы для дальнейшего совершения нужных действий.

Выводы. Умное земледелие, применяемое на ЛПХ, способствует его рациональному, полному и эффективному использованию. Благодаря возможности развертывания устройств, которые могут измерять, записывать и обмениваться данными, можно легко создать огромную базу критических данных. Анализ этой базы данных с помощью бизнес-аналитики и численного подхода позволяет лучше понять, что происходит в конкретном процессе. Интеграция IoT с сектором умного земледелия приводит к массовым преобразованиям. В связи с растущей необходимостью поддерживать высокие стандарты пищевых продуктов и качественного земледелия интеграция IoT способствует повышению качества и урожайности культур.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Полтораки В.Н., Шишов Д.А. Динамика использования земель в Республике Крым // Вестник Студенческого научного общества. 2017. Т.8(3). С. 26-28.
2. Осипов А.Г., Гарманов В.В., Богданов В.Л., и др. Моделирование пригодности земель к аграрному использованию и их устойчивости к негативным процессам, Landscape Modelling and Decision Support. Ser. Innovations in Landscape Research Cham, Switzerland, 2020. С.123-142.

3. Дунаева Е., Барботкина Е., Вечерков В., и др. Пространственные и временные базы данных для принятия решений и прогнозирования // International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT 2019. Ser. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2021. С. 198-205.
4. Гарманов В.В., Грик А.Р., Терлеев В.В., Осипов А.Г. Управление сельскохозяйственным землепользованием: управляемая подсистема // Вестник факультета землеустройства Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. №5. С.5-11.
5. Дунаева Е.А., Попович В.Ф., Попович В.В., Терлеев В.В. Цифровые технологии для мониторинга и прогноза развития сельскохозяйственных структур // Неделя науки СПбПУ. Материалы научной конференции с международным участием. Инженерно-строительный институт. 2018. С.138-141.
6. Гарманов В.В., Шишов Д.А., Сулин М.А., и др. Управление сельскохозяйственным землепользованием / коллективная монография. – Санкт-Петербург, 2021. – 228с.
7. Павлова В.А., Полторак В.Н. Модернизация сельскохозяйственного производства на основе инновационных технологий // Вестник факультета землеустройства Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2020. №6. С.16-19.
8. Публичная кадастровая карта [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://xn----bkcbaababou8b2age7axh3agnwid7h4jla.xn--p1ai/> (дата обращения 25.03.2021 г.).

УДК 504.75.06

Я.А.Филина¹, Е.А.Дунаева¹, Е.С.Барботкина¹, В.В.Терлеев²

¹Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЫТОВЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ДООЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Актуальность. Как известно, имеется прямая зависимость здоровья человека от качества питьевой воды. При употреблении высокоминерализованной воды возможно изменение электролитного обмена, нарушение функции почек и сердечно-сосудистой системы, а также опорно-двигательного аппарата и органов пищеварения. Многочисленные исследования показывают связь характерных заболеваний населения с употреблением слабоминерализованной воды: это – гипертоническая болезнь, язва желудка и двенадцатиперстной кишки, хронический гастрит, холецистит, нефрит и ишемическая болезнь сердца [1]. Большое влияние на организм человека оказывает кислотно-щелочное равновесие (или уровень рН). В нашей стране одобренным считается рН в пределах от 6 до 9 (нейтральной и щелочной реакцией). Поэтому выявление и устранение возможного неблагоприятного воздействия питьевой воды на организм человека является важным фактором сохранения здоровья населения.

Цель работы – изучить эффективность доочистки водопроводной воды для хозяйственно-бытовых нужд населения г. Симферополь фильтрами кувшинного типа.

Качество водопроводной воды не всегда соответствует установленным стандартам, что обусловлено как усилением антропогенной нагрузки на водные ресурсы, так и состоянием водопроводных сетей. Помимо этого, использование традиционного, однако не совсем экологического метода обеззараживания воды гипохлоритом натрия, также приводит к ухудшению общего состояния воды. Решением данной проблемы в бытовых условиях является приобретение фильтра-кувшина или установка модульного фильтра [2]. Для проверки достоверности информации, указанной фирмами-производителями на упаковках изделий, проведена экспериментальная проверка эффективности доочистки водопроводной воды фильтром-кувшином.

Принцип работы фильтра-кувшина основан на фильтрации воды через воронку, снабженную фильтром, и попадание ее в кувшин самотеком. В качестве фильтра используется сменный картридж, наполненный активированным углем, ионообменными смолами, а также

компонентами, предоставляющими возможность удалять железо и ионы жесткой воды. Ресурсный запас фильтров варьирует от 30 до 90 суток эксплуатации или 150-350 л водопроводной воды. Ресурс может меняться в зависимости от качества вода (от большего количества примесей, от избыточной жесткости). По истечению срока службы (ресурса) модуля, его следует заменить. Однако рынок существующих систем доочистки воды по всем сегментам характеризуется отсутствием устройств, контролирующих изменение качества воды, что приводит к неопределенности времени эксплуатации сменных кассет [3].

Результаты. Проведено сравнение двух картриджей компании-производителя «Aquaphor» В6 для жесткой воды, приобретенных в разных источниках (Интернет-магазин (1) и специализированный магазин (2)), при этом фильтр (1) приобретен по акционной стоимости.

Внешне эти два фильтра идентичны по размеру, цвету, материалу упаковки, однако различны по массе: фильтр (1) имеет массу 158 г, фильтр (2) – 182 г. Фильтр (1) на 24 г легче фильтра (2). При этом масса товара ни на упаковке, ни на официальном сайте производителя не указывается.

Согласно инструкции, перед установкой сменного картриджа необходимо опустить его в воду для насыщения. При проведении данной манипуляции были обнаружены нехарактерные размеры пузырьков для фильтра (1). Так, вероятно, фильтр (1) оказался подделкой.

Таблица 1 – Сравнение качества воды, доочищенной фильтрами «Aquaphor» В6

Показатель	Фильтр (1)	Фильтр (2)	ПДК
Водородный показатель, единицы рН	8,3	7,3	6-9
Электропроводность, $\mu\text{S}/\text{cm}$	786	483	<400
Минерализация, г/л	0,394	0,239	1,000

Для определения качества фильтрованной воды использован портативный анализатор Hanna Combo HI 98129 [4], предназначенный для оценки физических параметров, таких как концентрация ионов водорода (рН), удельная электропроводность (ЕС), общая минерализация (TDS) и температура ($^{\circ}\text{C}$) водных сред. Результаты анализа приведены в таблице 1.

Качество питьевой воды оценивалось на соответствие требованиям СанПиН 1.2.3685-21 от 01.03.2021 г. «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [5]. В целом, значения таких показателей как рН и минерализация находятся в пределах допустимой концентрации (ПДК) и для фильтра (1), и для фильтра (2). Электропроводность фильтра (1) значительно превышает норму. Снижение массы фильтрующих элементов в фильтре соответственно приводит к снижению качества воды и быстрому истощению ресурса.

В исследовании качества доочищенной фильтром водопроводной воды участвовали следующие компании-производители фильтров-кувшинов: «Барьер» В6 для жесткой воды (ресурс модуля – 350 л), «Aquaphor» В6 для жесткой воды и В8 для устранения соединений железа (ресурс модуля – 300 л и 350 л, соответственно), ТМ «Auchan» для жесткой воды (изготавливается по технологии и под контролем ООО «Аквафор», ресурс модуля – 170 л).

Данные анализа качества водопроводной воды, доочищенной фильтрами различных производителей, показывают, что фильтр «Барьер» наиболее качественно осуществляет свою функцию. Исследуемые образцы воды не превышают стандартный предел рН и характеризуются как образцы с нейтральной и щелочной реакцией рН. Значения минерализации для всех образцов находятся в пределах ПДК.

Таблица 2 – Сравнение качества водопроводной и доочищенной воды различными фильтрами

Показатель \ Фирма-производитель фильтра	Водопроводная вода	Барьер В6 (срок службы 17 сут.)	ТМ Auchan (Ашан) (срок службы 120 сут.)	ТМ Auchan (Ашан) (новый)	Aquaphor В6 (новый)	Aquaphor В8 (срок службы 7 сут.)
рН	8,45	8,01	8,10	6,74	7,30	6,95
Электропроводность, мкСм/см	718	302	1122	725	483	550
Минерализация, г/л	0,36	0,15	0,55	0,36	0,24	0,28

В РФ значение электропроводности воды не нормируется, а согласно стандартам ВОЗ, значение электропроводности не должно превышать 400 мкСм/см. Из данных в таблице 2 можно сделать вывод, что доочищенная фильтрами вода превышает установленную норму; она значительно ионизирована и имеет более высокий уровень активности концентрации ионов из-за чрезмерного растворения твердых веществ. Исключение составляет вода, прошедшая доочистку фильтром «Барьер»: значение электропроводности находится в норме.

Новый фильтр ТМ «Auchan» не производит доочистку воды должным образом, так как показатели водопроводной воды остаются практически неизменными после осуществления фильтрации воды. При механической доочистке водопроводной воды фильтром ТМ «Auchan» с истекшим сроком эксплуатации, данные анализа не показывают улучшений качества водопроводной воды. Это говорит о том, что срок службы сменного картриджа истек, и данный фильтр уже не очищает, наоборот, – загрязняет воду ранее абсорбированными веществами.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Степанов Н.А., Заводова Е.И. Характеристика влияния качественного состава питьевой воды на здоровье человека // Медицина труда и экология человека. 2015. №3. С.200-205.
2. Алексашкин И.В., Дьяченко Е.А., Филимонова Е.Ю. Изучение эффективности фильтров для очистки водопроводной воды // Питьевая вода. 2006. №1(31). С.24-31.
3. Золотарев А.И. Разработка самотестирующих фильтров-кувшинов для бытовой очистки воды // Научный поиск молодежи XXI века. Горки: БГСХА, 2018. С.76-79.
4. Карманный многопараметровый анализатор HANNA-HI 98130 (Combo). Режим доступа: <https://hannarus.ru/catalog/multiparametrovye-pribory/>.
5. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания от 01.03.2021 г.

УДК 631.6.03

Ю.А. Юнчик¹, Л.Р. Умерова¹, В.В. Терлеев²

¹Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

О КАЧЕСТВЕ ВОДЫ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПОЛИВА НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

Целью работы является определение качественных характеристик воды для выявления её пригодности при осуществлении поливов в растениеводческой деятельности граждан на личных земельных участках.

Для достижения поставленной цели был произведён отбор воды объемом по 1 л из 9 источников, используемых для полива и расположенных на территории Симферопольского, Советского, Черноморского, Белогорского муниципальных районов, городов Симферополя и Бахчисарая Республики Крым (рис. 1). Проведение химического анализа отобранной воды осуществлено сотрудниками лаборатории агрохимических исследований ФГБУН «НИИСХ Крыма». Определено содержание HCO_3^- , Ca^{+2} , Mg^{2+} , Cl^- , Na^+ , NO_3^- , а также ЕС, mmS и рН, а также измерены массовые концентрации Cu, Pb, Zn, Cd, Fe, Co и концентрация взвешенных веществ.

Оценку качества воды для полива регламентируют требования ГОСТа 17.1.2.03-90 [1], содержащего сведения о необходимости применения определённых показателей, но не раскрывающего диапазонов их количественных характеристик. Данный ГОСТ подчёркивает необходимость нормирования показателей в соответствии с техническими, агрономическими и экологическими критериями. Относительно технических критериев: ГОСТ Р 58376-2019 [2] устанавливает мероприятия, необходимые для предотвращения отрицательного воздействия гидромелиорации на окружающую природную среду. Поскольку вода, используемая для полива, является одним из факторов, воздействующих на функциональность оросительно-обводнительных систем, вероятность применения которых на личных земельных участках достаточно велика, необходимо предусматривать влияние воды на работоспособность и санитарное состояние этих систем. Поэтому следует рассмотреть требования к источникам водоснабжения по СП 100.13330.2016 [3], согласно которому содержание железа (Fe) в образце воды № 7, составляющее 0,55 мг/л, делает данную воду условно пригодной для полива с использованием системы капельного орошения. Приведение содержания Fe к нормам, позволяющим классифицировать воду как пригодную для полива, возможно путем безнапорной аэрации (отстаивания) воды или установки фильтра. Остальные показатели всех исследуемых образцов воды находятся в диапазоне, соответствующем пригодной степени качества воды для полива с использованием системы капельного орошения.



Рис. 1. Расположение источников воды, используемых для орошения

Согласно агрономическим критериям [1], оросительная вода не должна оказывать негативного воздействия на качество возделываемой сельскохозяйственной продукции и почву, а именно развитие процессов засоления, осолонцевания, содообразования. Поэтому проведена классификация качества и пригодности воды для орошения по солевому составу: в это связи рассчитаны значения по ирригационному коэффициенту (K_n), коэффициенту ионного обмена (K) и натриевому адсорбционному отношению (SAR) [4].

Результаты. Ирригационный коэффициент отображает содержание в воде растворенных солей и имеет следующие показатели состояния воды в точках отбора: хорошее (№2, 5-9), удовлетворительное (№4), неудовлетворительное (№1), плохое (№3). Воду, которой

присуще хорошее качество, допустимо использовать для целей орошения без применения специальных мер, предупреждающих накопление щелочей. Для воды, имеющей удовлетворительное качество, необходимо применение специальных мер с целью предупреждения накопления щелочей, но в случае полива рыхлых и дренированных почв специальные меры не требуются. Для воды, имеющей неудовлетворительное качество, почти всегда необходим искусственный дренаж. В свою очередь, вода, характеризующаяся плохим качеством, практически не пригодна для орошения.

Определение качества воды с использованием коэффициента ионного обмена, основывающегося на минерализации, показало непригодность источника №3 для целей полива, в то время как остальные источники являются пригодными. Использование натриевого адсорбционного отношения, основывающегося на химическом составе воды и позволяющем определить вероятность осолонцевания почв, показало среднюю опасность осолонцевания почв при использовании источника №3 и низкую опасность осолонцевания почв при использовании остальных рассматриваемых источников (т.е. – пригодность химического состава воды для целей орошения).

Класс качества исследуемой воды определен посредством почвенно-мелиоративной классификации оросительных вод [5, 6], позволяющей оценить степень опасности развития процессов, приведённых в табл. 1.

Таблица 1 – Почвенно-мелиоративная классификация воды

№ точки отбора	Класс воды по опасности развития					Класс качества
	Общего засоления	Хлоридного засоления	Натриевого осолонцевания	Магниевого осолонцевания	Содо-образования	
1	IV	IV	II	I	I	IV
2	III	II	I	I	I	III
3	IV	IV	IV	I	I	IV
4	III	II	I	I	I	III
5	II	II	I	I	I	II
6	II	II	I	I	I	II
7	III	I	I	I	I	III
8	III	II	I	I	I	III
9	I	I	I	I	I	I

Из табл. 1 видно, что большинство образцов воды может оказывать неблагоприятное влияние на плодородие почв (№1-4, 7, 8). Вода IV класса качества (№1, 3) непригодна для полива без предварительного изменения её качественного состава или без проведения специальных исследований её влияния на природные факторы. На почвах, поливаемых водой III класса качества (№2, 4, 7, 8), в случае отсутствия предварительной мелиорации почв неизбежно развитие процессов засоления, натриевого и магниевого осолонцевания и содообразования. Вода, имеющая II класс качества (№5, 6), не оказывает неблагоприятного влияния на качество выращиваемых растений, однако возможно засоление почвы при недостаточной степени дренирования территории. Вода I класса качества (№9) не оказывает неблагоприятного влияния при её использовании в целях полива [7].

Выводы. Полностью непригодной для целей орошения по всем рассмотренным параметрам является вода из точки отбора №3, расположенной в Черноморском районе. Также непригодной при условии отсутствия проведения мероприятий, направленных на улучшение химического состояния почв, является вода из точек отбора №1 и 4 Советского и Симферопольского районов соответственно. Пригодной для полива является вода из источника №9, расположенного в г. Бахчисарай, в то время как вода из иных рассмотренных точек отбора, расположенных в Симферопольском и Белогорском районах, способствует вероятному засолению почв при поливе.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ 17.1.2.03-90. Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200012477>.
2. ГОСТ Р 58376-2019. Мелиоративные системы и гидротехнические сооружения. Эксплуатация. Общие требования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200163279>.
3. СП 100.13330.2016. Мелиоративные системы и сооружения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456050590>.
4. Шуравилин А.В. Практикум по мелиорации сельскохозяйственных земель: учеб. пособие / А.В. Шуравилин, Ю.А. Мажайский. – Рязань: Изд-во РГАТУ, 2011. – 214 с.
5. Захаров Р.Ю., Волкова Н.Е. Экологическая оценка возможности использования очищенных сточных вод КОС пгт. «Советский» для целей орошения // Системы контроля окружающей среды. 2019. №2(36). С.126-134.
6. Мелиорация и водное хозяйство: в 6 т. Орошение: справочник / под ред. Б.Б. Шумакова. М.: Агропромиздат, 1990. Т.6. 415с.
7. Иванютин Н.М., Подвалова С.В. Оценка минерального состава и токсичности очищенных сточных вод Крыма как альтернативного источника воды для орошения // Таврический вестник аграрной науки. 2018. №1(13). С.53-64.

УДК 632.42:631.43

К.Г. Моисеев¹, В.А. Лазарев²

¹Агрофизический научно-исследовательский институт

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВЫ НА ОСНОВЕ ФРАКТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ PSF

Введение. Для расчета динамики влаги в ненасыщенной влагой почве (грунте) необходимо располагать функцией, которая описывает водоудерживающую способность почвы. Эта функция, которую обозначим WRC), представляет собой зависимость объемной влажности почвы θ (см³·см⁻³) от матричного потенциала (давления) влаги h (см вод. ст.). При экспериментальных исследованиях S-образная ветвь изотермы десорбции не совпадает с ветвью изотермы сорбции WRC. Данное явление называется гистерезисом. С учетом гистерезиса моделирование WRC является трудноразрешимой задачей. Обычно для аппроксимации экспериментальных данных WRC применяют модели Брукса-Кори, Косуги, Ван Генухтена, Терлеева и соавторов [1-3]. Проблема аппроксимации и моделирования является основополагающей идеей ряда поколений гидрофизиков почвы [4]. Однако возможность теоретического расчета WRC появилась сравнительно недавно с развитием фрактальной геометрии порового пространства почвы.

Развитием фрактальных представлений о почвенной структуре стала теория фрактальной фракции: pore-solid-fractal – structure (PSF) и построенная на ее основе, широко известная модель – pore solid fractal model (PSF-M, или PSF). Эта фрактальная модель является полезным инструментом, который устраняет разрыв между эмпирическими и теоретическими моделями и обеспечивает физическую (топологическую) основу параметров WRC [5]. В частности, модель PSF может непосредственно предсказать вид WRC-кривой без дополнительной «настройки», когда известны фрактальная размерность структуры почвы и любая экспериментальная точка на этой кривой. Наибольшее препятствие к предсказанию WRC по модели PSF вызывает величина фрактальной размерности (D). Ранее были разработаны несколько методов оценки D с использованием распределения по размерам агрегатов почвенной структуры, элементарных почвенных частиц почвы или пор почвы (в зависимости от концепции модели PSF) [6].

Алгоритм расчета WRC на основе применения модели PSF.

1. Рассчитывается фрактальная размерность дисперсной системы (почвы). Фрактальную размерность можно вычислить на основе соотношения [5, 7]:

$$\theta_s = 1 - \left(\frac{\gamma}{\rho}\right)^{(E-D)}, -$$

где θ_s – пористость (порозность) почвы в долях объема ($\text{см}^3 \cdot \text{см}^{-3}$); γ/ρ – отношение плотности сложения высушенной почвы к плотности частиц твердой фазы почвы; D – мультифрактальная размерность порового пространства почвы; E – Эвклидова размерность (т.е. $E = 3$).

Поскольку с помощью данного соотношения вычисляется величина мультифрактальной размерности почв, то в уравнении надо учесть поправку на фрагментацию почв, т.е. ввести поправочный коэффициент к вычисленной величине D , учитывающий процентное содержание агрегатов второго и третьего порядка (агрономически ценных агрегатов размером 0,25-10 мм). Если принять допущение, что в качестве модели почвенной структуры используется обобщенная губка Менгера, то фрактальная размерность (D) такой почвенной структуры равна 2,72 [5-7].

2. Измеряется методом пресса произвольная точка ветви иссушения (десорбции) WRC-кривой: например – условная начальная точка, соответствующая наименьшей влагоемкости почвы (НВ), влажности завядания (ВЗ) или объему воды в почве при давлении влаги 50 (см вод. ст.)

3. Фиксируются значения потенциала (давления) влаги, равные задаваемым значениям потенциала в прессе Ричардса при экспериментальном определении кривой десорбции WRC и рассчитывается соответствующая им величина объемной влажности почвы с использованием вычислительной процедуры PSF (в логарифмической форме):

$$\log \theta = \log \theta_0 (D - E) \log(h/h_0),$$

где нижний индекс «0» обозначает, что величина соответствует выбранной (определенной) точке, которая принадлежит измеренной WRC-кривой.

Таким способом рассчитываются величины влажности для всей ветви десорбции WRC, которые используются при моделировании агроэкосистем [8-10].

Таблица 1 – Сравнение значений объемной влажности почвы, рассчитанных по модели PSF, с опытными данными для WRC-кривой (ветвь десорбции)

Название почвы	Агродерново-подзолистая почва, горизонт P (0-24 см), разрез 31					Агродерново-подзолистая почва, горизонт P (0-32 см), разрез 32					Агродерново-подзолистая, глееватая почва, горизонт P (0-36 см), разрез 33				
	2,18	2,52	3,08	3,62	4,18	2,18	2,52	3,08	3,62	4,18	2,18	2,52	3,08	3,62	4,18
Логарифм давления влаги	2,18	2,52	3,08	3,62	4,18	2,18	2,52	3,08	3,62	4,18	2,18	2,52	3,08	3,62	4,18
Объемная влажность (расчет по модели PSF, %)	34,1	28,2	20,7	15,3	11,3	38,2	30,8	21,8	15,5	11,0	39,8	32,6	23,6	17,3	12,6
Объемная влажность (измеренная, %)	33,9	30,8	25,3	23,3	13,6	31,0	26,2	19,9	12,7	12,6	37,2	31,9	28,3	17,0	15,8
Критерий Манна-Уитни	10					11					10				
	4					4					4				

Результаты. В качестве объектов исследования для реализации расчета WRC по модели PSF взяты разновидности почв земледелия Меньково (Гатчинский район Ленинградской области). Отобраны образцы агродерново-подзолистой почвы (точки опробования – разрезы 31, 32); глееватой почвы (разрез 33). Общая глубина взятия образцов по горизонтам составила 0-30 см. Все почвенные образцы имеют супесчаный гранулометрический состав. Экспериментальные WRC-кривые для исследованных образцов почвы получены каноническим методом на прессе Ричардса.

Расчитанные по модели PSF значения объемной влажности почвы для ветви десорбции WRC-кривой и экспериментально измеренные значения влажности при равных величинах давления почвенной влаги представлены в табл. 1. Из сравнения данных в табл. 1 следует, что реальные влажности почв при водонасыщении почв ниже расчетных по модели PSF. Это объясняется тем, что в нативной почве ненарушенного сложения всегда присутствует заземленный в порах воздух. Наличие заземленного воздуха в порах не отражается в модели PSF. Для ненасыщенной влагой почвы такая ситуация не критична. В табл. 1 также даны вычисляемые значения и критическая величина статистического непараметрического критерия U (Манна-Уитни) при сравнении двух независимых выборок при заданной численности рядов данных. Среднее значение статистического критерия $U = 10$. Критическое значение U -критерия при данной численности выборки меньше вычисленного; различия выборок статистически не значимы ($p = 0,95$). При убывающих влажностях почвы от полевой влагоемкости (или иногда наименьшей полевой влагоемкости) фрактальная модель PSF позволяет рассчитать функцию влагопроводности с высокой степенью сходимости.

Выводы. Апробирован алгоритм расчета ветви десорбции WRC с использованием модифицированной фрактальной PSF-модели. Вычисление WRC по фрактальной модели показывает высокую сходимость результатов вычисления с данными экспериментального определения функции водоудерживающей способности почвы для почвенных разностей супесчаного гранулометрического состава.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-04-00939-а.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Терлеев В.В. Моделирование обмена, переноса и поглощения фосфора и калия в корнеобитаемом слое почвы. Автореф. дисс. д.с.-х.н. Санкт-Петербург, 2001. 40с.
2. Полуэктов Р.А., Опарина И.В., Терлеев В.В. Три способа расчета динамики почвенной влаги // Метеорология и гидрология. 2003. №11. С.90-98.
3. Терлеев В.В., Полуэктов Р.А., Бакаленко Б.И. Структура информационного обеспечения модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур // Агрофизика. 2012. №2. С.29-36.
4. Полуэктов Р.А., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности и дифференциальной влагоемкости почвы // Метеорология и гидрология. 2002. №11. С.93-100.
5. Ghanbarian-Alavijeh, B., Liaghat, A., Huang, G. H. & Van Genuchten, M.T. Estimation of the van Genuchten soil water retention properties from soil textural data // Pedosphere. 2010. V.20. P.456-465.
6. Моисеев К.Г., Терлеев В.В., Холохоренко М.В. Применение модели фрактальной фракции (psf) для физического моделирования водоудерживающей способности почвы // Таврический вестник аграрной науки. 2018. №2(14). С.76-88.
7. Perrier, E. & Bird, N. Modelling soil fragmentation: the pore solid fractal approach // Soil and Tillage Research. 2002. V.64. P.91-99.
8. Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Моделирование гидрофизических характеристик почв // В сборнике: Автоматизация научных исследований и проектирования АСУ ТП в мелиорации. 1988. С.82.
9. Семенова Н.Н., Новожилов К.В., Петрова Т.М., Терлеев В.В. Детерминированные модели поведения пестицидов в почве. Методология построения, структура, принципы использования. СПб.: ВИЗР, 1999. 93 с.
10. Полуэктов Р.А., Терлеев В.В. Компьютерная модель динамики содержания азота в корнеобитаемом слое почвы // Агрохимия. 2010. №10. С.68-74.

НЕКОТОРЫЕ ФРАКТАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ФУНКЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ ПОЧВЫ

Введение. Впитывание влаги в почву и перераспределение воды в насыщенном и ненасыщенном водой поровом пространстве почвы, вызываемое градиентом напора или матричного потенциала жидкой фазы почвы, называют гидравлической проводимостью, или влагопроводностью, почвы [1, 2]. ГОСТ Р 56504-2015 дает определение влагопроводности почвы как изотермического процесса влагопереноса в пористой почвенной среде.

Актуальность. Влагопроводность является одним из важнейших гидрофизических понятий не только в почвоведении и экологии, но и в грунтоведении, строительстве и материаловедении. В материаловедении большое значение имеет перенос жидкой влаги в ограждающих стенках различных сооружений; влагопроводность определяет теплоизоляционные свойства материала. В почвоведении свойство влагопроводности напрямую определяет доступность питательных веществ растениям и формирование урожая [3, 4]. Строительство ирригационных, гидромелиоративных систем невозможно представить без определения коэффициентов влагопроводности для насыщенного водного потока и в переноса воды в почве в ненасыщенном состоянии, в зоне аэрации [5]. Обеспеченность растений влагой определяет скорость капиллярного подъема воды от уровня грунтовых вод. Прямые измерения влагопроводности почвы относятся к трудоемким процедурам. Поэтому методы косвенной оценки этого гидрофизического свойства почвы весьма актуальны и востребованы. Одним из перспективных подходов к подобным разработкам является математическое моделирование [6-8]. Среди таких моделей особое место занимают фрактальные модели.

Цель исследования – исследование возможностей фрактальной модели для описания функции гидравлической проводимости почвы.

Указанная цель достигается решением задачи оценки значений функции влагопроводности в сравнении с опытными данными для почв разного гранулометрического состава.

В общем случае поток воды в почве J_w описывается известной формулой [2]:

$$j_w = -K_{\text{вл}} \frac{d\psi}{dl}, \quad (1)$$

где $K_{\text{вл}}$ – коэффициент влагопроводности [$\text{см} \cdot \text{сут}^{-1}$]; $\frac{d\psi}{dl}$ – градиент потенциала почвенной влаги ψ [$\text{см H}_2\text{O}$].

При вертикальном потоке, длина пути переноса dl становится приращением координаты dz по оси, направленной вертикально вниз (нулевая точка отсчета координат совпадает с дневной поверхностью почвы). Функция влагопроводности почвы формулирует зависимость коэффициента влагопроводности от объемной влажности почвы θ [$\text{см}^3 \cdot \text{см}^{-3}$]. При полном водонасыщении почвы (при насыщенном влагопереносе) коэффициент влагопроводности становится коэффициентом фильтрации $K_{\text{ф}}$ [$\text{см} \cdot \text{сут}^{-1}$]. В обобщенной форме существующие многочисленные модели влагопроводности почвы могут быть записаны в виде:

$$K_{\text{вл}}(\theta) = K_{\text{ф}} A, \quad (2)$$

где A – фактор, который учитывает сложную геометрию порового пространства (и/или дифференциальной пористости почвы).

Существует ряд подходов к определению фактора A по данным о зависимости $\theta(\psi)$. В [9, 10] сформулирована зависимость $\theta(\psi)$, описывающая водоудерживающую способность почвы с учетом гистерезиса. Поскольку зависимость $K_{вл}(\theta)$ не является гистерезисной, постольку при постановке задачи нахождения фактора A по теории фракталов воспользуемся достаточно простой степенной функцией $\theta(\psi)$:

$$\theta = \left(\frac{\psi_e}{\psi}\right)^\beta, \quad (3)$$

где ψ_e [см H₂O] – потенциал (капиллярное давление) «входа воздуха» («давление барботирования»), β – эмпирически определяемый параметр.

В этом случае функция влагопроводности будет иметь следующий вид:

$$K_{вл} = K_\phi S_e^{3+\frac{2}{\beta}}, \quad (4)$$

где $S_e = (\theta - \theta_r)/(\theta_s - \theta_r)$ – показатель эффективного влагонасыщения, θ_s [см³·см⁻³] – объемная влажность насыщения, θ_r [см³·см⁻³] – остаточная объемная влажность почвы.

Переходя к фрактальному моделированию и полагая $\beta = 3 - D$ (здесь D – фрактальная размерность порового пространства почвы), после подстановки получим:

$$K_{вл} = K_\phi S_e^{\frac{11-3D}{3-D}}. \quad (5)$$

Результаты. В качестве примера сравним рассчитанные по фрактальной модели (5) значения коэффициентов влагопроводности с измеренными значениями $K_{вл}$ некоторых генетических горизонтов Агродерново-подзолистой супесчаной и Агродерново-подзолистой глеевой среднесуглинистой почвы двух землепользований Ленинградской области.

Таблица 1 – Расчетные и экспериментальные значения коэффициента влагопроводности почв

Землепользование	Генетические горизонты	$K_{вл} \times 10^2$, см/сут., эксперимент	$K_{вл} \times 10^2$, см/сут., расчет
<i>Меньково:</i> Агродерново-подзолистая супесчаная	P (0-19 см)	44,1	14,9
	BFg (19-40 см)	10,3	11,2
	1C (40-70 см)	7,1	4,0
	P (0-23 см)	12,0	6,7
<i>Бугры:</i> Агродерново-подзолистая глеевая среднесуглинистая	G (105-140 см)	9,5	5,4

Выводы. Рассчитанные и измеренные значения коэффициента влагопроводности почв различаются почти в два раза (за исключением горизонта BFg 19-40см). Тем не менее, статистический анализ, проведенный при помощи критерия Манна-Уитни (U), показал отсутствие значимых различий между двумя выборками значений коэффициента влагопроводности исследуемых почв. Вычисленное значение критерия равно 7, а критическое значение (с доверительной вероятностью 0.95) равно 4. Различия не являются значимыми, если вычисленное значение больше критического значения U. Расхождение между расчетными и вычисляемыми по фрактальной модели величинами коэффициентов влагопроводности может быть обусловлено недостаточно надежными вычислениями величины фрактальной размерности порового пространства почвы D . Таким образом, точность оценки значений функции гидравлической проводимости определяется, прежде всего, точностью определения величины D . Применение фрактальных моделей для расчета гидрофизических функций почвы, несомненно, имеет большие перспективы в различных сферах теоретической и прикладной гидрофизики.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-04-00939-а.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Банкин М.П., Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Автоматизированная система определения влагопроводности почв // НТБ по агрономической физике. 1988. Т. 72. С. 33-36.
2. Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почв как капиллярно-пористых тел. Учебно-методическое пособие. СПб.: СПбГУ, АФИ, 2000. 71 с.
3. Заславский Б.Г., Опарина И.В., Терлеев В.В. Диалоговая система формирования банка гидрофизических характеристик почв // Доклады ВАСХНИЛ. 1988. № 11. С.40-42.
4. Терлеев В.В. Информационная поддержка модели влагопереноса в почве. Депонированная рукопись № RU94001479 15.12.1988.
5. Арефьев Н.В., Баденко В.Л., Волкова Ю.В., Терлеев В.В. Планирование инвестиций в строительство и реконструкцию мелиоративных систем // Природообустройство. 2013. № 3. С. 32-37.
6. Крылова И.Ю., Терлеев В.В. Моделирование гидрологических характеристик почвы // В сборнике: XXXVII Неделя науки СПбГПУ. 2008. С.277-279.
7. Малик А.А., Банкин М.П., Терлеев В.В. Расчет водоудерживающей способности почвы с использованием агрогидрологических констант. Депонированная рукопись № RU94001487 19.01.1994.
8. Бернштейн Г.А., Заславский Б.Г., Сариев А.Л., Терлеев В.В. Информационное обеспечение расчета динамики почвенной влаги // В сборнике: Почвенные условия и эффективность применения удобрений в Западной Сибири. Омск: ОмСХИ, 1988. С.101-107.
9. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Миршель В., Гурин П.Д. Моделирование главных ветвей иссушения и увлажнения петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы // Агрофизика. 2013. №1. С.22-29.
10. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Гурин П.Д. Программа «Hysteresis» для расчета сорбционных и десорбционных ветвей петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы // В сборнике: Материалы научной сессии АФИ. 2013. С.161-166.

УДК 631.43

Р.С. Гиневский¹, В.А. Лазарев¹, К.Г. Моисеев²

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

²Агрофизический научно-исследовательский институт

СРАВНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВОГРУНТА

Введение. Человечество в настоящее время оказалось перед новым вызовом природы – существенным усилением действия метеорологических факторов при уменьшении вероятности их прогнозных оценок. Поиск ответа на этот вызов представляет собой актуальную проблему, которая обостряется при необходимости эколого-экономического обоснования проектов гидротехнических сооружений и агротехнологий. Одним из перспективных методов решения проблемы является математическое моделирование.

Целью данного исследования является обоснование преимуществ предлагаемой системы функций для моделирования гидрофизических свойств почвогрунта.

Указанная цель достигается решением следующих задач: 1) формулирование системы математических функций, описывающих гидрофизические свойства почвогрунта; 2) разработка пакета компьютерных программ для моделирования гидрофизических свойств почвогрунта; 3) сравнение предлагаемой модели с мировыми аналогами.

Метод исследования. Современное состояние исследований в области функционального представления гидрофизических свойств почвогрунта характеризуется наличием нескольких десятков моделей водоудерживающей способности и гидравлической проводимости почвогрунта [1-4]. Большинство этих моделей аппроксимируют опытные данные с достаточно низкой погрешностью [5]. В данной области гидрофизики позицию абсолютного лидера, начиная с 1980 г., занимают две функции, предложенные Ван Генухтеном [6]. Одна функция описывает водоудерживающую способность почвогрунта в

форме зависимости объемной влажности почвогрунта θ [см³·см⁻³] от капиллярного давления влаги ψ [см H₂O], другая функция описывает отношение гидравлической проводимости k [см·сут⁻¹] почвогрунта к коэффициенту фильтрации влаги k_s [см·сут⁻¹] (относительную гидравлическую проводимость) в форме зависимости от величин ψ или θ . Важным достоинством функций Ван Генухтена является то, что эти функции имеют единый набор параметров. Метод расчета $k(\theta)/k_s$ по формуле Муалема с использованием функции Ван Генухтена называется методом Муалема-Ван Генухтена. Косуги [7] предложил систему функций, аналогичную функциям в методе Муалема-Ван Генухтена. В настоящее время исследования в области моделирования гидрофизических свойств почвогрунта активно развиваются. К числу наиболее перспективных моделей водоудерживающей способности относится соотношение [8, 9]:

$$S_e = \begin{cases} (1 + (-\alpha(\psi - \psi_e))^n)^{-1}, & \psi < \psi_e; \\ 1, & \psi \geq \psi_e. \end{cases} \quad (1)$$

где $S_e = (\theta - \theta_r)/(\theta_s - \theta_r)$ – показатель эффективного влагонасыщения почвогрунта, θ_s [см³·см⁻³] – объемная влажность насыщения, θ_r [см³·см⁻³] – остаточная объемная влажность; $\alpha = -1/(\psi_0 - \psi_e)$ [см H₂O⁻¹]; ψ_e [см H₂O] – капиллярное давление «входа воздуха»; ψ_0 [см H₂O] – капиллярное давление, при котором плотность распределения вероятностей по значениям случайной величины $-\ln((\psi - \psi_e)/(\psi_0 - \psi_e))$ с нулевым генеральным средним и стандартным отклонением σ достигает максимума ($\psi_0 < \psi_e$); $n = 4/(\sigma\sqrt{2\pi})$.

Для описания $k(\theta)/k_s$ предлагается соотношение [8, 9]:

$$\frac{k}{k_s} = \begin{cases} \sqrt{S_e} \left(1 - (1 - S_e^{-1}) \exp\left(\frac{8}{n\pi}\right) \right)^{-2}, & \theta_r \leq \theta < \theta_s; \\ 1, & \theta = \theta_s. \end{cases} \quad (2)$$

Гидрофизические функции используются попарно, поэтому их можно объединить в три системы функций: система №1 (функции в методе Муалема-Ван Генухтена); система №2 (функции в методе Муалема-Косуги); система №3 (функции (1) и (2)). По причине того, что прямые измерения гидрофизических свойств почвогрунта являются трудоемкими, для идентификации параметров систем №1, №2 и №3 обычно используются данные наименее трудоемкого измерения $\theta(\psi)$. Затем осуществляется прогнозное оценивание значений функции $k(\theta)/k_s$.

Результаты исследования. На основе данных трех систем гидрофизических функций разработан пакет компьютерных программ для SOILHYDROPHYSICS-V.1.0, который был применен в данном исследовании для моделирования гидрофизических свойств почвогрунта. Для каждой из трех сравниваемых систем гидрофизических функций в табл. 1 приведены значения параметров, которые были получены в ходе вычислительного эксперимента по литературным данным [10].

Таблица 1 – Параметры трех систем гидрофизических функций

Название почвы [10]	Номер системы	Параметры функций				
		θ_s , см ³ ·см ⁻³	θ_r , см ³ ·см ⁻³	ψ_e , см H ₂ O	α , см H ₂ O ⁻¹	n
«3403 Pachapa loam»	1	0,456	0,034	-	0,0063	1,889
	2	0,456	0,043	0	0,0033	1,445
	3	0,456	0,042	0	0,0033	1,494

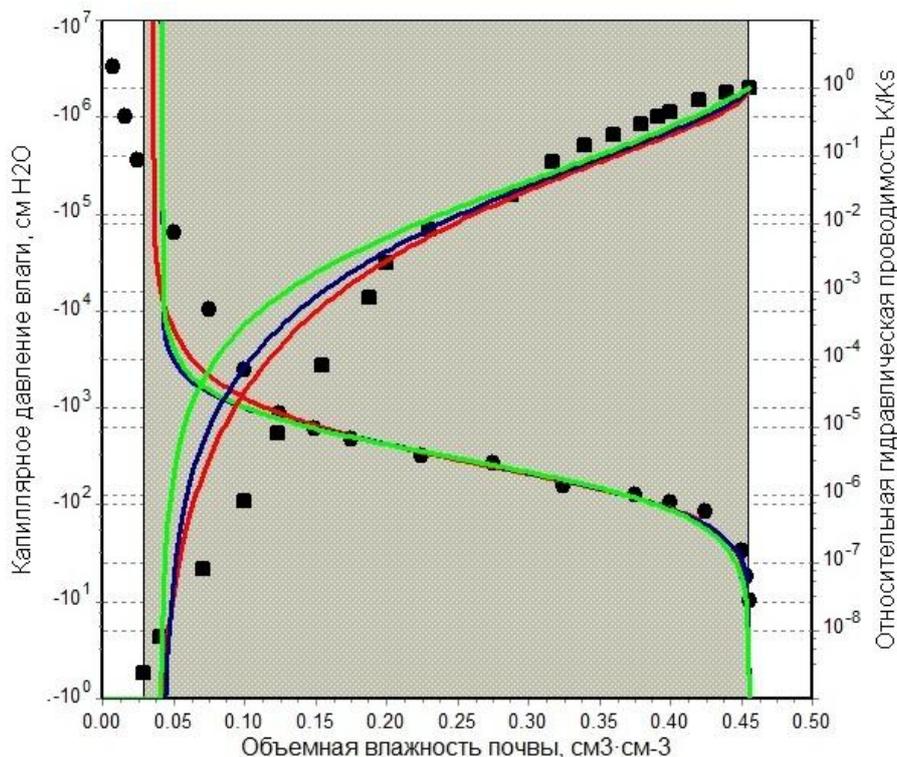


Рис. 1. Точечная аппроксимация водоудерживающей способности и прогнозирование относительной гидравлической проводимости почвы «3403 Rachara loam»

На рис. 1 в левой части представлены опытные данные $\theta(\psi)$ (круглые черные точки); в правой части рисунков изображены опытные данные $k(\theta)/k_s$ (квадратные черные точки). Сплошными кривыми на рис. 1 приведены результаты идентификации параметров путем точечной аппроксимации $\theta(\psi)$, а также результаты оценивания (прогнозирования) $k(\theta)/k_s$. Для систем функций использованы цвета: №1 – красный, №2 – синий, №3 – зеленый.

Выводы.

1. Погрешности оценивания $k(\theta)/k_s$ почвы «3403 Rachara loam» для систем №2 и №3 достоверно меньше (по критерию Вильямса-Клута) по сравнению с системой №1.
2. Функциональное описание гидрофизических свойств почвогрунта, представленное системами №2 и №3, имеет преимущества над функциями системы №1.
3. С использованием системы №3 следует ожидать повышения точности инженерных расчетов в задачах гидротехнического строительства и ирригационного земледелия.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-04-00939-а.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Моделирование гидрофизических характеристик почв // В сборнике: Автоматизация научных исследований и проектирования АСУ ТП в мелиорации. 1988. С.82.
2. Полуэктов Р.А., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности и дифференциальной влагоемкости почвы // Метеорология и гидрология. 2002. №11. С.93-100.
3. Полуэктов Р.А., Опарина И.В., Терлеев В.В. Три способа расчета динамики почвенной влаги // Метеорология и гидрология. 2003. №11. С.90-98.
4. Терлеев В.В., Полуэктов Р.А., Бакаленко Б.И. Структура информационного обеспечения модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур // Агрофизика. 2012. №2. С.29-36.

5. Баденко В.Л., Терлеев В.В., Латышев Н.К., и др. Агрофизические исследования почвы для технологий точного земледелия: постановка задачи и метод. // Плодородие. 2011. № 1(58). С.29-31.
6. Van Genuchten M.Th. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils // Soil Sci. Soc. Am. J. 1980. V.44. P.892-989.
7. Kosugi K. Three-parameter lognormal distribution model for soil water retention // Water Resour. Res. 1994. V.30. P.891-901.
8. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Использование логнормального распределения эффективных радиусов почвенных капилляров для моделирования водоудерживающей способности почвы // В сборнике: XL Неделя науки СПбГПУ. 2011. С.319-321.
9. Medvedev S., Topaj A., Badenko V., Terleev V. Medium-term analysis of agroecosystem sustainability under different land use practices by means of dynamic crop simulation // IFIP Advances in Information and Communication Technology. 2015. V.448. P.252-261.
10. Mualem Y. A catalogue of the hydraulic properties of unsaturated soils. Research Project 442. Technion, Israel Institute of Technology, Haifa, Israel, 1976. 100p.

УДК 631.43

В.А. Лазарев¹, Р.С. Гиневский¹, Е.А. Дунаева², К.Г. Моисеев³
¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
²Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма
³Агрофизический научно-исследовательский институт

ОПИСАНИЕ ВОДОУДЕРЖИВАНИЯ И ВЛАГОПРОВОДНОСТИ ГРУНТА (ПОЧВЫ) С УЧЕТОМ ГИСТЕРЕЗИСА ПРИ РАВНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ ОБЩЕГО ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО ПАРАМЕТРА ДВУХ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Введение. К числу важнейших показателей гидрологических условий территории, определенной для строительства гидромелиоративных систем, относятся гидрофизические свойства грунта (почвы). Основным из таких свойств является водоудерживание. Для этого свойства характерен феномен гистерезиса. Он обусловлен рядом причин, например: 1) непостоянством площади поперечного сечения пор грунта (почвы) по их продольной оси («эффект четок»); 2) наличием тупиковых пор грунта (почвы), в которых скапливается заземленный воздух. Показатель, описывающий водоудерживание, принято формулировать в виде зависимости объемной влажности грунта (почвы) θ [см³·см⁻³] от капиллярного давления влаги ψ [см Н₂O]. Вторым гидрофизическим свойством является влагопроводность (гидравлическая проводимость) грунта (почвы) k [см·сут⁻¹]. Это свойство принято описывать в виде зависимости k от величин ψ или θ . Натурное измерение этих показателей является достаточно трудоемким, поэтому методы их оценки в настоящее время весьма востребованы. В литературе представлен ряд математических моделей гистерезиса $\theta(\psi)$. К недостаткам этих моделей относится присутствие нежелательного методического «эффекта помпы», который заключается в том, что при осцилляции величины ψ в фиксированном диапазоне величина θ может принимать физически абсурдные значения.

Значительный интерес представляют собой разработки, которые позволяют оценивать отношение k к коэффициенту фильтрации влаги k_s [см·сут⁻¹] (относительную влагопроводность) по данным $\theta(\psi)$. Наиболее известными разработками такого типа являются методы Муалема-Ван Генухтена [1] и Муалема-Косуги [2]. В литературе обсуждается вопрос, характерен ли феномен гистерезиса для влагопроводности грунта (почвы). Существует мнение, что гидрофизическое свойство, описываемое функцией $k(\theta)/k_s$, не является гистерезисным. Но если это свойство формулируется в виде функции $k(\psi)/k_s$, то

методический (искусственный) гистерезис проявляется по причине того, что свойство водоудерживания, описываемое функцией $\theta(\psi)$, является гистерезисным.

Целью данного исследования является обоснование использования равных значений экспоненциального параметра, общего для гидрофизических функций $\theta(\psi)$ и $k(\theta)/k_s$.

Указанная цель достигается решением следующих задач: 1) разработка пакетов компьютерных программ для моделирования $\theta(\psi)$ и $k(\theta)/k_s$ с учетом гистерезиса; 2) прогнозное оценивание $k(\theta)/k_s$ с использованием равных значений экспоненциального параметра предлагаемой математической модели (и ее сравнение с мировыми аналогами).

Метод исследования. Большинство моделей гистерезиса $\theta(\psi)$ являются модификациями двух разработок: модели Скотта [3], а также модели Кула и Паркера [4]. К физически обоснованным моделям гистерезиса $\theta(\psi)$ относится модель, представленная в статье [5]. В оригинальной модели Скотта и в модели Кула и Паркера применяются соответственно функции $\theta(\psi)$, предложенные Хаверкампом и соавторами [6] и Ван Генухтенем [1]. В рассматриваемой здесь модели используется усовершенствованная функция Хаверкампа и соавторов: усовершенствование достигнуто применением дополнительного аддитивного параметра (учитывающего отмеченную выше вторую причину гистерезиса). Для оценивания $k(\theta)/k_s$ с использованием параметров, идентифицированных по данным измерения $\theta(\psi)$, применяются три системы функций: система №1 (функции метода Муалема-Ван Генухтена); система №2 (функции метода Муалема-Косути); система №3 (оригинальные гидрофизические функции [5, 7]).

Результаты исследования. Отмеченные три модели гистерезиса $\theta(\psi)$ реализованы в виде пакета компьютерных программ SOILHYSTERESIS-V.1.0 [8]. Сопряженные по параметрам соотношения $\theta(\psi)$ и $k(\theta)/k_s$, сгруппированные в три системы функций, реализованы в виде пакета компьютерных программ SOILHYDROPHYSICS-V.1.0 [9].

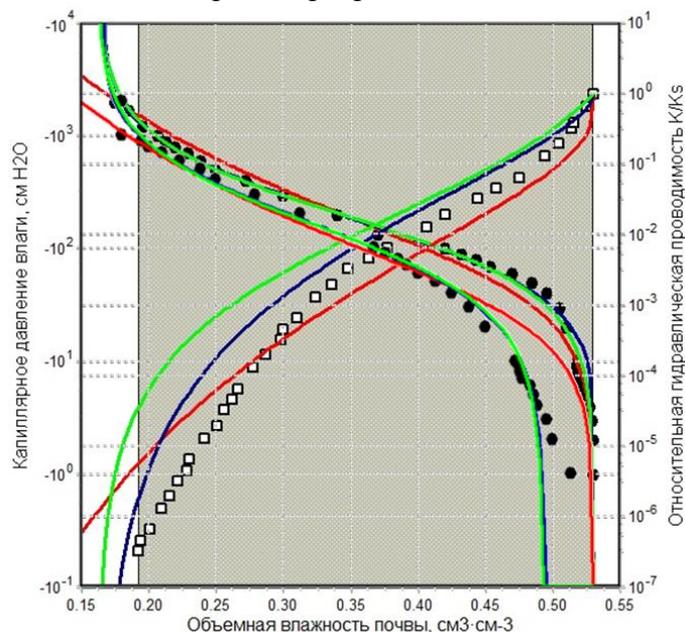


Рис. 1. Сравнение результатов моделирования с опытными данными при $n_d = n_w$

В исследовании использованы литературные данные из каталога Муалема [10] для почвы «3305 Ida silt loam (>15 см)». Методом точечной аппроксимации данных измерения гистерезиса $\theta(\psi)$ осуществлена идентификация параметров, являющихся общими для соответствующей системы функций $\theta(\psi)$ и $k(\theta)/k_s$. Идентификация проводилась при условии равенства значений экспоненциального параметра $n_d = n_w$. Наличие этого условия не позволяет учитывать отмеченную выше первую причину гистерезиса, но устраняет

нежелательный «эффект помпы». Выполнено оценивание значений $k(\theta)/k_s$. На рис. 1 сплошными кривыми изображены результаты точечной аппроксимации данных о гистерезисе $\theta(\psi)$, а также результаты оценки $k(\theta)/k_s$ с использованием параметров, идентифицированных по данным $\theta(\psi)$. На рис. 1 использованы кривые: красные для системы №1; синие для системы №2, зеленые для системы №3. Черными круглыми точками изображены опытные данные о главных ветвях гистерезиса $\theta(\psi)$, а белыми квадратами – данные $k(\theta)/k_s$. Затенением показан интервал, содержащий данные $\theta(\psi)$, и $k(\theta)/k_s$.

Выводы

1. Сравнение моделей гистерезиса $\theta(\psi)$ позволяет заключить о преимуществе предлагаемой здесь модели в отношении погрешностей прогнозных оценок, а также в отношении устранения нежелательного «эффекта помпы».

2. Разработаны два пакета компьютерных программ для моделирования $\theta(\psi)$ и $k(\theta)/k_s$ с учетом гистерезиса $\theta(\psi)$ и сравнения погрешности моделей.

3. Оценены значения $k(\theta)/k_s$ с использованием равных значений экспоненциального параметра предлагаемой здесь модели. Условие равенства значений этого параметра не приводит к достоверному возрастанию погрешностей прогнозирования значений $k(\theta)/k_s$. Гистерезис $\theta(\psi)$ в большей степени обусловлен влиянием второй отмеченной выше причины, которую учитывает аддитивный параметр.

4. Отсутствие гистерезиса в отношении свойства, формулируемого в виде $k(\theta)/k_s$, подтверждается опытными данными и позволяет обоснованно применять условие равенства значений экспоненциального параметра для ветвей иссушения и увлажнения гистерезиса водоудерживания, устраняющее нежелательный «эффект помпы».

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-04-00939-а.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Van Genuchten M.Th. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils // Soil Sci. Soc. Am. J. 1980. V.44. P.892-989.
2. Kosugi K. Lognormal distribution model for unsaturated soil hydraulic properties. // Water Resour. Res. – 1996. V.32. P.2697-2703.
3. Scott P.S., Farquhar G.J., Kouwen N. Hysteretic effects on net infiltration // Proceeding of National Conference on Advances in Infiltration, Publication 11-83, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, 1983. P.163-170.
4. Kool J.B., Parker J.C. Development and Evaluation of Closed-Form Expressions for Hysteretic Soil Hydraulic Properties // Water Resources Research. 1987. V.23(1). P.105-114.
5. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с учетом гистерезиса // В сборнике: Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата. Материалы Международной конференции, посвященной 80-летию Агрофизического НИИ. 2012. С.497-501.
6. Haverkamp R., Vauclin M., Touma J., et al. A comparison of numerical simulation model for one-dimensional infiltration // Soil Sci. Soc. Am. J. 1977. V.41. P.285-294.
7. Терлеев В.В., Миршель В., Баденко В.Л., Гусева И.Ю. Усовершенствованный метод Муалема-Ван Генухтена и его верификация на примере глинистой почвы Бейт Нетофа // Почвоведение. 2017. №4. С.457-467.
8. Гиневский Р.С., Терлеев В.В., Топаж А.Г., Лазарев В.А. SOILHYSTERESIS-V.1.0. – Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019666861, 16.12.2019. Заявка № 2019662560 от 12.10.2019.
9. Гиневский Р.С., Терлеев В.В., Топаж А.Г., Лазарев В.А. SOILHYDROPHYSICS-V.1.0. – Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019667106, 19.12.2019. Заявка № 2019662561 от 12.10.2019.
10. Mualem Y. A catalogue of the hydraulic properties of unsaturated soils. Research Project 442. Technion, Israel Institute of Technology, Haifa, Israel, 1976. 100p.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИСТЕРЕЗИСА ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВЫ
ДЛЯ РАСЧЕТА НОРМЫ ОРОШЕНИЯ В ТОЧНОМ МЕЛИОРАТИВНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Введение. С изменением климата обостряется проблема водообеспечения орошаемого земледелия. В этой связи возрастает потребность в разработке научно обоснованного подхода к определению норм орошения, которые минимизируют непроизводительный расход воды. Интеллектуальным ядром такого подхода является математическая модель, описывающая гидрофизические свойства почвы [1, 2]. Показатель, который количественно характеризует это свойство почвы, формулируется в виде зависимости объемной влажности почвы θ [см³·см⁻³] от капиллярного давления влаги ψ [см H₂O]. Для водоудерживающей способности почвы характерен феномен гистерезиса. Он проявляется себя, например, в том, что одному значению ψ соответствует множество значений θ . Среди этого множества максимальное значение соответствует т.н. главной ветви иссушения $\theta(\psi)$, а минимальное значение – главной ветви увлажнения $\theta(\psi)$. Промежуточные значения соответствуют т.н. сканирующим ветвям $\theta(\psi)$, заполняющим область между главными ветвями гистерезиса.

Целью данного исследования разработка метода расчета прецизионной нормы орошения и оценка его перспективы в отношении возможности минимизации непроизводительного расхода поливной воды.

Указанная цель достигается решением следующих задач: 1) формулирование системы функций, описывающих главные и сканирующие ветви гистерезиса $\theta(\psi)$; 2) разработка пакета компьютерных программ для моделирования гистерезиса $\theta(\psi)$; 3) расчет и сравнение прецизионной и «традиционной» норм орошения.

Метод исследования. В большинстве моделей гистерезиса $\theta(\psi)$ расчет сканирующих ветвей осуществляется по алгоритму, предложенному Скоттом и соавторами [3]. При этом для формулирования $\theta(\psi)$ применяются различные функции. Например, в оригинальной модели Скотта и соавторов [3] применяется функция Хаверкампа и соавторов [4], а в модели Кула и Паркера [5] применяется функция Ван Генухтена [6]. В работе [7] доказаны преимущества альтернативной $\theta(\psi)$. В ней применяются три физико-статистически интерпретированных параметра: экспоненциальный, мультипликативный и аддитивный. Первые два параметра учитывают причину гистерезиса, обусловленную изменчивостью площади поперечного сечения почвенной поры в направлении ее продольной оси («эффект четок»), а третий (аддитивный) параметр учитывает тупиковые поры, заземляющие воздух. Данная функция применяется в предлагаемой здесь модели гистерезиса $\theta(\psi)$.

В настоящее время для расчета нормы орошения практикуется хорошо известный метод Костякова: норма вычисляется по разности между НВ (наименьшей влагоемкостью) и ПВП (предполивной влажностью почвы). НВ характеризует максимальное количество капиллярно-подвешенной влаги, которое способна удержать почва. НВ может измеряться в полевых условиях, например, методом заливных площадок. Кроме того, НВ может определяться по главной ветви иссушения $\theta(\psi)$ при значении $\psi_{НВ} = -330$ [см H₂O]. Величина θ при $\psi_{НВ} = -330$ [см H₂O] называется «нормативной» НВ. При $\psi > \psi_{НВ}$ почва не может удерживать влагу. Поэтому в данном исследовании предлагается применять такую норму орошения, при которой после полива значение ψ было бы ниже, чем $\psi_{НВ}$. Значение

$\psi_{\text{НВ}} = -330$ [см H₂O] является усредненным значением для различных почв. В каждом конкретном случае $\psi_{\text{НВ}}$ может отличаться от -330 [см H₂O]. Для расчета НВ определенной почвы предлагается использовать эмпирическую зависимость Воронина [8], которая пересекает $\theta(\psi)$ в точке $\theta = \text{НВ}$. Разумеется, при поливе смена состояний почвенной влаги характеризуется не главной ветвью иссушения, а сканирующими ветвями увлажнения гистерезиса $\theta(\psi)$. По этой причине для расчета прецизионной нормы орошения требуются данные о сканирующей ветви увлажнения, которая начинается от точки, определяемой ПВП, и заканчивается в точке пересечения этой ветви с зависимостью Воронина. Заранее невозможно предсказать, какие именно сканирующие ветви увлажнения понадобятся в предстоящем сезоне вегетации. Поэтому применение математической модели в данном случае является безальтернативным.

Результаты исследования. Вышеуказанные три модели гистерезиса $\theta(\psi)$ реализованы в виде пакета компьютерных программ SOILHYSTERESIS-V.1.0 [9]. С использованием этого пакета проведены вычислительные эксперименты на основе данных о суглинистой почве «Ida silt loam» из литературного источника – каталога Муалема [10].

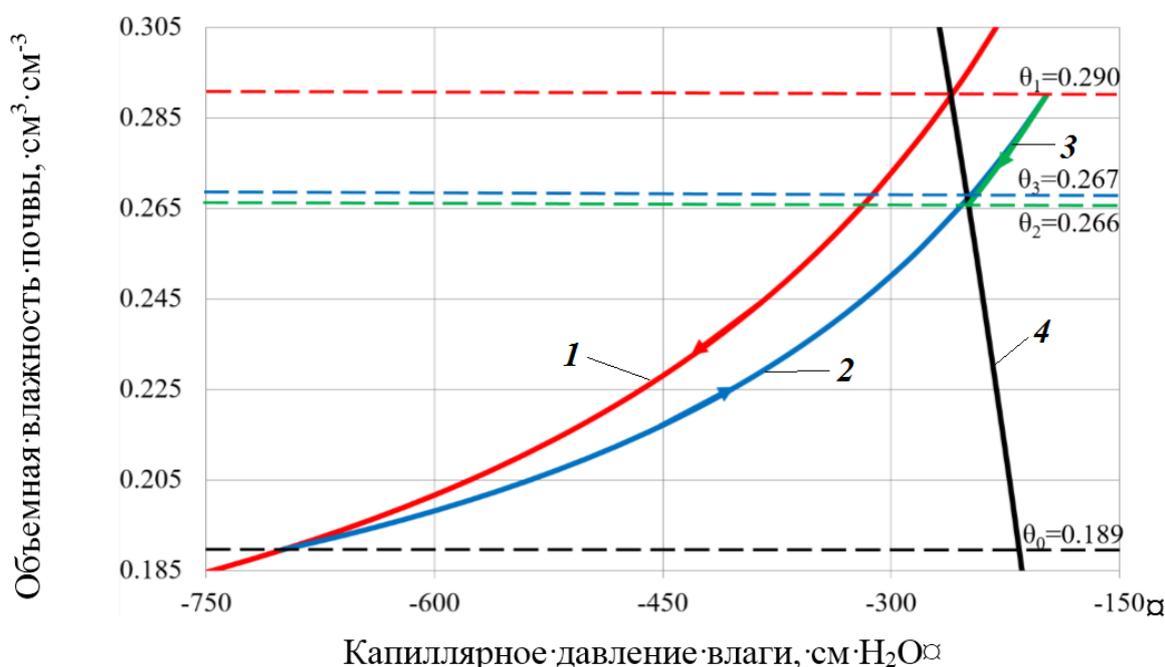


Рис. 1. Сравнение «традиционной» и прецизионной норм орошения:
 1 – главная ветвь иссушения; 2 – первичная сканирующая ветвь увлажнения;
 3 – вторичная сканирующая ветвь иссушения; 4 – секущая Воронина

На рис. 1 ПВП обозначена через θ_0 и характеризуется точкой на главной ветви иссушения $\theta(\psi)$, от которой начинается первичная сканирующая ветвь увлажнения $\theta(\psi)$. Значение θ_0 равно $0,189$ [см³·см⁻³]. Точке пересечения сканирующей первичной ветви увлажнения с «секущей» Воронина соответствует значение $\theta_3 = 0,267$ [см³·см⁻³]. При увлажнении почвы до значения θ_3 избыток гравитационной влаги не образуется. Прецизионная норма орошения (в единицах θ) равна $\theta_3 - \theta_0 = 0,078$ [см³·см⁻³]. В качестве сравнения рассмотрен и «традиционный» метод расчета норм орошения, использующий НВ, которая соответствует точке пересечения главной ветви иссушения с «секущей» Воронина. В

этой точке объемная влажность почвы равна $\theta_1 = 0,290$ [см³·см⁻³]. Норма орошения (в единицах θ) при расчете «традиционным» методом определяется разностью между нормативной НВ (θ_1) и ПВП (θ_0): она составляет 0,101 [см³·см⁻³]. Отсюда видно, что прецизионная норма является более низкой по сравнению с нормой, рассчитанной «традиционным» методом, на величину $\delta = \theta_1 - \theta_3 = 0,023$ [см³·см⁻³]. Для орошаемого участка площадью 1 га при увлажнении слоя почвы мощностью 50 см разность норм составит: $0,023 \times 0,5 \cdot 10^4 = 115$ [м³·га⁻¹]. При использовании «традиционной» нормы орошения после достижения объемной влажности почвы значения $\theta_1 = 0,290$ [см³·см⁻³] избыточная влага стечет по вторичной сканирующей ветви иссушения (зеленая сплошная); при этом величина θ принимает значение $\theta_2 = 0,266$ [см³·см⁻³], соответствующее точке пересечения вторичной сканирующей ветви иссушения с «секущей» Воронина. Отсюда следует, что при норме, вычисленной «традиционным» методом, непроизводительный расход поливной воды (в единицах θ) составит $\Delta = \theta_1 - \theta_2 = 0,024$ [см³·см⁻³]. Для участка площадью 1 га при увлажнении слоя почвы мощностью 50 см такой расход воды достигнет $0,024 \times 0,5 \cdot 10^4 = 120$ [м³·га⁻¹].

Выводы. Применение прецизионных норм орошения предотвратит стекание избытка гравитационной влаги и, следовательно, минимизирует непроизводительный расход поливной воды и агрохимикатов вследствие их вымывания за пределы корнеобитаемого слоя почвы. Таким образом, будет достигнут значительный эколого-экономический эффект при проектировании и эксплуатации гидромелиоративных систем.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-04-00939-а.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Моделирование гидрофизических характеристик почв // В сборнике: Автоматизация научных исследований и проектирования АСУ ТП в мелиорации. 1988. С.82.
2. Полуэктов Р.А., Опарина И.В., Терлеев В.В. Три способа расчета динамики почвенной влаги // Метеорология и гидрология. 2003. №11. С.90-98.
3. Scott P.S., Farquhar G.J., Kouwen N. Hysteretic effects on net infiltration. Proceeding of National Conference on Advances in Infiltration, Publication 11-83, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, 1983. P. 163-170.
4. Haverkamp R., Vauclin M., Touma J., Wierenga P.J., Vachaud G. A comparison of numerical simulation model for one-dimensional infiltration // Soil Sci. Soc. Am. J. 1977. V.41. P.285-294.
5. Kool J.B., Parker J.C. Development and Evaluation of Closed-Form Expressions for Hysteretic Soil Hydraulic Properties // Water Resources Research. 1987. V.23(1). P.105-114.
6. Van Genuchten M.Th. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils // Soil Sci. Soc. Am. J. 1980. V.44. P.892-989.
7. Терлеев В.В., Миршель В., Баденко В.Л., Гусева И.Ю. Усовершенствованный метод Муалема-Ван Генухтена и его верификация на примере глинистой почвы Бейт Нетофа // Почвоведение. 2017. №4. С.457-467.
8. Воронин А.Д. Основы физики почв. – М.: МГУ, 1986. – 244с.
9. Гиневский Р.С., Терлеев В.В., Топаж А.Г., Лазарев В.А. SOILHYSTERESIS-V.1.0. – Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019666861, 16.12.2019. Заявка № 2019662560 от 12.10.2019.
10. Mualem Y. A catalogue of the hydraulic properties of unsaturated soils. Research Project 442. Technion, Israel Institute of Technology, Haifa, Israel, 1976. 100 p.

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ВОДООТДАЧИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАИМЕНЬШЕЙ ВЛАГОЕМКОСТИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВЫ

Введение. Современные изменения климата проявляются в усилении меридионального переноса воздушных масс, возрастании неравномерности выпадения осадков в течение вегетационного периода и увеличении их интенсивности. Формирование нового типа климата приводит к изменениям гидрологических условий территории строительства и эксплуатации гидромелиоративных систем. Степень таких изменений, наряду с интенсивностью действия метеорологических факторов, определяется гидрофизическими свойствами почвы. Важнейшим гидрофизическим свойством почвы является ее водоудерживающую способность, которую принято характеризовать в виде зависимости объемной влажности почвы θ [см³·см⁻³] от капиллярного давления влаги ψ [см H₂O] [1, 2]. Характеристика $\theta(\psi)$ является весьма информативной. На кривой, графически изображающей $\theta(\psi)$, выделяют несколько характерных точек, разграничивающих различные категории энергетики почвенной влаги. Эти точки называются почвенно-гидрологическими константами (ПГК). Одна из таких точек разделяет категории гравитационной влаги и капиллярно-подвешенной влаги, а соответствующая ПГК называется наименьшей влагоемкостью (НВ) почвы [2]. При проектировании гидротехнических сооружений (например, дренажных систем) и расчета междренних расстояний применяются такие показатели, как коэффициент фильтрации и коэффициент водоотдачи почвы. Второй коэффициент может быть определен в лаборатории методом высоких колонн на образцах с ненарушенным сложением, а также в полевых условиях с использованием метода откачек или метода насыщения и дренирования почвы с последующим отбором почвенных образцов на влажность с различных глубин почвенной толщи [3]. Кроме того, этот коэффициент может быть определен расчетным методом с использованием НВ.

Целью данного исследования является разработка метода расчета коэффициента водоотдачи с использованием НВ, оцененной с применением математической модели $\theta(\psi)$.

Указанная цель достигается решением следующих задач: 1) физическое обоснование и формулирование оригинальной математической функции, описывающей зависимость $\theta(\psi)$; 2) разработка пакета компьютерных программ для моделирования $\theta(\psi)$ и расчета НВ.

Метод исследования. В настоящее время в литературе представлено нескольких десятков математических моделей водоудерживающей способности почвы с эмпирическими (формальными, не имеющими физического смысла) параметрами. К числу наиболее перспективных разработок в области математического моделирования $\theta(\psi)$ относится физически обоснованная модель, которая описывается соотношением [4-7]:

$$(\theta - \theta_r) / (\theta_s - \theta_r) = \begin{cases} \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{n\sqrt{\pi}}{4} \ln(-\alpha(\psi - \psi_e)) \right), & \psi < \psi_e; \\ 1, & \psi \geq \psi_e, \end{cases} \quad (1)$$

где: $\operatorname{erfc}(x) = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x \exp(-t^2) dt$ – дополнительная функция ошибок; θ_s [см³·см⁻³] – объемная влажность насыщения, θ_r [см³·см⁻³] – остаточная объемная влажность; $\alpha = -1/(\psi_0 - \psi_e)$ [см H₂O⁻¹]; ψ_e [см H₂O] – капиллярное давление «входа воздуха»; ψ_0 [см H₂O]

– капиллярное давление, при котором плотность распределения вероятностей по значениям случайной величины $-\ln((\psi - \psi_e)/(\psi_0 - \psi_e))$ с нулевым генеральным средним и стандартным отклонением σ достигает максимума ($\psi_0 < \psi_e$); $n = 4/(\sigma\sqrt{2\pi})$.

Для оценки НВ определенной почвы здесь предлагается использовать точку пересечения кривой $\theta(\psi)$, описываемой формулой (1), и эмпирической зависимости («секущей») Воронина [8], которая формулируется следующим соотношением:

$$\psi_{НВ} = 10^{2,17+\theta_{НВ}/\rho_b}, \quad (2)$$

где $\theta_{НВ} = НВ$ [$\text{см}^3 \cdot \text{см}^{-3}$], ρ_b – плотность сложения почвы [$\text{г} \cdot \text{см}^{-3}$].

Результаты исследования. Разработан пакет компьютерных программ для SOILHYSTERESIS-V.1.0 [9], который был применен в данном исследовании для оценки НВ и расчета коэффициента водоотдачи на примере суглинка «Ida silt loam» по данным из литературы [10]. Искомый коэффициент рассчитывается по формуле [3]:

$$\mu = \theta_s - НВ. \quad (3)$$

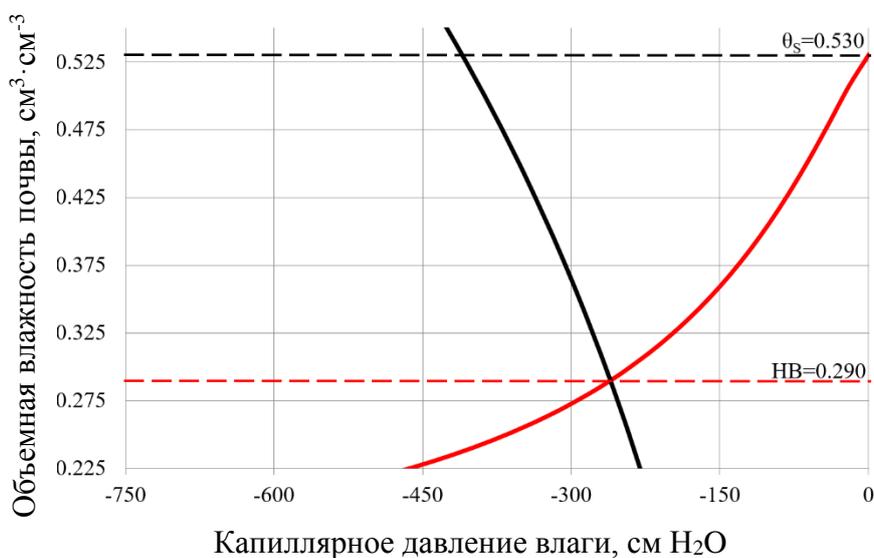


Рис. 1. Расчет коэффициента водоотдачи

Значение НВ определено в точке, где пересекаются главная ветвь иссушения и «секущая» Воронина [8]. На рис. 1 главная ветвь иссушения изображена сплошной красной кривой, а «секущая» Воронина изображена сплошной черной кривой. По точке пересечения кривых, изображенных на рис. 1, определено значение НВ = 0,290 [$\text{см}^3 \cdot \text{см}^{-3}$]. Полную влагоемкость почвы оценивает параметр модели водоудерживающей способности почвы (объемная влажность насыщения) $\theta_s = 0,530$ [$\text{см}^3 \cdot \text{см}^{-3}$], который идентифицирован методом точечной аппроксимации опытных данных $\theta(\psi)$. С использованием формулы (3) получена оценка коэффициента водоотдачи суглинка «Ida silt loam»:

$$\mu = 0,530 - 0,290 = 0,240 \text{ [см}^3 \cdot \text{см}^{-3}\text{]}.$$

Выводы. Применение физически обоснованной математической модели водоудерживающей способности почвы имеет хорошую перспективу для эффективного оценивания значений параметров, необходимых для проектирования гидромелиоративных систем. Использование модели позволяет рассчитывать динамику природных вод в почвенно-грунтовой профиле, что актуально: при проектировании фундаментов и других подземных сооружений с учетом водоотведения и водопонижения; для прогнозирования продуктивности агроценозов, возделываемых на мелиорированных сельскохозяйственных угодьях; для оценки влагообеспеченности технических и декоративных растений, культивируемых, например – в «зеленых» зонах отдыха горожан, а также на детских игровых площадках и стадионах.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-04-00939-а.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Моделирование гидрофизических характеристик почв // В сборнике: Автоматизация научных исследований и проектирования АСУ ТП в мелиорации. 1988. С.82.
2. Полуэктов Р.А., Опарина И.В., Терлеев В.В. Три способа расчета динамики почвенной влаги // Метеорология и гидрология. 2003. №11. С.90-98.
3. Волкова Ю.В., Криулин К.Н., Полетаев Ю.Б. Учебное пособие. Мелиорация земель. Осушение земель. – СПб.: Издательство Политехнического Университета, 2007. – 184с.
4. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Использование логнормального распределения эффективных радиусов почвенных капилляров для моделирования водоудерживающей способности почвы // В сборнике: XL Неделя науки СПбГПУ. 2011. С.319-321.
5. Семенова Н.Н., Новожилов К.В., Петрова Т.М., Терлеев В.В. Детерминированные модели поведения пестицидов в почве. Методология построения, структура, принципы использования. СПб.: ВИЗР, 1999. 93с.
6. Терлеев В.В. Моделирование обмена, переноса и поглощения фосфора и калия в корнеобитаемом слое почвы. Автореф. дисс. д.с.-х.н. Санкт-Петербург, 2001. 40с.
7. Полуэктов Р.А., Терлеев В.В. Компьютерная модель динамики содержания азота в корнеобитаемом слое почвы // Агрохимия. 2010. №10. С.68-74.
8. Воронин А.Д. Основы физики почв. – М.: МГУ, 1986. – 244с.
9. Гиневский Р.С., Терлеев В.В., Топаж А.Г., Лазарев В.А. SOILHYSTERESIS-V.1.0. – Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019666861, 16.12.2019. Заявка № 2019662560 от 12.10.2019.
10. Mualem Y. A catalogue of the hydraulic properties of unsaturated soils. Research Project 442. Technion, Israel Institute of Technology, Haifa, Israel, 1976. 100 p.

УДК 004.942, 519.876.5

М.Э. Гасанов, А.Ю. Петровская, С.А. Матвеев, М.А. Пукальчик
Сколковский институт науки и технологий

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ И ПОГОДНЫХ ДАННЫХ

Цель работы – сравнение алгоритмов оптимизации в задаче поиска наилучшей стратегии полива с использованием имитационных моделей и исторической погоды.

Глобальный рост населения ведет к урбанизации и интенсификации производства продовольствия. Такая интенсификация производства продуктов питания приводит к росту потребления воды, что оказывает негативное воздействие на окружающую среду и может привести к снижению качества пресной воды [1]. Отсутствие водных ресурсов является одним из основных сдерживающих факторов в регионах с низкой урожайностью [2].

Проведение полевых экспериментов для поиска наилучших стратегий внесения удобрений и полива может быть трудоемкой задачей, так как требует оценки множества возможных комбинаций методов ведения сельского хозяйства. Имитационные модели роста и развития сельскохозяйственных культур широко используются для планирования агротехнических мероприятий, таких как посадка и сбор урожая сельскохозяйственных культур, внесение удобрений и полив. Имитационные модели позволяют пользователям оценивать различные виды сельскохозяйственной деятельности и прогнозировать урожайность сельскохозяйственных культур. Можно выделить следующие наиболее широко используются модели сельскохозяйственных культур: APSIM, DSSAT, WOFOST, MONICA, AquaCrop и другие. Эти модели имеют много различий в своей идеологии, используемых

уравнениях, выборе языков программирования для программных реализаций, минимальном наборе входных параметров и пространственно-временном разрешении.

Имитационные модели могут быть использованы для задачи оптимизации полива. Высокая скорость вычислений различных сценариев полива позволяет использовать имитационные модели в качестве функции для задачи оптимизации. Модель принимает на вход различные комбинации дат полива в течение вегетационного периода и рассчитывает урожайность для выбранной культуры. Даты полива для модели генерирует оптимизатор, который использует полученную урожайности как целевую переменную для максимизации.



Рис. 1. Рассчитанная урожайность для свеклы в Московском регионе на основе модели WOFOST и исторической погод

В работе использована модель WOFOST [3] для оценки урожайности свеклы в Московском регионе и погодный реанализ системы NASA POWER [4]. Одним из ограничений предсказания урожайности культур является сложность создания среднесрочного прогноза погоды на 3-5 месяцев. Авторами сделано предположение о возможности использования погодных данных за последние 20 лет для оценки различных погодных сценариев в выбранном регионе. На рис. 1 показана рассчитанная урожайность свеклы в Московском регионе с использованием погодных данных с 1999 по 2019 год. Таким образом оптимизатор генерирует различные сценарии полива, затем для каждого из 20 погодных лет проводятся симуляции с предложенной оптимизатором определенной стратегией полива и усредняется полученная за 20 лет урожайность, данная урожайность и является максимизируемым значением.

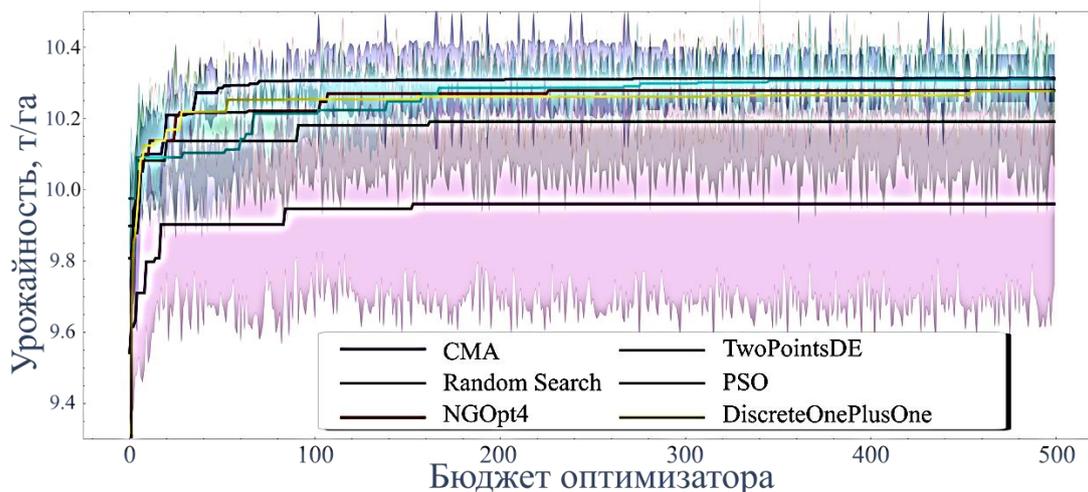


Рис. 2. Сравнение производительности различных алгоритмов и случайного перебора

Была использована библиотека Nevergrad [5], которая позволяет сравнить множество оптимизаторов для задач дискретной оптимизации. Задачей являлось сравнение

производительности оптимизаторов с методом случайного поиска, для этой задачи мы выбрали следующие оптимизаторы: Covariance Matrix Adaptation (CMA), NGOpt4, Particle Swarm (PSO), Two Points DE и Discrete One plus One. Для оценки стабильности алгоритмов каждый из алгоритмов запускался 10 раз для оценки средних значения и стандартного отклонения полученных значений урожайности.

Результаты. В результате вычислительных экспериментов были получены оптимальные даты и потенциально возможная урожайность с учетом выбранных дат полива. Результаты экспериментов представлены на рис. 2, где по оси ординат отложены значения урожайности для свеклы и по оси абсцисс количество шагов оптимизационного алгоритма или бюджет оптимизатора. Линиями на графике обозначены средние значения урожайности для десяти запусков, а полупрозрачный цвет показывает стандартное отклонение.

Выводы. Большинство алгоритмов за несколько десятков итераций оптимизировало схему полива, и значения урожайности увеличивались. После 200 итерации рост значения урожайности останавливался для большинства алгоритмов, вероятно оптимизационный бюджет порядка 150-200 итераций достаточен для такой задачи. Наибольшую скорость роста значения урожайности показал алгоритм CMA, также этот алгоритм смог достичь максимального значения урожайности, порядка 10,4 т/га, в то время как алгоритм PSO не смог достичь такого уровня и остановился на уровне 9,9 т/га. Также алгоритм PSO имеет значительно большее стандартное отклонение, что может свидетельствовать о меньшей надежности этого алгоритма, в сравнение со CMA и другими. Алгоритм случайного поиска также довольно быстро вышел на плато, но не смог улучшить значения урожайности и превзойти оптимизационные алгоритмы, за исключением PSO.

В работе были получены результаты сравнения различных оптимизационных алгоритмов для задачи поиска оптимальной стратегии полива. Можно утверждать, что рассмотренные алгоритмы можно использовать в задачах сельскохозяйственной оптимизации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Mueller N.D., Gerber J.S., Johnston M., Ray D.K., Ramankutty N., Foley J.A. Closing yield gaps through nutrient and water management // Nature, 2012, vol. 490, no. 7419, pp. 254–257.
2. Lal R. Food security in a changing climate // Ecohydrol. Hydrobiol., 2013, vol. 13, no. 1, pp. 8-21.
3. A. de Wit et al. 25 years of the WOFOST cropping systems model // Agric. Syst., 2019, vol. 168, pp. 154-167.
4. Sparks A.H. Nasapower: A NASA POWER Global Meteorology, Surface Solar Energy and Climatology Data Client for R', J. Open Source Softw., 2018, vol. 3, no. 30, p. 1035.
5. Rapin J., Teytaud O. Nevergrad – A gradient-free optimization platform. GitHub, 2018.

УДК 631.435, 004.942

А.Ю. Петровская, Р.Б. Джана, И.В. Оселедец
Сколковский институт науки и технологии

ГЕНЕРАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОЧВЕННОЙ СТРУКТУРЫ С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕРАТИВНО-СОСТЯЗАТЕЛЬНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Введение. Неотъемлемой частью многих экологических исследований – от сельского и лесного хозяйства до прогнозирования наводнений и сохранения природных ресурсов – является глубокое понимание почвенных процессов и динамики подземных вод. Сток приповерхностных вод и перенос загрязняющих веществ в значительной степени контролируются физическими свойствами почвы, такими как ее гранулометрический состав, плотность, пористость, и т.д. Всестороннее представление о физических свойствах почвы необходимо для применения технологий точного земледелия. Например, понимание условий,

которые могут привести к заболачиванию в определенных частях поля, может помочь предотвратить значительные потери урожая.

Одним из методов получения информации о структуре почвы является компьютерная томография (КТ). Компьютерная томография позволяет проводить быстрые неинвазивные измерения в различных масштабах. Рентгеновская томография широко используется для определения физических свойств почвы, например, для количественной оценки гидравлических свойств [1]. Использование рентгеновской КТ позволяет предсказать, оценить характеристики порового пространства [2], исследовать физические свойства почвенных структурных элементов различного масштаба [3]. Область применения КТ в почвоведении не ограничивается физическими свойствами. Она используется для моделирования химических свойств [4], исследования эффективности применения удобрений [5]. В последнее время КТ становится популярным инструментом для исследования влияния систем управления сельским хозяйством на морфологические свойства почвы [6].

Цель работы – исследование преимуществ метода генерации изображений почвенной структуры с помощью генеративно-состязательной нейронной сети.

Активное расширение области применения почвенной КТ требует все большего количества данных. Однако технология КТ в большинстве случаев не позволяет сканировать крупные монолиты почвы и остается трудоемкой для анализа большого количества образцов. Возможным решением этой проблемы является синтез данных с заданными свойствами пор и твердого вещества.

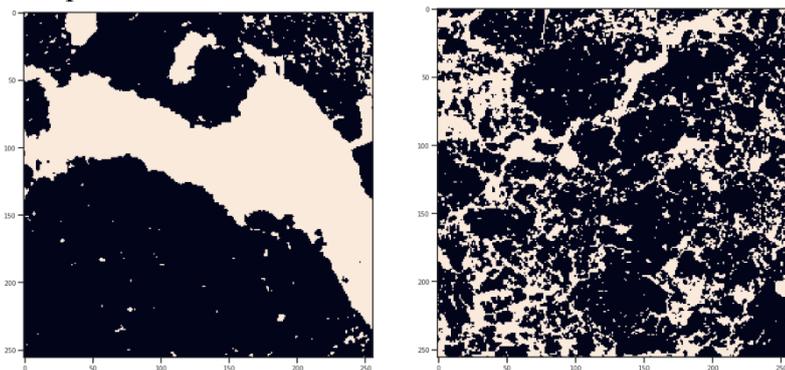


Рис. 1. Примеры томографических изображений, использованных для обучения StyleGAN

Последние достижения в области глубокого обучения и технологий искусственного интеллекта открыли новые границы для синтеза структурных данных. Одним из лучших инструментов для решения этой задачи являются генеративно-состязательные сети (англ. Generative adversarial network, сокращённо GAN) [7]. В отличие от большинства других методов пространственной интерполяции, GAN способны фиксировать

основные зависимости набора данных и создавать реалистичные паттерны конкретных свойств [8].

Генерация изображений почвенной структуры поможет предоставить больше информации для исследований требующих большого объема данных (например, для создания методов сегментации томографических изображений почвы на основе сверточных нейронных сетей). Кроме этого, сгенерированные данные могут быть использованы для улучшения разрешающей способности моделей, основанных на физических свойствах почвы.

Результаты. В нашей работе использована генеративно-состязательная нейронная сеть StyleGAN [9] для генерации изображений, имитирующих томографические снимки почвы. В качестве входных данных для алгоритма выступают томографические изображения образцов почвы, отобранных на сельскохозяйственном поле в Московской области в 2019 году. Рассматриваемое сельскохозяйственное поле используется для выращивания овощных культур; в 2019 году поле было занято свеклой. Сеть StyleGAN была обучена на 1500 томографических изображений почвы размером 5×5 см и разрешением 5 микрон (рис. 2).

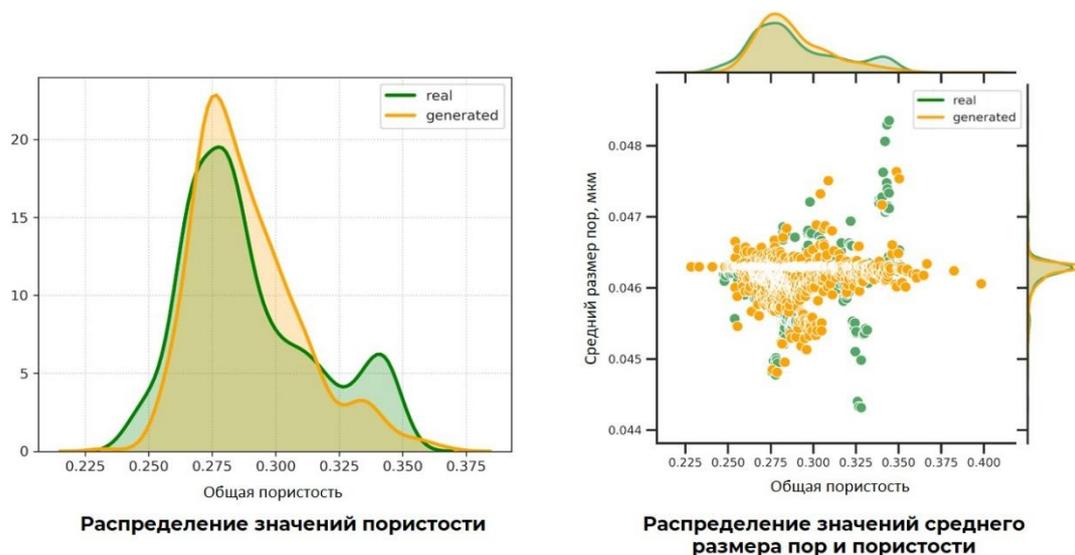


Рис. 2. Сравнение реальных (real) и сгенерированных (generated) томографических изображений

Для оценки качества работы алгоритма, на реальных и сгенерированных томографических изображениях были подсчитаны пористость и распределение размеров пор. Анализ был произведен с помощью библиотеки PoreSpy [10]. Сравнение реальных и сгенерированных изображений приведено на рис. 2.

Вывод. Результаты позволяют сделать вывод о том, что алгоритм генерирует изображения с распределением пор достаточно близким к реальным топографическим данным. В отношении общей пористости у сгенерированных изображений наблюдается незначительное смещение в сторону более низкой пористости. Данная работа открывает широкое поле для дальнейших исследований, наиболее актуальным из которых представляется задача генерации топографических изображений с заданными характеристиками.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Périard, Y., Gumiere, S. J., Long, B., Rousseau, A. N., Caron, J. Use of X-ray CT scan to characterize the evolution of the hydraulic properties of a soil under drainage conditions. *Geoderma*, 279, 22-30, 2016.
2. Romero-Ruiz, A., Linde, N., Keller, T., Or, D. A review of geophysical methods for soil structure characterization. *Reviews of Geophysics*, 56(4), 672-697, 2018.
3. Daly, K.R., Roose, T. Determination of macro-scale soil properties from pore-scale structures: model derivation. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 474(2209), 20170141, 2018.
4. Нарца, S., Baveye, P. C., Wilson, C., Lark, R. M., Otten, W. Three-dimensional mapping of soil chemical characteristics at micrometric scale by combining 2D SEM-EDX data and 3D X-Ray CT images. *PloS one*, 10(9), e0137205, 2015.
5. Yang, Y., Wu, J., Zhao, S., Han, Q., Pan, X., He, F., Chen, C. Assessment of the responses of soil pore properties to combined soil structure amendments using X-ray computed tomography. *Scientific reports*, 8(1), 1-10, 2018.
6. Galdos, M.V., Pires, L.F., Cooper, H.V., et al. Assessing the long-term effects of zero-tillage on the macroporosity of Brazilian soils using X-ray Computed Tomography. *Geoderma*, 337, 1126-1135, 2019.
7. Goodfellow, I.J., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., et al. Generative adversarial networks. *arXiv preprint arXiv:1406.2661*, 2014
8. Dupont, E., Zhang, T., Tilke, P., Liang, L., & Bailey, W. (2018). Generating realistic geology conditioned on physical measurements with generative adversarial networks. *arXiv preprint arXiv:1802.03065*.
9. Karras, T., Laine, S., Aila, T. (2019). A style-based generator architecture for generative adversarial networks. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 4401-4410).
10. Gostick, J.T., Khan, Z.A., Tranter, T.G., et al. PoreSpy: A python toolkit for quantitative analysis of porous media images. *Journal of Open Source Software*, 4(37), 1296, 2019.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ
УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ

Цель работы состоит в теоретическом обосновании экономической целесообразности управления органическими коммунальными отходами в Российской Федерации.

Указанная цель достигается решением следующих задач: изучить мировой опыт управления коммунальными отходами; определить теоретические принципы построения системы управления отходами; а также применить эти принципы на теоретическом уровне к решению проблем органических коммунальных отходов.

Для поиска решения поставленных задач в исследовании применяется метод анализа нормативных актов, регулирующих отрасль переработки коммунальных отходов в зарубежных государствах.

Актуальность работы обусловлена возрастающей антропогенной нагрузкой на окружающую среду: в настоящее время мировое сообщество производит более 2 млрд. т твердых коммунальных отходов (ТКО) в год; по подсчетам Мирового банка [1] этот показатель достигнет значения 3.4 млрд. т к 2050 году. Доля органических ТКО составляет значительную часть от общего количества ТКО: в Европейском Союзе – 25-35% [2], в Российской Федерации – около трети [3] (это оценочное значение, поскольку в настоящий момент систематический анализ морфологического состава ТКО не проводится). Захоронение органических ТКО на полигонах приводит к негативным последствиям для окружающей среды: разложение органических веществ сопровождается выработкой т.н. биогаза – смеси метана и углекислого газа. Оба эти газа вносят существенный вклад в формирование парникового эффекта, при этом потенциал воздействия метана на формирование парникового эффекта в 28-36 раз выше, чем у углекислого газа [4].

Результаты. Для снижения объемов захоронения отходов на полигонах, а также руководствуясь принципами устойчивого развития, Европейским Союзом в 2015 г. был принят план мероприятий «Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy» [5]. Этот план закрепляет необходимость внедрения системы экономики замкнутого цикла (Circular economy) в странах-членах Европейского Союза. Экономика замкнутого цикла в качестве одной из своих задач ставит повторное использование ресурсов, ранее задействованных в производстве, что приводит к сокращению отходов. Экономические преимущества такой системы наглядно видны в сравнении с линейной экономикой. Для линейного подхода к использованию ресурсов (приобретение-производство-утилизация) характерны значительные потери этих ресурсов на протяжении всей цепочки создания ценности, что заметно увеличивает риски при возрастающей стоимости сырья. При этом увеличение стоимости сырья является неизбежным по мере роста населения и необходимости перехода к добыче ресурсов в более труднодоступных местах. Концепция экономики замкнутого цикла призвана нарушить связь между затратами на сырье для производства продукции и доходом от ее реализации. Она предполагает, что не добыча ресурсов лежит в основании экономического роста, но создание таких продуктов, которые могут быть использованы повторно или переработаны. В экономике замкнутого цикла основным фактором производства является такой ресурс, как труд, а сырью, более ограниченному в своем количестве, отводится поддерживающая роль. Таким образом, достигается баланс между ограниченностью ресурсов и спросом на них.

В условиях линейной экономики биологические нутриенты после использования становятся отходами, которые подлежат удалению, в Российской Федерации – захоронению на свалках, что сокращает площадь земель, доступных для экономической деятельности. По мере роста объемов потребления и интенсификации сельского хозяйства плодородие почв снижается в связи с сокращением объемов органических веществ. Сельскохозяйственные производители увеличивают объемы внесения минеральных удобрений, чтобы компенсировать истощение почвы [6, 7]. При этом производство минеральных удобрений является энергоемким процессом, следовательно, непосредственно зависящим от доступности сырья.

Заключение. Применение принципов экономики замкнутого цикла в обращении с отходами приведет к тому, что ценные биологические нутриенты не будут захоронены на свалках, тем самым сохраняя такой ограниченный ресурс, как земли, а будут направлены на производство органических удобрений. Обратим внимание на то, что в 2019 г. по данным Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации» [8] количество земель, занятых полигонами отходов, составило 131,3 тыс. га, что представляет собой 0.06% от всех сельскохозяйственных угодий Российской Федерации.

Использование органических удобрений вкупе со средствами защиты растений [9] повысит плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур; а за счет снижения объема внесения минеральных удобрений будет достигнута экономия необходимых для их производства энергоресурсов. Наряду с этим, при переработке органических отходов будет произведен биогаз, который может служить альтернативным источником энергии. Отметим, что также будет достигнута экономия средств, необходимых для организации захоронения отходов на полигонах.

Выводы. На принципах системы экономики замкнутого цикла предложено теоретическое обоснование экономической целесообразности переработки органических ТКО, в частности – в органические удобрения. При переходе к такой системе достигается экономия ограниченных ресурсов (сырья, земли), становится возможным сохранение плодородия почв, а также получение альтернативных источников энергии.

ЛИТЕРАТУРА:

1. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050 [Electronic resource] // Kaza, Silpa, Yao, P. Bhada-Tata, and F.V. Woerden. Urban Development Series. 2018. Washington, DC: World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>.
2. Separate collection and biological waste treatment in the European Community [Electronic resource] // Bidlingmeier W., Sidaine J-M, and Papadimitriou E.K., Reviews in Environmental Science and Bio/Technology. 2004. 3(4):307-320. <https://doi.org/10.1007/s11157-004-2334-1>.
3. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС-15 2016 : Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов)) : Приказ Росстандарта от 15 декабря 2016 г. N 1887 // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – 2016. – 192с.
4. Understanding Global Warming Potentials [Electronic resource] // United States Environmental Protection Agency, 2020. – Режим доступа: <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials> – Загл. с экрана.
5. Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy [Electronic resource] // Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and The Committee of the Regions. European Commission. Brussels, 2.12.2015 COM(2015) 614 final. – Режим доступа: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52015DC0614&from=EN>
6. Терлеев В.В. Моделирование обмена, переноса и поглощения фосфора и калия в корнеобитаемом слое почвы. Автореф. дисс. д.с.-х.н. Санкт-Петербург, 2001. 40с.
7. Полуэктов Р.А., Терлеев В.В. Компьютерная модель динамики содержания азота в корнеобитаемом слое почвы // Агрохимия. 2010. №10. С.68-74.

8. Проект Государственного доклада о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 году [Электронные ресурсы] // Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Москва. 2020. – Режим доступа: https://www.mnr.gov.ru/docs/proekty_pravovykh_aktov/proekt_gosudarstvennogo_doklada_o_sostoyaniy_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsi/ – Загл. с экрана.
9. Семенова Н.Н., Новожилов К.В., Петрова Т.М., Терлеев В.В. Детерминированные модели поведения пестицидов в почве. Методология построения, структура, принципы использования. СПб.: ВИЗР, 1999. 93 с.

UDC 504

Quasmi Aamir Waqar
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEM FOR INDIAN INFRASTRUCTURE PROJECTS

Abstract. Every year the impact on natural environment is more due to consumption of natural resources for large infrastructure and construction projects. Even though by implementing modern construction techniques and low cost effective materials, the volume of impact reduction is not efficient. India is a country, which has enormous natural resources, and it has been utilized for large infrastructure and construction projects, which makes an environmental impact. This present paper focuses on planning and formulation of Environmental Management System (EMS) to reduce the environmental impact due to large infrastructure and construction projects. The planning of EMS is done based on the environmental impact checklist provided by Ministry of Environmental and Forest Climate change (MoEF&CC) under Government of India and the Formulation is done through PERT and CPM techniques which is to implement EMS in short duration to reduce environmental impact through large infrastructure and construction projects. Finally, the Planning and Formulation of EMS gives solution to reduce more volume of environmental impacts due to large infrastructure and construction projects.

Introduction. Infrastructure projects are an important source for the development of Nations growth through development of Roads, Highways, Dams and Tall and Multi storied buildings. Therefore the utilization of natural resources is in need for the development of Infrastructure projects. Government of India has taken initiatives to mitigate environmental impact and provided guidelines through various research activities [1, 2]. Ministry of Environment, Forest and Climate Change (MoEF&CC), Government of India has provided environmental impact checklist for reducing the environmental impact for large construction projects in many aspects considering the Land environment, Water environment, Air Environment, Aesthetics and Energy conservation techniques. The Environmental impact checklist of MoEF &CC can be followed systematically by applying Environmental Management System (EMS) in which it saves time and cost of the project simultaneously [1-3]. EMS is an ISO 14001 concept which consists of Plan, Do, Check, Act also known as PDCA cycle which is used to save time, cost and energy [2, 4, 5]. Finally, the environmental impact checklist of MoEF & CC with respect to proper planning and formulation of EMS the time, cost and energy can be saved and simultaneously it helps to reduce more volume of environmental impact for large infrastructure and construction projects in India.

Methodology. The methodology used here for planning and formulation of EMS in Indian Infrastructure and construction project has been classified typically into two steps; one is by planning and other by formulating. The first step is by Planning the stages of environmental impact due to an infrastructure and construction project with steps taken to mitigate by applying the EMS concept of Plan, do, check and act process. The stages of Environmental impact were obtained from the checklist provided in MoEF & CC at Annexure 2 of form 1A for construction projects listed under item 8 of the schedule [1, 2, 6]. The Second step is by formulating the planned activities of the first step through

PERT (Programme Evaluation Review Technique) and CPM (Critical Path Method) to implement the EMS process of reducing environmental impact within the estimated time duration and to predict the variance, standard deviations and the critical path of the overall process of applying EMS [2].

Results and discussion. Planning method based on Environmental impact checklist by EMS for construction projects is suggested in Table 1. From Table 2, it is observed that the expected duration of the activities in environmental impact checklist for EMS process implementation is 29 days, which saves time, and cost and simultaneously it reduces environmental impact for large infrastructure and construction projects.

Table 1 – Planning method based on Environmental impact checklist by EMS for construction projects

Activity	Environmental impact check list	Plan	Do	Check	Act
1	Land environment	Land use	Earthwork	Disturbances	Plant trees/ solar
2	Water environment	Water requirement	Waste water treatment	Water balance	Water recharge
3	Vegetation	Local ecosystem	Site modification	Threats	Tree plantation/ create water bodies
4	Fauna	Displacement of fauna	Create barriers	Impacts	Corridors/ fish ladders
5	Air environment	Atmospheric concentration	Transport infrastructure	Movement patterns	Traffic management
6	Aesthetics	Vicinity	Urban design	Obstruction	Landscaping
7	Socio-economic aspects	Local population	Social infrastructure	Adverse effect	Safeguard local community
8	Building materials	Embodied energy	Energy efficient process	Pollution	Recycle materials
9	Energy conservation	Power requirement	Renewable energy consumption	Energy balance	Non-conventional energy technologies
10	Environmental management plan	Construction phase	Operation phase	Environmental regulations	Mitigation measures

Table 2 – Expected duration in days and Expected Variance for implementation of EMS

Activity	t_o	t_m	t_p	Expected duration t_e $t_e = (t_o + 4t_m + t_p)/6$	Expected variance σ $\sigma^2 = \left(\frac{t_p - t_o}{6}\right)^2$
1-2	3	4	5	4	0,11
2-3	1	2	3	2	0,11
2-4	2	3	4	3	0,11
3-5	3	4	5	4	0,11
4-5	1	3	5	3	0,44
4-6	3	5	7	5	0,44
5-7	4	5	6	5	0,11
6-7	6	7	8	7	0,11
7-8	2	4	6	4	0,44
7-9	1	2	3	2	0,11
8-10	4	6	8	6	0,44
9-10	3	5	7	5	0,44

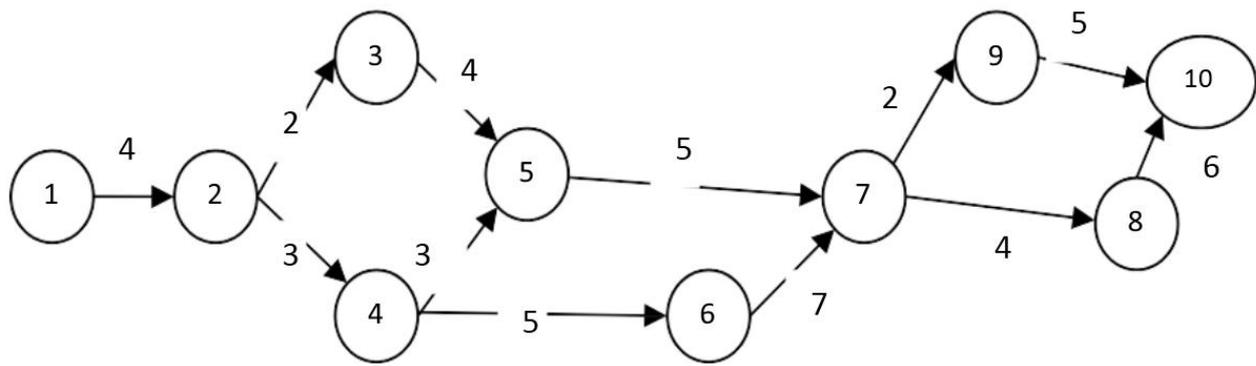


Fig. 1. Network diagram of the activities in environmental impact checklist for EMS process within the estimated time duration

Conclusions. Therefore from the expected duration, it is observed that the critical path of the overall EMS process as provided in the network diagram at figure 1 is 1-2-4-6-7-8-10. The expected variance of the length of the EMS process will be the sum of the expected variances of all the critical activities in environmental impact checklist for EMS process. Therefore, the expected variance of the length for implementation of EMS process is equal $0,11+0,11+0,44+0,11+0,44+0,44 = 1,65$ and the expected standard deviation of the completion time of the EMS process is equal $\sqrt{1,65} = 1,29$ (Fig. 1).

REFERENCES:

1. Manual on norms and standards for environment clearance of large construction projects, (2006) New Delhi, India.
2. Sundaresan, V, Ganapathy Subramanian, K.S, Ganesan, K. (2000), Resource Management Techniques, A.R. Publications, Tamil Nadu, India.
3. Christini G., Fetsko M., and Hendrickson C. (2004), Environmental Management Systems and ISO 14001 Certification for construction firms. Journal of construction engineering and Management, DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2004)130:3(330).
4. Amiri M.M., Noubbigh H., Naoui K. and Choura N., (2015), Environmental Management System: Environmental Impacts and Productivity. International Journal of Business and Management, doi:10.5539/ijbm.v10n11p107.
5. Akyürek A. and Nuri Ağdağ O. (2017). Evaluation of Environmental Management System Implementation in Construction Projects. European Scientific Journal, July 2017 /SPECIAL/ edition.
6. Report of the comptroller and Auditor general of India on environmental clearance and post clearance monitoring, (2016), Indian Audit and Accounts department, Ministry of Environment, forest and climate change, Government of India, Report No. 39 of 2016.

ПОДГОТОВКА ЧЕРТЕЖЕЙ ДЛЯ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ

Одним из этапов выполнения разбивочных работ [1-5] на строительной площадке является подготовка чертежей для выноса в натуру. Для этого чертежи, полученные от проектировщиков, переносят на разбивочные оси геодезистов. Таким образом получают элементы здания на осях в координатах, с целью дальнейшего выноса этих элементов в натуру при помощи тахеометра.

В данной статье рассмотрена подготовка чертежей на примере четырёхсекционного здания, схема которого представлена на рис. 1. Оси в координатах, на которые необходимо его перенести, изображены на рис. 2. Зачастую, этот процесс состоит из масштабирования чертежа и поворота здания в плане.

Начнём с первой секции. Для этого скопируем все элементы с проектного плана, кроме осей, и переместим на разбивочный чертёж (рис. 3).

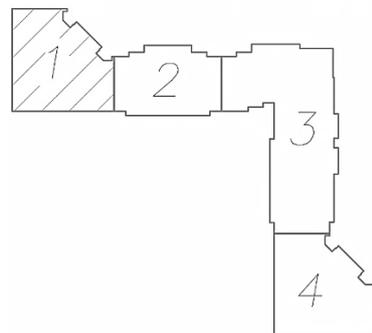


Рис. 1

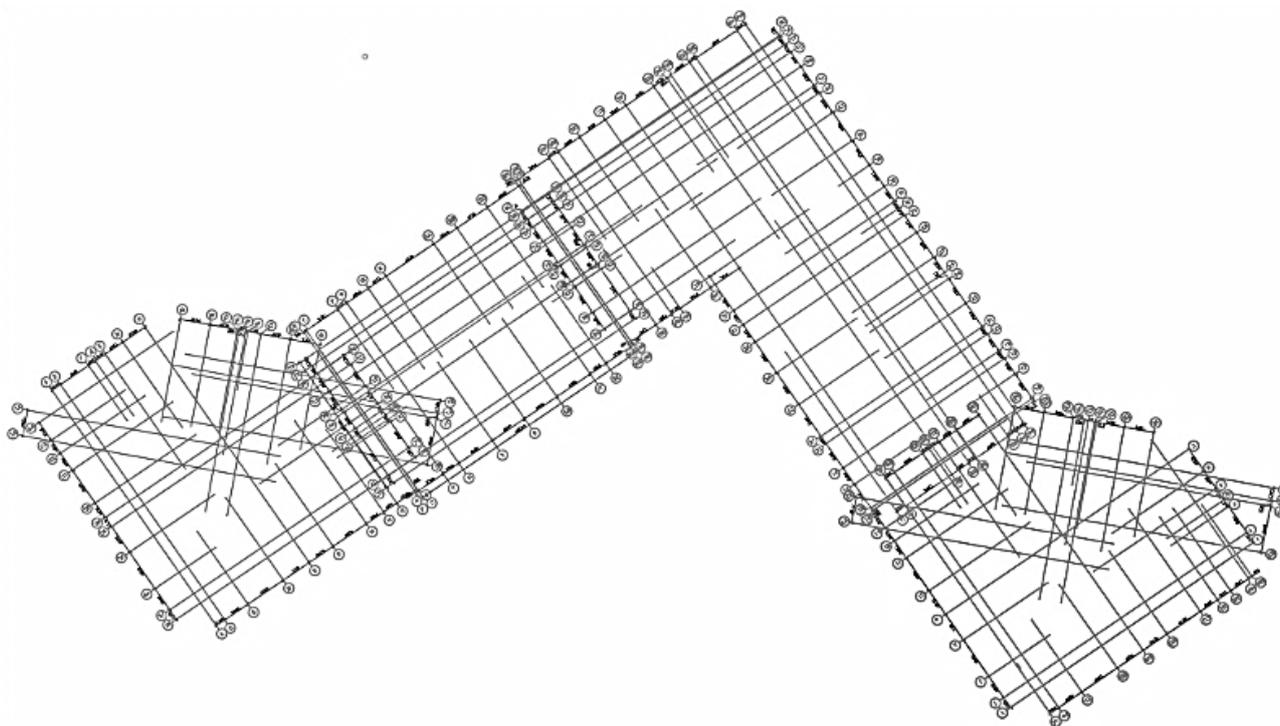


Рис. 2

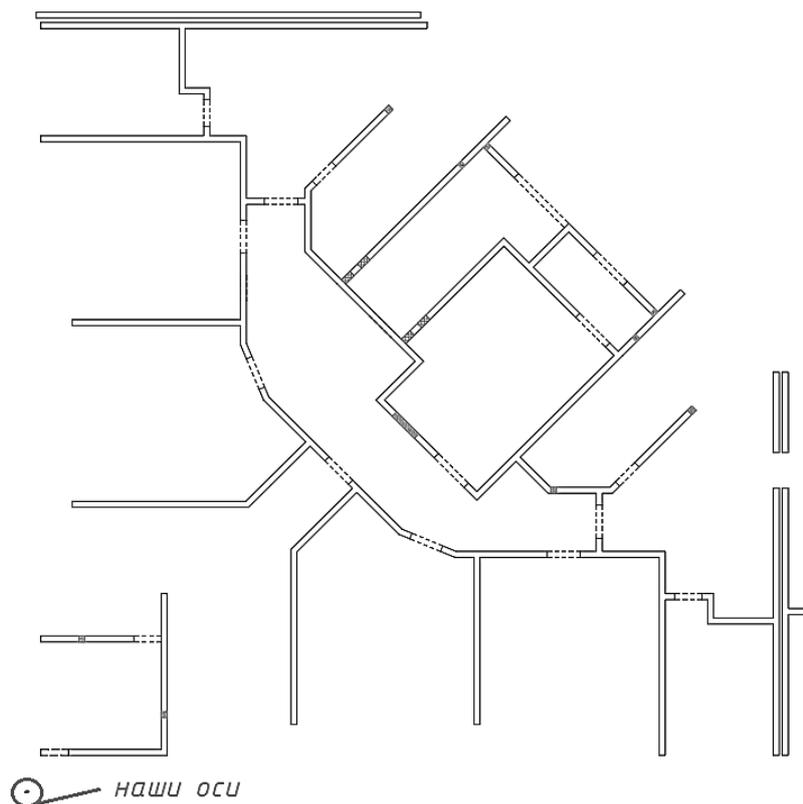


Рис. 3

После копирования необходимо разобраться с масштабом. Проектные чертежи выполняются в миллиметрах, поэтому, вставленные элементы необходимо уменьшить в 1000 раз. Сделать это можно с помощью функции «масштаб» на вкладке «главная» в разделе «редактирование» (рис. 4).

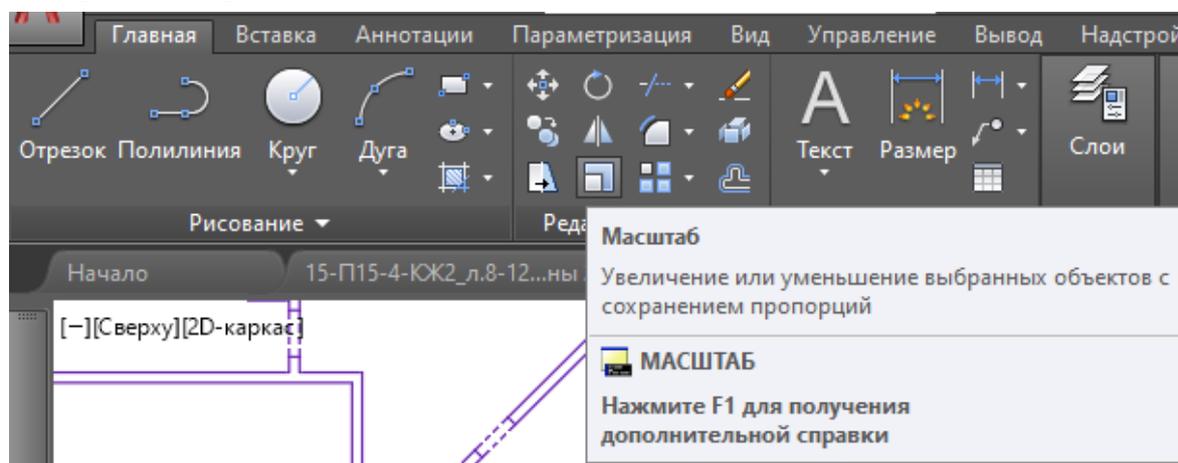


Рис. 4

Выбрав опорную точку (неважно какую), можем с клавиатуры ввести коэффициент масштабирования. Нам, чтобы уменьшить чертёж элементов в 1000 раз, необходимо использовать коэффициент 0,001. Теперь отмасштабированный чертёж можно перенести на оси. Выберем опорную точку для копирования. Удобно брать точку, которая лежит на пересечении двух перпендикулярных осей. После переноса поворачиваем нашу секцию так, чтобы стены лежали ровно на осях.

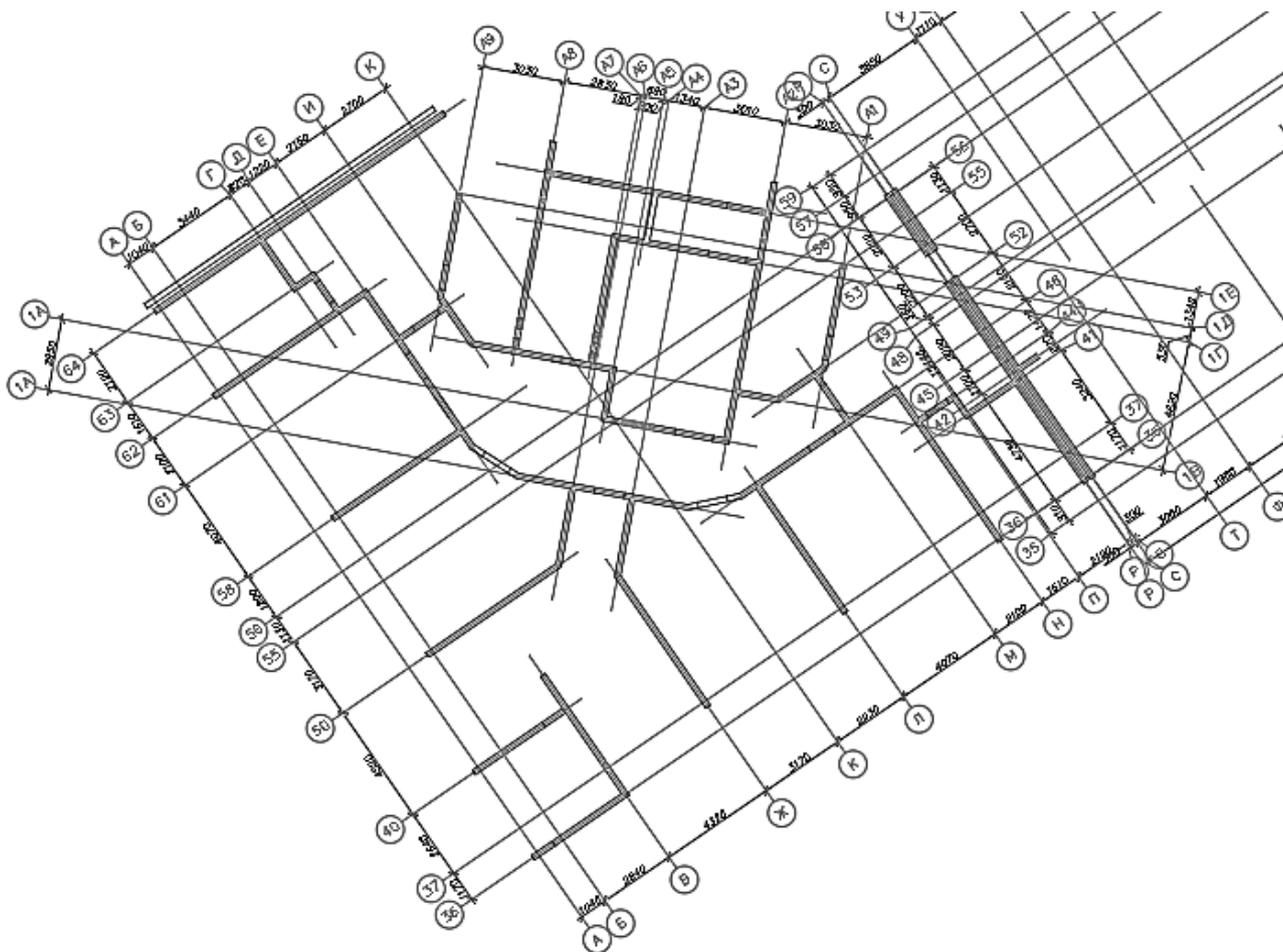


Рис. 5

Готовый чертёж первой секции представлен на рис. 5. Аналогично поступаем с остальными секциями.

Таким образом, получаем чертёж, в котором конструктивные элементы здания имеют координаты. Теперь нужно поставить точки на эти элементы, и полученный набор точек загрузить в прибор для дальнейшего вынесения их в натуру.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Беляев Н.Д., Загрядская Н.Н., Михаленко Е.Б. Инженерная геодезия. Решение основных инженерных задач на планах и картах: Учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006– 104 с.
2. Левитская Т.И. Основы геодезии. учебное пособие. Издательство Уральского университета, Екатеринбург, 2017 – 88 с.
3. Гриднев С.П., Поклад Г.Г. Геодезия: учебное пособие для вузов. М. : Академический проект, 2007 – 592с.
4. Левчук Г.П. Прикладная геодезия основные методы и принципы инженерно-геодезических работ. М.: Недра, 1981 – 438 с.
5. Лебедев Н.Н., Левчук Г.П., Новак В.Е. Прикладная геодезия. М.: Недра, 1983 – 400 с.

BENEFITS OF USING DIGITAL TWINS FOR FACILITY MANAGEMENT

Objective of this research paper – to define the benefits of using digital twin (DT) in the construction industry in order to support decision-making process as well as improve managing of facilities besides its effect to decrease maintenance costs.

In order to achieve the desired objective, we conducted a theoretical study for a specific group of researches and projects that dealt with using of DT in the construction sector, in addition to conducting analysis and comparison between the results of these studied materials.

It is obvious that building information modeling (BIM) is considered as one of the most important developments that have emerged in the construction industry. Furthermore, the BIM 3D models represent a database that contains all information about the building that can be used as a basis for creating DTs. DT represents one of the main issues of Industry 4.0, which will contribute significantly to improving the management of various types of assets. A DT is a dynamic virtual representation of a physical object or asset during its lifecycle that uses real-time data to facilitate comprehension, learning, and reasoning.

According to [1], the researchers created a dynamic DT which will help to monitor the situation of the assets, as well as predicting their future performance. Several studies have confirmed the important role of DTs to move towards smart cities [2, 3]. According to [4], it was conducted that it is possible to make a smart DT for a university campus by using the integration between BIM models and internet of things (IoT), where a BIM model had been created by using Autodesk Revit and Dynamo in addition to using cloud servers and sensors to collect data from the studied area and made predictive analyses in order to make response. Other researchers emphasized through their studies the necessity of using information and communication technologies (ICTs) to create smart cities and buildings [5]. It was found that, it is possible to use DT for life cycle assessment (LCA) [6]. In addition, others found that creating DT will contribute effectively to the LCA of projects through different stages as well as ability to use them for sustainability assessment [7, 8]. Some researchers concluded that it is possible to use laser scanning technology in order to create DT for existing assets [9]. In a recent paper [10], researchers had clarified an approach to creating a DT for a hospital in China, in addition to how to use this DT during the whole life cycle of the project in different aspects.

It was obvious that it is possible to create DT by using the integration between the BIM model and IoT, furthermore, researchers have confirmed that it is mandatory to achieve consistency which is so important to form the virtual model to the reality in order to help users to figure out any problem at time to make required responses. In Fig. 1, we can see the required steps and stages applied by researchers to establish this DT and as a result, the researchers confirmed that by using DT for this project, the owner satisfaction rate increased by 10%, in addition to avoid and decrease facility faults and maintenance work by 10%, furthermore, using DT had led to reducing annual energy consumption by 1%.

In Fig. 2, we can see the analysis of all studied materials mentioned during our work. As we can notice, almost all studies that we dealt with during this study emphasized the necessity of relying on BIM models as a base for creating DT, as these models represent databases for all building elements that can be used effectively to create DT, furthermore, it was obvious that almost all researches conducted the importance of DT for managing maintenance processes. On the other hand, we can see that few researches dealt with the effect of using DT on the energy consumption of the buildings. It was obvious that too few studies considered the issues related to protecting automated data, in addition to how to deal with the large amount of data, which may constitute important research issues due to the importance of data, especially in the case of creating digital models for important facilities.

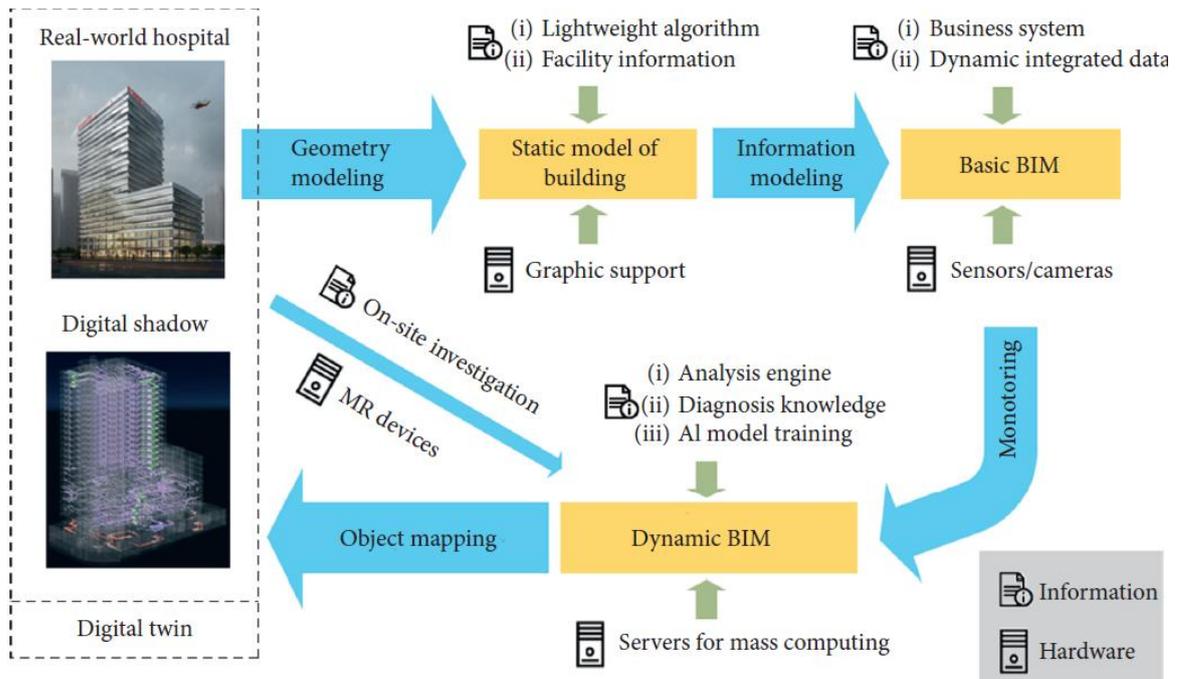


Fig. 1. Applied steps in order to create DT [10]

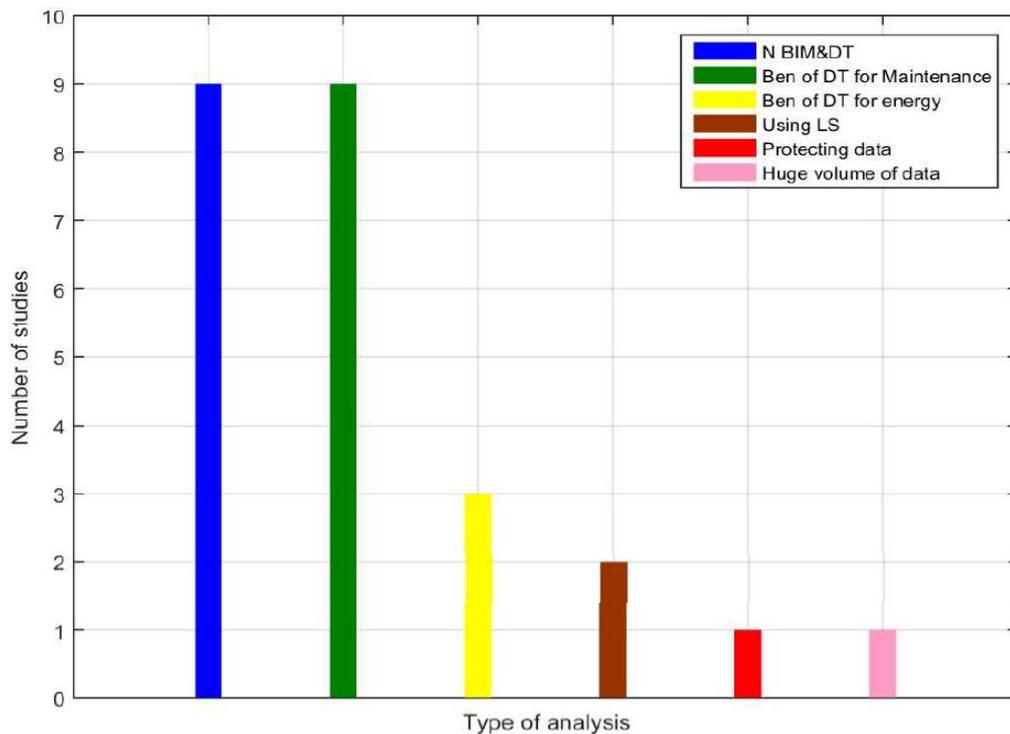


Fig. 2. Analysis of the studied materials

According to our work, we concluded the following points:

1. Using DT in the scope of facility management is effectively useful, by decreasing the probability of faults happening, in addition, to support the decision-making process.
2. DT will effectively contribute to decreasing maintenance costs and annual energy consumption.
3. Using DT will effectively increase owners' satisfaction and help them to track the situation of their assets.

REFERENCES:

1. Qiuchen Lu, V., Parlikad, A.K., Woodall, P., Ranasinghe, G.D., Heaton, J. Developing a Dynamic Digital Twin at a Building Level: using Cambridge Campus as Case Study. *International Conference on Smart Infrastructure and Construction 2019 (ICSIC)*. 2019. Pp. 67–75. DOI:10.1680/icsic.64669.067. URL: <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/10.1680/icsic.64669.067>.
2. Villegas-Ch, W., Palacios-Pacheco, X., Luján-Mora, S. Application of a Smart City Model to a Traditional University Campus with a Big Data Architecture: A Sustainable Smart Campus. *Sustainability*. 2019. 11(10). Pp. 2857. DOI:10.3390/su11102857. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/10/2857>.
3. Vasileva, R., Rodrigues, L., Hughes, N., Greenhalgh, C., Goulden, M., Tennison, J. What Smart Campuses Can Teach Us about Smart Cities: User Experiences and Open Data. *Information*. 2018. 9(10). Pp. 251. DOI:10.3390/info9100251. URL: <http://www.mdpi.com/2078-2489/9/10/251>.
4. Zaballos, A., Briones, A., Massa, A., Centelles, P., Caballero, V. A Smart Campus' Digital Twin for Sustainable Comfort Monitoring. *Sustainability*. 2020. 12(21). Pp. 9196. DOI:10.3390/su12219196. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/21/9196>.
5. Liu, Z., Zhang, A., Wang, W. A Framework for an Indoor Safety Management System Based on Digital Twin. *Sensors*. 2020. 20(20). Pp. 5771. DOI:10.3390/s20205771. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/20/5771>.
6. Kaewunruen, S., Peng, S., Phil-Ebosie, O. Digital Twin Aided Sustainability and Vulnerability Audit for Subway Stations. *Sustainability*. 2020. 12(19). Pp. 7873. DOI:10.3390/su12197873.
7. Tagliabue, L.C., Cecconi, F.R., Maltese, S., Rinaldi, S., Ciribini, A.L.C., Flammini, A. Leveraging digital twin for sustainability assessment of an educational building. *Sustainability (Switzerland)*. 2021. 13(2). Pp. 1–16. DOI:10.3390/su13020480.
8. Akbarieh, A., Jayasinghe, L.B., Waldmann, D., Teferle, F.N. BIM-based end-of-lifecycle decision making and digital deconstruction: Literature review. *Sustainability (Switzerland)*. 2020. 12(7). DOI:10.3390/su12072670.
9. Badenko, V., Fedotov, A., Zotov, D., Lytkin, S., Volgin, D., Garg, R.D., Liu, M. Scan-To-Bim Methodology Adapted For Different Application. *ISPRS – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2019. XLII-5/W2(5/W2). Pp. 1–7. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-5-W2-1-2019. URL: <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLII-5-W2/1/2019/>.
10. Peng, Y., Zhang, M., Yu, F., Xu, J., Gao, S. Digital Twin Hospital Buildings: An Exemplary Case Study through Continuous Lifecycle Integration. *Advances in Civil Engineering*. 2020. 2020. Pp. 1–13. DOI:10.1155/2020/8846667. URL: <https://www.hindawi.com/journals/ace/2020/8846667/>

UDC 624

S. Dwivedi, J. Godinho
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

THE RISK FACTORS AFFECTING CONSTRUCTION AND RENOVATION PROJECTS

Every construction project has risks. The projects that succeed are the ones that plan for those risks anticipating, mitigating, and providing a response for negative events that may or may not occur. Nonetheless, risk management is a relatively new field of endeavor in the construction industry. In order to identify and manage risks, you need to know the types of risks inherent in construction projects. These can be financial, contractual, operational, and environmental and can be caused by both internal and external sources. In this article, we will focus on the risks or issues that occur during a project of which inevitably compromises time and cost.

In the process of large-scale construction, example high-speed rails, expressways, rapid improvements of urban infrastructure and bridge construction, these projects usually get into an unprecedented construction stage. This is no exception for complex and technical projects for example updating MEP (mechanical, electrical, and plumbing), HVAC (heating, ventilation, and air conditioning) systems to more energy efficient systems. In the process of construction, there is a variety of risk factors, which can greatly influence the safety and the quality of construction project, conceding the structure

reliability, the organization management and the natural disasters etc. Therefore, an appropriate risk assessment for risk factors in construction stages are exactly essential.

To analyze risks, various techniques and models have been developed by researchers. The program evaluation and review technique (PERT) devised by the U.S. Department of the Navy (1958) [1] is a scheduling risk analysis tool. The advanced programmatic risk analysis and management model (APRAM) [2] is an example of a decision support framework that can be useful for the management of the risks that can result in project failures [3, 7]. The evaluating risk in construction–schedule model (ERIC–S) is a comprehensive schedule risk model that estimates the pessimistic and optimistic values of activity durations based on project characteristics [4]. The construction schedule risk analysis model (CSRAM) evaluates construction activity networks over the uncertainty of activity durations and risk factors are both correlated [5]. These techniques address the schedule risks, budget risks, or both.

The familiar risk events in construction usually generalize into four types: A) the safety of engineering structure and site; B) the defect of construction technology; C) the drawback in organization management and D) the natural disasters.

In the light of these four types of risk events, compared with other complex systems, the risk assessment of construction has three following characteristics:

- 1) multi-objective – high standard and complex procedures;
- 2) high uncertainty – the risk factors that change greatly with construction methodology;
- 3) dynamic changes in construction progress – the level of risk events is changing dynamically with construction progress and the high correlation between each risk event.

1) For multi-objective (high standard and complex procedures) the risk assessment not only focuses on the structure safety in permanent and temporary construction, but also attention must be paid to the material supply or working process. In this case, one risk may give rise to many expected or unexpected accidents.

A) Contractual risks that includes: change in project scope and change orders, contractual anomalies disputes & claims, and unrealistic cost estimates and schedules. B) Health and safety risks, it includes, accidents, equipment & property damage, and fatalities.

2) High uncertainty (when the risk factors change greatly with construction methodology) have the following peculiarities. For different construction methods, different equipment and different working processes are employed, so the risk events are is very different. There also is a multitude of uncertainties in construction, for example, the personal experience of worker or manager, the technologies employed on site as well as the weather effect and so on.

A) Design risks include design changes, incomplete designs and inadequate site investigations. B) Management risks include inadequate project planning, insufficient engineers and specialists, lack of coordination, poor site management and supervision, and incompetent subcontractor.

C) Organization management risks include such as construction delays, defective work and quality issue, insufficient technology, low labor productivity, material shortage, excessive inspections and audits, unclear scope of work, unexpected site conditions, and unexpected weather.

3) For dynamic changes in construction progresses the level of risk events is changing dynamically with construction progresses and the high correlations between each risk event. Most risk events go with the entire construction progress, however, due to its high correlation, some risk events have different probabilities of occurrence and extent of damage in different times.

A) Financial risks consist of unavailability of funds, inflation, hike in material prices, financial delays and national economic. B) External risks involve delay in approval from regulatory bodies, political instability, third-party delays, unstable government policies and unavailability of land and right of way that restricts access to the site.

From the given classification the following main steps of the risk analysis were suggested and performed:

- Develop the context: The context of risk analysis is extremely important, and this was indicated by the 33 interviews conducted during the study. This can serve as a boundary for risk analysis as augmented by researchers [6].
- Identify risks: The risk identification process consists of various tools and techniques and includes checklists, brainstorming, historical data, and ideas of elicitation techniques.
- Quantify risks: After the probability has been determined; its impact needs to be formulated. This can be in terms of cost, time, or both.
- Create the project cost-loaded schedule: The project baseline schedule must be created at the beginning of the project against which the project's progress can be measured. It includes several stages: load the schedule with risks, run Monte Carlo simulation, understand the output.

In general the presented study describes a systematic way to identify and quantify potential risks related to construction projects affecting project schedule and costs. Although construction projects have specific conditions, professionals can still obtain useful information from the findings, as every project has risks to be managed. The schedule risk can generate cost risk. Monte Carlo simulation can be applied to schedule and cost risk analysis and management. For example, knowing the probabilistic cost is important for forecasting long-term budgeting and determining how to mitigate the risks by choosing appropriate insurance plans and strategies. Another way of mitigating risk is by understanding sequential delays for each stake holder by allocating appropriate penalties and stipulate each parties/stake holders' responsibilities they are liable for.

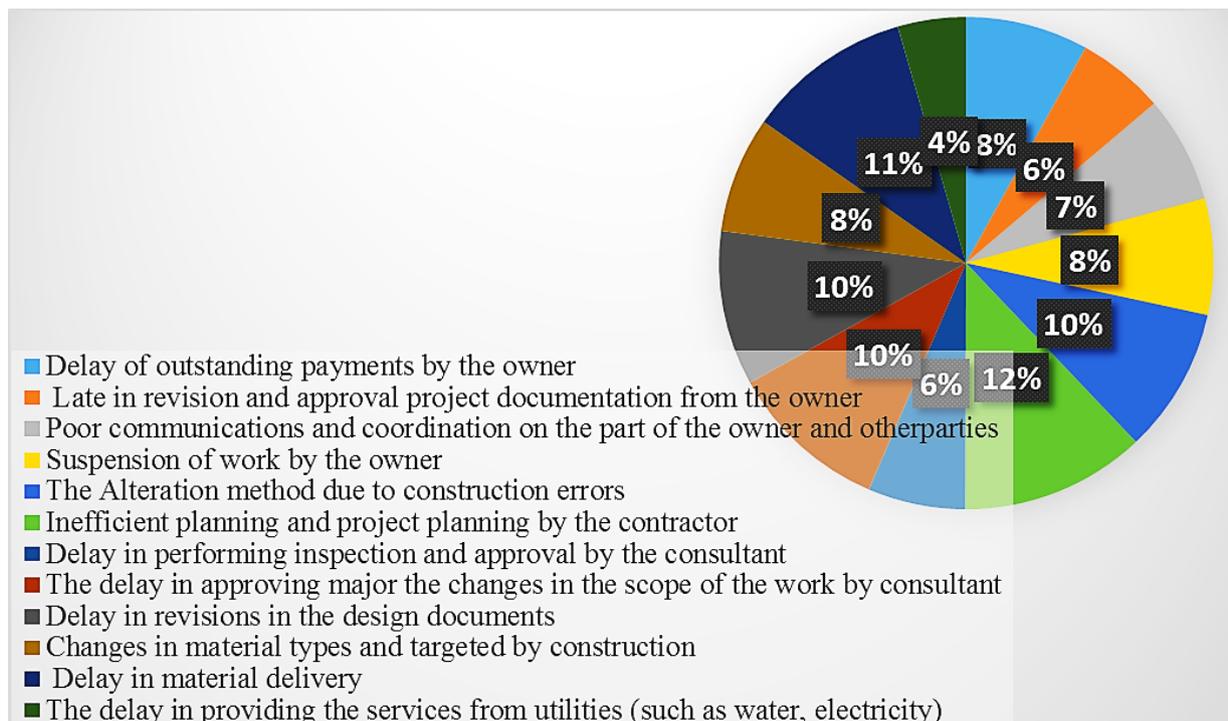


Fig. 1. Delays encountered by professionals in the industry

The relative importance index categorized seven risk categories in descending order, including financial risks, external risks, design risks, management risks, construction risks, contractual risks, and health and safety risks. Financial risks were the major factor in affecting the costs and schedule of projects. Among the all factors, the main stakeholder related faults were ranked as follows: 1) financial failures of contractor, 2) consultant mismanagements, 3) owner related conflicts, alterations and communication problems. From the questionnaires sent out, 47.1% of the 33 construction professionals said difficulties with funding the project by the contractor was highly ineffective therefore showing that

most contractors mismanage funds. Major mismanagement came from unforeseen process delays (see Fig.1) that directly affect cost and cash flow problems.

As seen in the results inefficient planning and project planning by the contractor was the most frequent cause of delay, cost and cashflow problems. The research demands that project managers conduct risk analysis to identify potential threats at the early stages of construction projects. Risk forecasting can facilitate decision-making and identify areas of concern for management to take proactive decisions. The information provided in this study will enable construction professionals to better ensure that their projects progress smoothly without making unwarranted mistakes. This should be helpful in improving the performance of their projects. The study is valuable for planners, professionals, academicians, and project managers who are involved in heavy construction and the construction industry in general.

LITERATURE:

1. Program evaluation and review technique. Wikipedia
2. Dillon, R. L., and Paté-Cornell, M. E. (2001). APRAM: An advanced programmatic risk analysis method. *Int. J. Technol. Policy Manage.* 1(1), 47–55.
3. Imbeah, W. and Guikema, S (2009) Managing Construction Projects Using the Advanced Programmatic Risk Analysis and Management Model. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(08), 772–81.
4. Nasir et al. (2003), Evaluating Risk in Construction – Schedule Model (ERIC-S): Construction Schedule Risk Model. *Journal of Construction Engineering and Management*, 129(5).
5. Ökmen O. and Öztas A. (2008). Construction Project Network Evaluation with Correlated Schedule Risk Analysis Model. *Journal of Construction Engineering and Management* 134(1)
6. Loosemore, M., Raftery, J., Reilly, C., and Higgon, D. (2006). *Risk management in projects*, Taylor & Francis, London, 288 p.
7. Choudhry, R. M., and Iqbal, K. (2013). Identification of risk management system in construction industry in Pakistan. *J. Manage. Eng.*, 10.1061/ (ASCE)ME. 1943-5479.0000122, 42–49

UDC 52.08

K.V. Voichenko
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

ESTIMATION OF THE LASER SCANNER MEASUREMENTS QUALITY

In the rapidly developing construction industry, it becomes especially important to use tools that could increase the speed and efficiency of work. Automation of the process could partially solve this problem, since it minimizes the risk of a human factor and also accelerates various types of work.

For road construction, a solution can be found in the use of geodetic equipment based on laser scanning. However, this type of equipment is not suitable for all types of work, since its accuracy is less than that of conventional electronic theodolites, levels and total stations.

To achieve the most accurate results when using such innovative devices, it is necessary to use auxiliary equipment, as well as follow a number of recommendations, the exact list of which is not yet available, as well as the list of works for which laser scanners are acceptable. There is still no complete solution in this area, since such types of devices began to be used in Russia relatively recently, although there are some developments.

A great contribution to the study of modern geodetic technologies based on laser scanning was made by Lopuhov V.Y., Etcho M.M., Shevchenko A.O. and Frejdin A.Y. Their works provide basic information about the possibilities of using such devices in various sectors of construction. The main principles of measurements and recommendations for their automation are also described [1, 2].

A more complete understanding of this issue was achieved in the works of Germonova E.A., Pashkov Y.D., Shostak A.Y., Strus' S.S., Kovrov A.A. [3-5]. They analyzed possible errors that occur

when using laser scanners. Also, methods were proposed for creating of full-fledged three-dimensional models of varying accuracy for a more detailed study of construction objects.

The purpose of the present study is to determine the sequence of actions, taking into account all the parameters necessary to determine the deformation of the road surface using a laser scanner. To do this, the following tasks were set: review and analysis of scientific literature; calculating the error of the laser scanner used; making recommendations to reduce errors.

Theodolites, levels, tacheometers are still traditional instruments for carrying out prospecting and geodetic works. This is due to the fact that they are highly accurate, and also well studied: possible errors and problems that arise when taking measurements are known. On the other hand, the accuracy of the obtained values strongly depends on the qualifications of the operator, and measurement usually takes a long time, especially when used in difficult weather conditions [6]. Laser scanners compare favorably with old measuring instruments in that they have more functionality, simplicity of the interface, as well as full automation of the process, which allows to spend much less time [7]. However, as mentioned above, scanners are less accurate [8]. And in order to estimate the accuracy, we need to calculate the root mean square error. For this, I measured the elevation of a point 20 times using a Leica laser scanner, type Pegasus: two ultimate. Its true elevation is known with an accuracy of 0.2 mm, which will allow us to fairly estimate deviations from the real value and calculate the error. All 20 measurements were carried out under the same conditions, with the same communication quality and in the same real-time (RTK) mode, which will partially improve the measurement accuracy. The altitude coordinate of the studied point is 12.041 meters. The calculations are presented in Table 1.

Table 1 – Definition of the mean square error

№ of measurement	Measurement result x_i , m	Deviation from the real value, m	Deviation from arithmetic mean $x_i - \bar{x}$, m	Square Deviations $(x_i - \bar{x})^2$
1	12,036	0,005	0,004	0,000016
2	12,043	0,002	0,003	0,000009
3	12,044	0,003	0,005	0,000025
4	12,038	0,003	0,002	0,000004
5	12,032	0,009	0,008	0,000064
6	12,046	0,005	0,006	0,000036
7	12,038	0,003	0,002	0,000004
8	12,043	0,002	0,003	0,000009
9	12,042	0,001	0,002	0,000004
10	12,041	0,000	0,001	0,000001
	Average $\bar{x} = 12.040$			$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 0.000172$

Next, we apply the formula for the root-mean-square error and get:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{0,000172}{9}} = \sqrt{0,0000191} \approx 0,004 \text{ м.}$$

The results in the table show that the studied laser scanner has a high accuracy. This is evidenced by such indicators as the root mean square error, which was only 4 mm, as well as the maximum deviation from the true value was 9 mm. These values can be associated with a rather low frequency of shooting of this laser model in comparison with other models (about 8 frames per second); as well as the close proximity of large objects, from which the receiver signal can be partially reflected [9].

From the point of view of regulatory documents, the root-mean-square error, which should be no more than 5 mm, means that the accuracy of this device is sufficient for such types of work as: development of a construction site layout network for enterprises and groups of buildings of medium and small building area; center road network; any structures made of wood; earthen structures; roads; engineering networks; access roads; objects of vertical layout [10].

Some types of work require greater accuracy of the device and, accordingly, much less error than was obtained when measuring with our laser scanner. These types of work, according to SP 126.13330.2017, include: unique and complex elements of construction, multi-storey structures; metal constructions; prefabricated reinforced concrete structures, mounted by self-fixing in the nodes; large enterprises and buildings [10].

To carry out such work, it is necessary to significantly reduce the scanner error. It is not known what maximum accuracy can be achieved with this type of equipment; however, it can be significantly improved by following the tips below. It is recommended to use laser scanners of a stationary type, which can only work in a stable position (without being installed on a moving vehicle). They have a significant advantage in scanning speed, which means they have much lower error rates. A long-term measurement method is recommended, with the help of which the apparatus can make a larger number of measurements and find the average of them, by means of automated calculations.

In general the described study showed that geodetic equipment based on laser scanners has an accuracy sufficient for carrying out work on linear structures, utility networks and, in general, on small structures. For the use of the device in solving more serious engineering problems, recommendations were given to reduce the root mean square error.

At further stages of the study, the complete procedure for determining the deformation will be described in the form of a diagram, which includes all the actions necessary to take measurements, import into software, create a three-dimensional model of the road.

LITERATURE:

1. Lopuhov V.Y., Etcho M.M., Shevchenko A.O. Analiz effektivnosti primeneniya lazernogo skanera v stroitel'stve pri vypolnenii geodezicheskikh rabot [Analysis of the efficiency of using a laser scanner in construction when performing geodetic work] In the collection: Scientific contribution of young researchers to the preservation of traditions and the development of the agro-industrial complex. Collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students. 2016. Pp. 287-289.
2. Frejdin A.Y. Tryohmernyj lazernyj skaner: princip raboty i oblast' primeneniya [3D laser scanner: operating principle and application]. The world of measurements. 2007. No. 10. Pp. 47-49.
3. Germonova E.A., Pashkov Y.D. Primenenie lazernyh skanerov dlya trekhmernogo modelirovaniya zdaniy i sooruzhenij [Application of laser scanners for three-dimensional modeling of buildings and structures] In the collection: Innovative perspectives of Donbass. Materials of the 3rd International Scientific and Practical Conference. 2017. Pp. 71-76.
4. Shostak A.Y., Strus' S.S. Primenenie nazemnykh lazernyh skanerov v topograficheskoy s'emke [Application of ground laser scanners in topographic survey] Studencheskie nauchnye raboty inzhenerno-zemleustroitel'nogo fakul'teta. Sbornik statej po materialam studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Otvetstvennyj za vypusk I.V. Sokolova. 2016. Pp. 37-45.
5. Kovrov A.A. Tekhnologiya rascheta ob'emov porody v markshejderii s ispol'zovaniem nazemnogo lazernogo skanera riegł lms z420i [Technology for calculation of rock volumes in markshader with use of ground laser scanner riegł lms z420i] Mine surveying bulletin. 2009. No. 1 (69). Pp. 35-37.
6. Yulamanova I.I. Sovershenstvovanie geodezicheskikh izmerenij v prikladnoj geodezii [Improvement of geodetic measurements in applied geodesy]. International scientific journal "Innovative Science". 2016. No. 12 (3). Pp. 166-167
7. Zavarin D.A. Sovremennoe oborudovanie, pribory i metody issledovaniya zemleustrojstva i kadastra [Modern equipment, instruments and methods for researching land management and cadaster]. Problems of business and investment and construction activities. Materials of the XVII Scientific and Technical Conf. 2015. Pp. 114-120

8. Pozdeev I.P., Karasik V.A., Fedorov S.V. Ispol'zovanie lazernykh skanerov pri geodezicheskikh izyskaniyakh [The use of laser scanners in geodetic surveys]. Modern problems of innovative development of science. Collection of articles of the international scientific and practical conference. 2016. Pp. 49-51.
9. Kinkul'kin I.E. Pogreshnosti GNSS, vyzvannye mnogoluchevost'yu, i ih ustranenie [GNSS errors caused by multipath and their elimination] Navigation news. 2012. No. 1. Pp. 11-22.
10. SP 126.13330.2017 Geodetic works in construction.

УДК 625.721

О.М. Каскелайнен, В.Л. Баденко
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МЕТОДИКА ЦИФРОВИЗАЦИИ ДАННЫХ ОБ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДДЕРЖИВАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ

Дороги и соответствующая инфраструктура являются важнейшими составляющими городского хозяйства. В настоящее время для многих построенных автомобильных дорог отсутствует информация об их конструктивных частях, элементах инженерных сооружений и их обустройстве, включая изменения в течение жизненного цикла автомобильной дороги. Информация, хранящаяся в бумажном виде, обуславливает трудности во время поиска документации, поэтому возникает необходимость перевода бумажной документации в машиночитаемые форматы [1]. Таким образом, затрудняется принятие решений о необходимости ремонта и реконструкции дорожной сети, планирования и развития территории. Решить данную проблему можно путем создания цифровой модели дорожной сети при помощи геоинформационных систем.

Цель исследования – разработка и обоснование алгоритма получения и обработки данных о существующих автомобильных дорогах, при помощи создания баз данных в геоинформационных системах для их использования в системах поддержки решений.

На этапе эксплуатации автомобильной дороги геоинформационные системы (ГИС) предоставляют возможность использовать атрибутивно-графическую информацию, работать с объектами пространственной базы данных, получать данные по этим объектам [1].

Автомобильная дорога является сложным объектом и представляет собой комплекс конструктивно сочлененных элементов и отдельных компонентов, имеющих разные сроки службы и учитываемых как отдельные элементы. В связи с этим сбор данных должен выполняться с учетом уже имеющихся результатов обследований, исполнительной, производственно-технической и другой документации. В процессе сбора и обработки данных об автомобильных дорогах необходимо получить определенные характеристики и параметры автомобильной дороги (рис. 1).

Существуют различные способы получения вышеуказанных параметров и характеристик дорог. Для определения каждого из параметров используются свои методы и технологии, поэтому необходима комбинация из нескольких способов получения информации. В зависимости от решаемых задач авторами рекомендуется применять следующее оборудование: передвижные дорожные лаборатории, с возможностью видеосъемки; спутниковые навигационные системы; геодезические приборы; беспилотные летательные аппараты для аэрофотосъемки.

До появления современных технологий проектирование и мониторинг автомобильных дорог выполнялись, как правило, на бумажном топографическом плане, составленном по результатам инженерно-геодезических изысканий. Однако опыт показывает, что даже очень подробная геодезическая съёмка не может предоставить исчерпывающую информацию о местности [2]. К тому же такой метод сбора данных является достаточно дорогостоящим и

требует больших трудозатрат. Поэтому наиболее перспективными методами сбора данных являются комбинация аэрофотосъемки и панорамного видео [3].

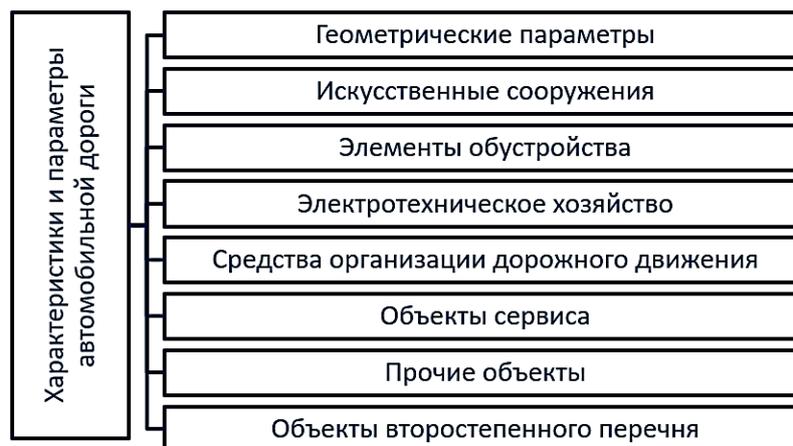


Рис. 1. Характеристики и параметры автомобильной дороги

Перспективным направлением для получения аэрофотосъемки является использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). БПЛА, пролетая по заданному маршруту, получает фотоматериалы, которые (после обработки в специализированном программном обеспечении) служат основой для оцифровки дороги и дорожных объектов [4, 5, 6]. Информативность аэрофотоснимков в полной мере позволяет оценить характеристики того или иного объекта на местности [2].

С помощью цифровых фото- или видеокамер может осуществляться сбор и обработка информации об автомобильных дорогах и дорожных объектах. Этот процесс можно назвать видеопаспортизацией. В процессе видеопаспортизации происходит фиксация объекта обследования, с применением технологии цифровой привязки параметров в реальном времени на местности и современного оборудования для получения цифрового изображения, а также привязкой координат GPS/ГЛОНАСС к местоположению кадра.

Для того, чтобы продолжить работы по оцифровке, необходима структурированная база данных дорожных объектов. База пространственных данных – это набор пространственно определенных данных, выступающих как модели реальных объектов и явлений. Предлагается создавать базу данных дорожных объектов по структуре, соответствующей разработанной авторами, где каждый класс объектов соответствует определенному элементу автомобильной дороги. После формирования базы данных пользователь может начать оцифровку объектов, т.е. наносить их на подложку, в качестве которой предлагается использовать аэрофотосъемку автомобильной дороги, и заполнять необходимые атрибуты, ориентируясь на аэрофотосъемку и панорамное видео или же другие дополнительные данные.

В отличие от других пространственных объектов, дороги имеют специфическую черту – линейность. Речь идет о том, что длина дорог не сопоставима с их шириной, поэтому условно их часто представляют в виде линий. Учет событий на дороге осуществляется в линейных системах отсчета, то есть в километрах и метрах вдоль дороги. Согласно нормативным документам, положение дорожных объектов в материалах проектирования, проектах организации дорожного движения, выходных ведомостях диагностики и паспортизации указывается как расстояние от начала проектируемого участка дороги или от предыдущего километрового столба [7]. Оцифрованные объекты предлагается рассчитывать в линейных системах координат комбинацией стандартных инструментов в программе ArcMAP. После заполнения необходимых атрибутов и расчета объектов готовая база данных может использоваться для различных целей.

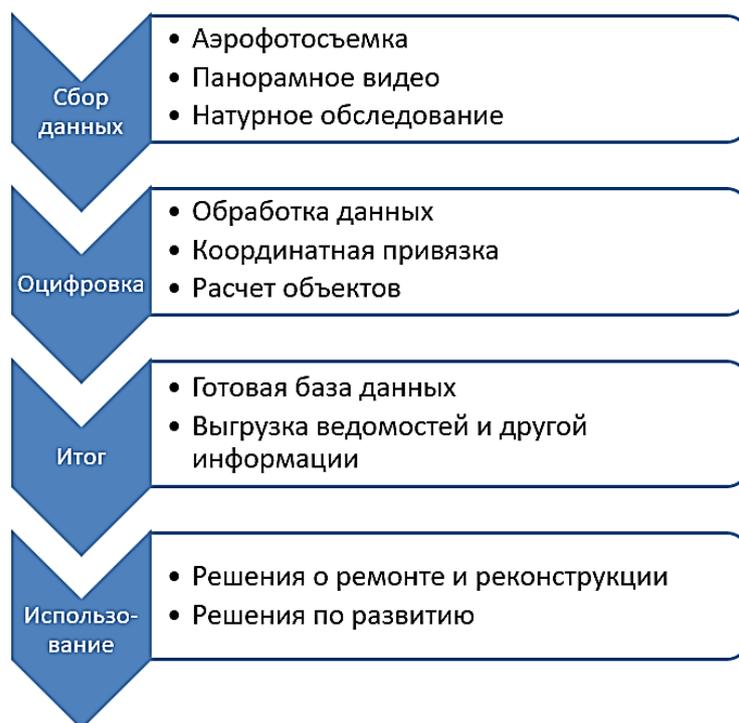


Рис. 2. Алгоритм получения и обработки данных о существующих автомобильных дорогах

Таким образом, в результате исследования составлен перечень и классифицированы характеристики и параметры автомобильных дорог, которые подлежат сбору для создания информационной модели; проанализированы наиболее перспективные методы сбора и обработки этих данных; составлен алгоритм (рис. 2) обработки и занесения в базу данных необходимых параметров.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Романескул Н.Б. Разработка геоинформационной системы для обеспечения изысканий, строительства и эксплуатации автомобильных дорог // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. – 2018. – С. 121-125.
2. Неретин А.Е., Позняк И.И., Кривых А.В. Indormorpher – система подготовки фотопланов автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2013. – №1(1). – С. 60-63.
3. Блинов Д.С. Создание ГИС дорог на примере опыта компании “Индорсофт” при создании ГИС дорог Томской области // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2017. – №2(9). – С. 49-64.
4. Волгин Д.Ю., Лыткин С.А., Липатова А.А., Баденко В.Л. Анализ методов разрешения практических проблем при съемке с БПЛА для создания цифровых моделей объектов // Сборник материалов III Всероссийской НПК «Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. Наука и образование». – 2019. – С. 193-198.
5. Зверев А.П. Некоторые концептуальные положения по использованию беспилотных летательных аппаратов в интересах МЧС России // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2014. – №3. – С. 10-12.
6. Барбасов В.К. и др. Применение малых беспилотных летательных аппаратов для съемки местности и подготовки геоинформационного контента в чрезвычайных ситуациях // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2013. Т.7.
7. Скворцов А.В. Адресный план автомобильной дороги // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2013. – №1(1). – С. 47-54.

СОЗДАНИЕ МЕТОДА ПОСТРОЕНИЯ BIM-МОДЕЛИ
СУЩЕСТВУЮЩЕГО ТЕХНИЧЕСКИ СЛОЖНОГО ОБЪЕКТА

В настоящее время актуальным способом контроля за техническим состоянием существующих зданий и сооружений является информационное моделирование зданий (Building Information Modeling – BIM). Создание BIM-модели любого существующего здания включает в себя составление трёхмерной модели, содержащей всю необходимую информацию об объекте: архитектурную, конструкторскую, технологическую и экономическую [1]. Одним из способов создания информационной модели существующего здания является лазерное сканирование, в результате которого получают облако точек, по которому далее будет выполняться BIM-модель здания.

Целью данной работы является создание и описание метода построения информационной модели существующего технически сложного объекта по данным наземного лазерного сканирования (НЛС).

Понятие «особо опасный и технически сложный объект» используется в градостроительном законодательстве. Перечень объектов, которые относятся к категории особо опасных и технически сложных, приведён в Градостроительном кодексе РФ [2]. В частности, к таким объектам относятся опасные производственные объекты, подлежащие регистрации в государственном реестре:

а) опасные производственные объекты I и II классов опасности, на которых получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества;

б) опасные производственные объекты, на которых получают, транспортируются, используются расплавы черных и цветных металлов, сплавы на основе этих расплавов с применением оборудования, рассчитанного на максимальное количество расплава 500 килограммов и более;

в) опасные производственные объекты, на которых ведутся горные работы (за исключением добычи общераспространённых полезных ископаемых и разработки россыпных месторождений полезных ископаемых, осуществляемых открытым способом без применения взрывных работ), работы по обогащению полезных ископаемых.

Процедуру создания информационной модели можно разделить на 4 основных этапа (рис. 1). Кроме данных основных этапов предлагаемый авторами метод построения BIM-модели состоит из дополнительных этапов, без которых решение выполняемой задачи будет невозможным. Авторы статьи выделяют подготовительный этап, который является одним из трудоёмких. Данный этап выделяется с целью полного изучения и осмотра объекта сканирования и подготовки к непосредственному сканированию объекта. Состав подготовительного этапа представлен на рис. 2.

В начале подготовительного этапа проводится изучение архивных чертежей, что даёт представление о конструктивных решениях объекта. С одной стороны, в архивных чертежах содержится полезная информация о виде и конструкции фундаментов, геометрические размеры скрытых несущих конструкций и их схемы армирования [3]. С другой стороны, нельзя полностью полагаться на архивные чертежи, так как на практике в некоторых случаях наблюдаются несоответствия проектной документации. В таком случае необходимо будет проведение дополнительных исследований конструкций (выполнение шурфов, кернов, вскрытий).

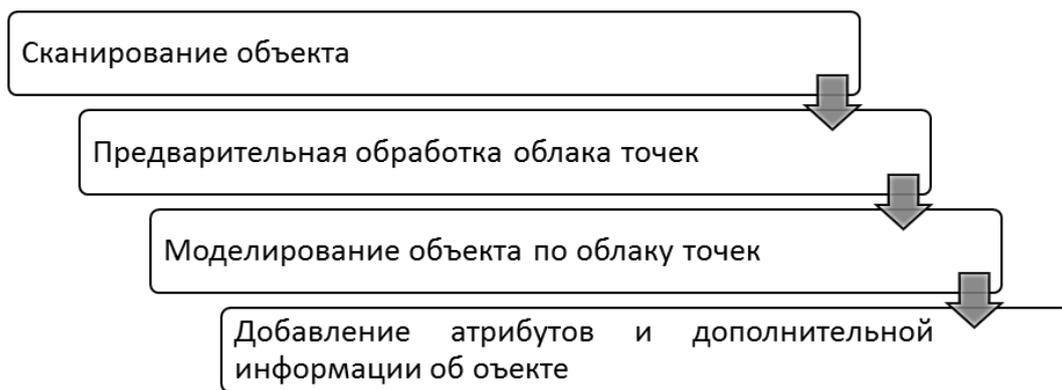


Рис. 1. Процедура создания 3D-модели



Рис. 2. Состав подготовительного этапа

Для создания наиболее практичной схемы расположения точек сканирования необходимо приостановить работу движущихся механизмов объекта и обеспечить доступ ко всем закрытым или неиспользуемым помещениям, в которых можно будет получить доступ к скрытым несущим конструкциям. Далее необходимо провести полный осмотр объекта с целью выявления «проблемных» участков, требующих проведения более детального сканирования. Если проведение детального сканирования невозможно, то следует выполнять измерения ручным способом. Также после обследования всего объекта следует предварительно выполнить разбивку координационных осей.

В заключении подготовительного этапа необходимым будет отдельный осмотр запланированных станций сканирования с целью выявления возможности и метода установки сканера. Перед непосредственным сканированием объекта следует разместить на плоских сухих поверхностях чёрно-белые метки, напечатанные на листе бумаги. Это поможет при глобальной регистрации сканов и сборке единого облака точек. Метки обеспечивают высокую точность совмещения нескольких сканов, которые будут получены в процессе съёмки объекта [4].

Таким образом, на выходе мы получаем полностью продуманную и спланированную схему сканирования, которой следует придерживаться при выполнении работ по сканированию исследуемого технически сложного объекта. Пример схемы расположения станций сканирования представлен на рис. 3.

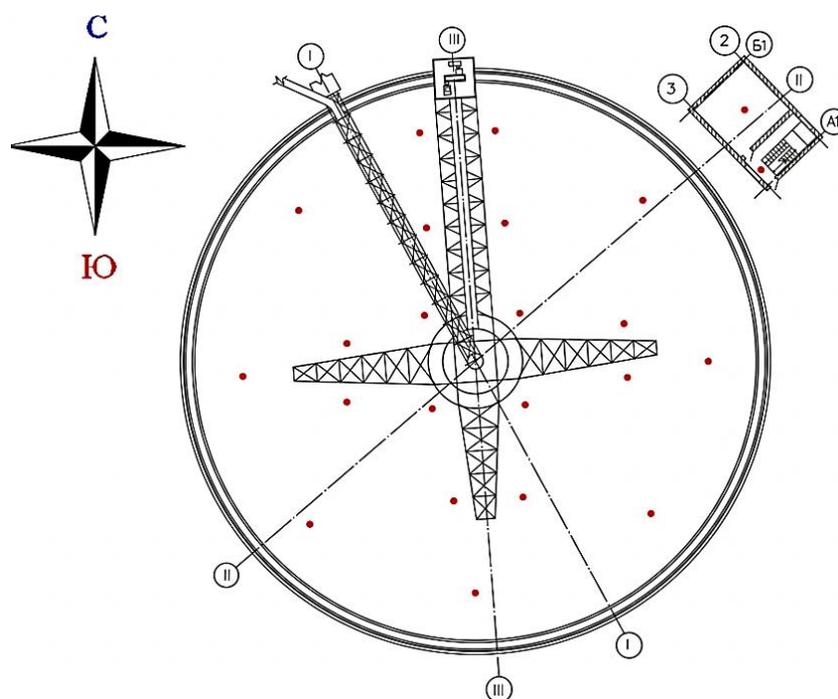


Рис. 3. Схема расположения станций сканирования при проведении работ на технически сложном объекте

При проведении обработки данных наземного лазерного сканирования может быть выявлено наличие слепых зон или некачественных сканов [5, 6]. Данные недочёты обычно выявляются на стадии предварительной обработки данных при «грубой» регистрации облаков точек. В таком случае следует организовать повторный выезд на объект с целью дополнительного сканирования выявленных слепых зон.

Таким образом, в данной работе описан метод построения BIM-модели существующего технически сложного объекта по результатам НЛС. Предлагаемый метод является уникальным и может быть использован для решения различных задач в строительной отрасли. Однако стоит отметить, что скорость и качество построения модели напрямую зависит от того, насколько качественно удалось провести сканирование. Следование данному методу позволит получить наиболее точную и качественную информационную модель существующего сооружения, которая будет полезна на всех стадиях жизненного цикла объекта.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Tang, P et al. Automatic reconstruction of as-built building information models from laser –scanned point clouds: A review of related techniques //Automation in construction. – 2010. – Т19. – №7.-С.829-843.
2. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 30.12.2020) (с изм. и доп., вступ. в силу с 10.01.2021). ГрК РФ Статья 48.1. Особо опасные, технически сложные и уникальные объекты.
3. Урявина О.А., Проклашкин Д.Н. Современные технологии проектирования при строительстве и эксплуатации // Химическая техника. – 2017. – №8. – С. 19-21.
4. Малиновский Д. Новейшая технология создания трёхмерной модели для решения задач проектирования // САПР и графика. – 2007. – №1.
5. Гусаренко Ю.Д. Применение технологии наземного лазерного сканирования в Усть-Каменогорске // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2012. – №3. – С. 82-84.
6. Гура Т.А., Катрич А.Е. Обработка данных наземного лазерного сканирования для получения обмерных чертежей объектов культурного наследия // Молодой учёный. – 2016. – №26. – С. 25-28.

ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ ЗИМНЕГО ДВОРЦА ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭРМИТАЖА
ДЛЯ РАСЧЕТА ЭВАКУАЦИИ

Цель работы состояла в разработке цифрового двойника здания Зимнего дворца Государственного Эрмитажа для моделирования и анализа различных сценариев эвакуации посетителей.

Зимний дворец Государственного Эрмитажа возведен в 1754-1762 гг. В ноябре 1917 г. здание объявлено музеем. За двухмерную основу 3D-модели (рис. 1) были взяты чертежи, предоставленные Государственным Эрмитажем. Зимний дворец представляет собой трёхэтажное здание. На каждом этаже расположены выставочные помещения и выставочные галереи, являющиеся по совместительству путями эвакуации для посетителей. Вертикальные связи составляет перечень из семи основных лестниц (Иорданская, Комендантская, Октябрьская, Деревянная, Салтыковская, Малоцерковная, Посольская), являющихся также эвакуационными лестницами.

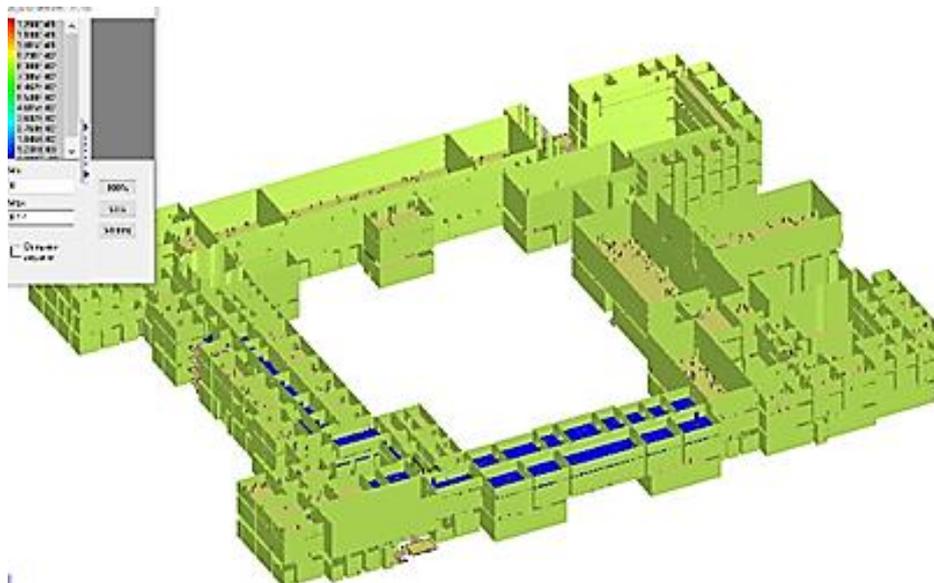


Рис. 1. Геометрия здания Зимнего дворца в «Сигма ПБ»
и положение людей до начала эвакуации

В цифровой модели музея принят ряд упрощений, не оказывающих влияние на пути эвакуации людей и на распространение опасных факторов пожара (колонны, нервюры, оконные ниши). Рассмотрим в качестве примера упрощение колонн. Сложная геометрическая форма колонн не отображена в BIM-модели здания ввиду нецелесообразности. Для расчёта эвакуации приняты максимальные габаритные размеры, что только ужесточило граничную область путей эвакуации. Сумма исключенных из расчётной области объёмов не оказала влияния на распространение опасных факторов пожара ввиду большой высоты (около 8 м) и протяженности (10-100 м) помещений (рис. 2).

В качестве компьютерной модели путей эвакуации взяты основные туристические маршруты и лестницы музея. Ширина проходов в них варьируется от 0,6 м в самых узких местах до 17,2 м в самых широких. Высота потолков так же различна (от 2,5 до десятков метров).

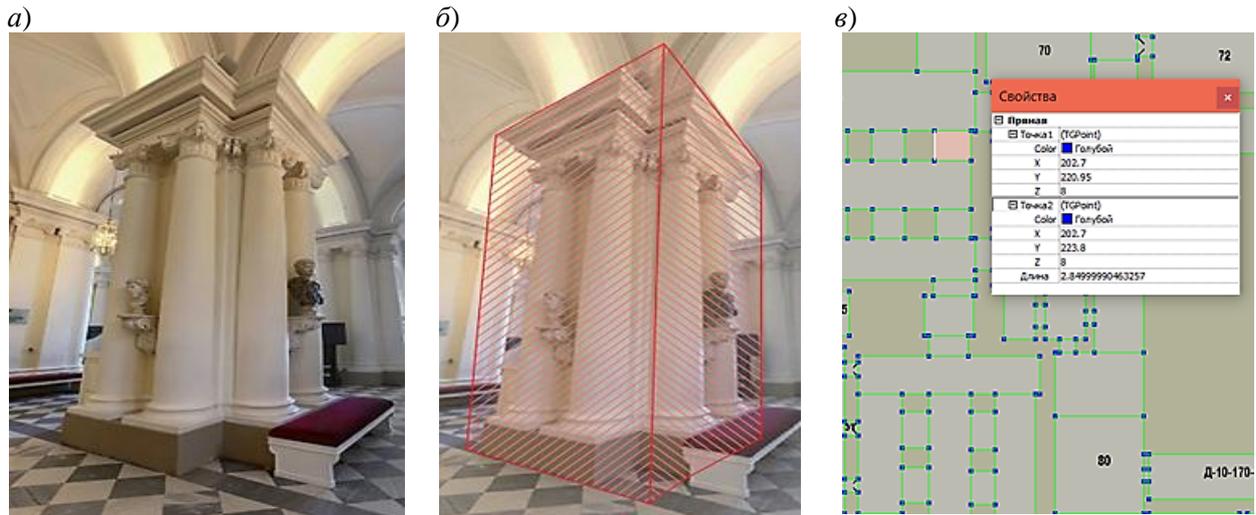


Рис. 2. Колонна в Иорданской Галерее: а – колонна, б – упрощение колонны, в – упрощение колонн в программе «Сигма ПБ»

Моделирование эвакуации проведено в программном обеспечении «Сигма ПБ» (Россия) с использованием модели индивидуально-поточного типа [1-7]. Универсальность этой модели позволяет рассматривать движение каждого отдельного человека с учётом окружающей обстановки (других людей, препятствий) в зданиях со сложной внутренней инфраструктурой. Для каждого человека в пространстве задаётся индивидуальное положение, скорость движения, размеры и форма проекции. Также для потоков людей моделируются такие явления как слияние, растекание, уплотнение, обтекание поворотов и другие. На рис. 3 для примера представлен фрагмент эвакуации из здания Зимнего дворца Эрмитажа на 135 секунде от начала (начальное положение людей приведено на рис. 1).



Рис. 3. Моделирование эвакуации посетителей из здания Зимнего дворца Эрмитажа. Показаны лестницы и расположение людей на 135 секунде эвакуации

В результате проделанной работы выявлены следующие особенности исследуемого объекта. Зимний дворец не имеет деления на пожарные отсеки, поэтому в случае пожара опасные факторы пожара распределяются по всему зданию музея и могут заблокировать эвакуационные пути людей.

Конфигурация лестниц в здании накладывает ряд затруднений на эвакуацию в некоторых частях здания. Для обеспечения беспрепятственной и своевременной эвакуации вычислены наиболее оптимальные эвакуационные маршруты людей.

Зональная система оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) позволяет управлять эвакуацией людей, чтобы избежать большого скопления людей на эвакуационных выходах.

Итерационным методом вычислено оптимальное количество людей, разрешённых к единовременному присутствию на площадке.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Kirik, E., Vitova, T., Malyshev, A., Popel, E.: A Conjunction of the Discrete-Continuous Pedestrian Dynamics Model SigmaEva with Fundamental Diagrams. In: Wyrzykowski R., Deelman E., Dongarra J., Karczewski K. (eds) Parallel Processing and Applied Mathematics. PPAМ 2019. LNCS, vol. 12044, pp. 457-466. Springer, Cham (2020) https://doi.org/10.1007/978-3-030-43222-5_40
2. Kirik E., Litvintsev K., Dekterev A., Khasanov I., Gavrilov A., Malyshev A., Harlamov E., Popel E. Simulations of fire evacuations in “Sigma FS” software as a fire safety training instrument // Proceedings of the Ninth International Seminar on Fire and Explosion Hazards (21-26 April 2019 Saint Petersburg, Russia), edited by A. Snegirev, Vol. 2. P. – 1281-1292. <http://doi.org/10.18720/SPBPU/2/k19-120>
3. Kirik E.S., Vitova T.B. Pedestrian movement: analysis of real experiments in a straight corridor and validation of “Sigma SF” Software. Fire Safety. 2020. № 1 (98). N 1, 2020. P.51-62. (in Russ)
4. Kirik, E., Malyshev, A. Computer Simulation of Pedestrian Flows for Universiade 2019 Sport Facilities Versus Hand Calculations // In: Proceedings of Pedestrian and Evacuation Dynamics 2016, Collective Dynamics, 1, A11, 2016. P.446-454.
5. Kirik E., Malyshev A., Vitova T., et al. Pedestrian movement simulation for stadiums design // Materials Science and Engineering // IOP Conf. Ser.: Materials Science and Engineering, 456 (2018), 012074 doi:10.1088/1757-899X/456/1/012074 (<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/456/1/012074/meta>)
6. M. Gravit, I. Dmitriev, K. Kuzenkov, M. Lunyakov, Dependence of the human flow density from the staircase and exit width, E3S Web of Conferences, Vol. 91 (2019), art. no. 05017 (2019), doi.org/10.1051/e3sconf/20199105017
7. Недрышкин О.В., Гравит М.В. Программные комплексы моделирования опасных факторов пожара // Пожарная безопасность, № 2. 2018. С.38 – 46.

УДК 727

Г.А. Бардина, Д.С. Михайлова, К.А. Исаев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РЕКОНСТРУКЦИЯ ШКОЛЫ № 10 В Г.ГУРЬЕВСК КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Целью работы является разработка решений по капитальному ремонту и реконструкции школьных зданий, а также по благоустройству прилегающей территории. Работа выполнена на основе кейса «Определение вектора реконструкции школы и прилегающей территории» проекта «Профстажировки 2.0». Заказчик кейса – руководство основной общеобразовательной школы № 10 г. Гурьевска Кемеровской области. Исследуемый объект расположен по адресу ул. 40 лет ВЛКСМ, д. 28 (рис. 1), в западной части города.

Школьный участок площадью 9237 м² находится на пологом склоне с максимальной разностью отметок около 10 м и средним уклоном более 17°, на западе и востоке граничит с частным сектором (рис. 2). Школа состоит из двух корпусов, объединенных переходом в уровне второго этажа. Первый корпус – кирпичное здание 1937 г. постройки, двухэтажное в основной части, имеет в осях 14-18/Б-Е одноэтажную пристройку 1950-х гг. со спортивным залом. Размеры здания в крайних осях – 84,21×16,72 м. Второй корпус – двухэтажное кирпичное здание, 1996 года постройки, размеры в крайних осях – 41,22×18,19 м.



Рис. 1. Главный фасад школы

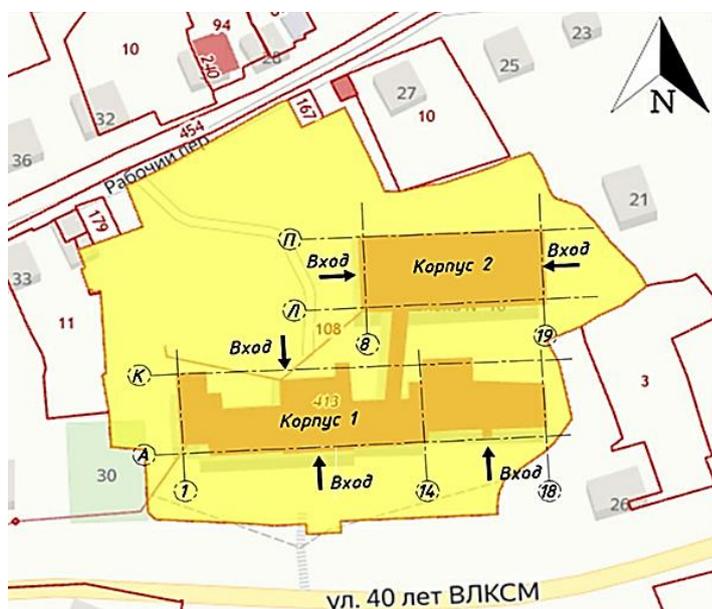


Рис. 2. Ситуационная схема объекта

Для достижения поставленной цели были выполнены следующие предпроектные работы: составление задания на проектирование совместно с заказчиком, визуальное обследование технического состояния строительных конструкций зданий, анализ объемно-планировочных решений и интерьеров помещений, анализ функционального зонирования и благоустройства прилегающей территории [1-3]. Были выявлены следующие проблемы в первом корпусе: локальные протечки кровли, деревянные перекрытия не соответствуют требованиям пожарной безопасности, устаревший дизайн внутренних помещений. Во втором корпусе: недостаточная площадь столовой для размещения дополнительных посадочных мест, недостаточная толщина ограждающих стен для поддержания требуемого теплового режима внутри помещений, отсутствие актового зала для проведения массовых мероприятий [4, 5]. По полученным данным предложено провести ряд работ.

В рамках капитального ремонта планируется провести: замену покрытия кровли в первом корпусе; установку отстоки по периметру всего здания; устройство облицовки цокольной части второго корпуса; устройство «мокрого фасада» во втором корпусе; косметический ремонт внутренних помещений; замену деревянных перекрытий в первом корпусе.

В рамках реконструкции планируется провести: расширение площади столовой с увеличением посадочных мест; надстройка третьего этажа во втором учебном корпусе с размещением там актового зала; организация дополнительной входной группы в здание для разделение учебных потоков младших и средних классов; анализ современного дизайна школьных помещений и подбор вариантов, применимых в данном учебном заведении.

Поскольку на участке изначально отсутствовало какое-либо территориальное планирование, был разработан проект благоустройства пришкольной территории, учитывая современные тенденции и пожелания руководства школы (см. рис. 3). Помимо размещения различных площадок и мощенных дорожек, также было предложено провести озеленение и освещение участка [6, 7].

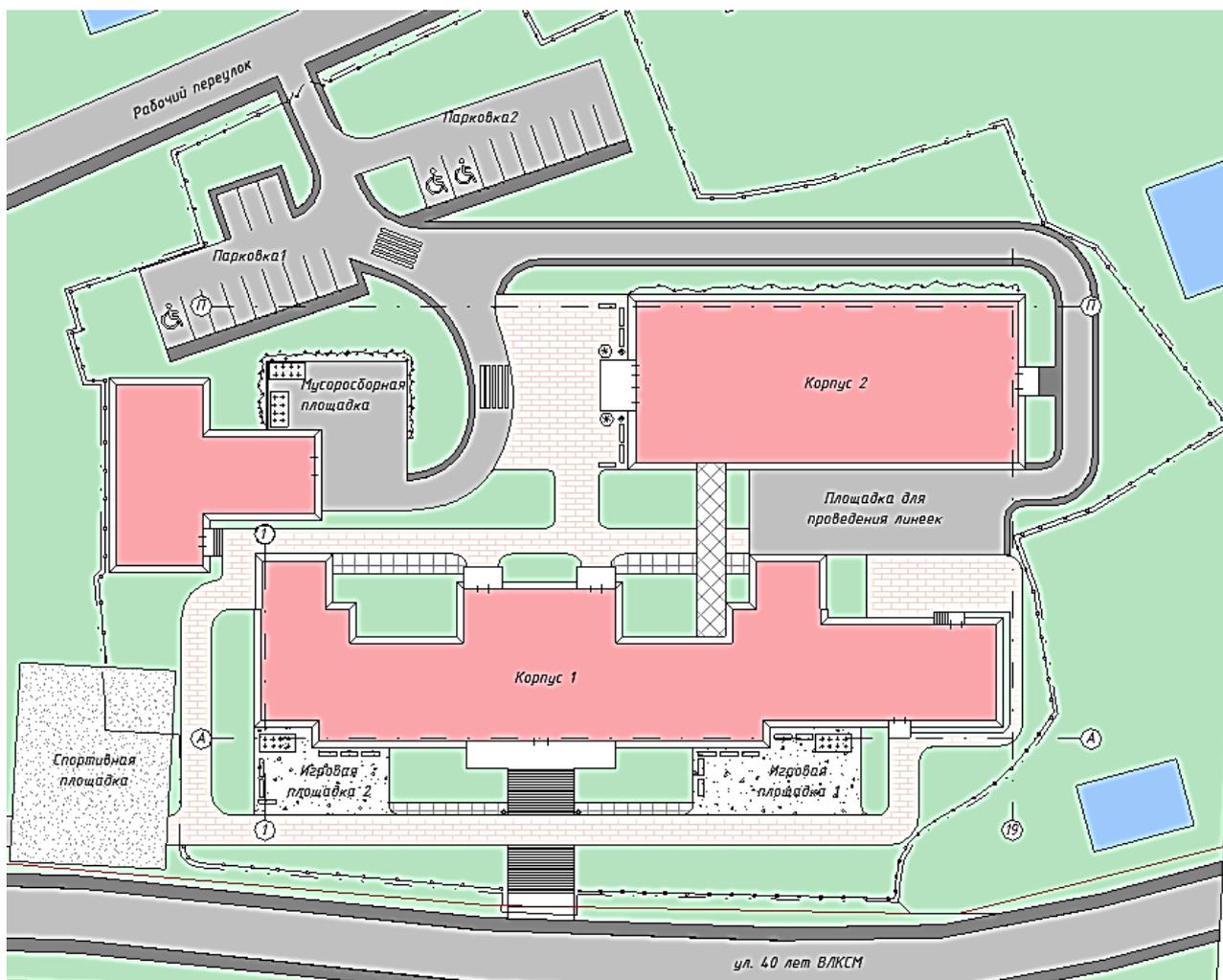


Рис. 3. Схема планировочной организации земельного участка

Таким образом, для общеобразовательной школы в городе Гурьевск Кемеровской области в результате исследования предложены проектные решения по капитальному ремонту и реконструкции здания и благоустройству участка. Выполнение данных работа не только улучшит состояние и продлит срок службы здания, но и повысит комфорт обучения учащихся в стенах школы, что положительно будет сказываться на мотивации детей к учебе и их успеваемости.

ЛИТЕРАТУРА:

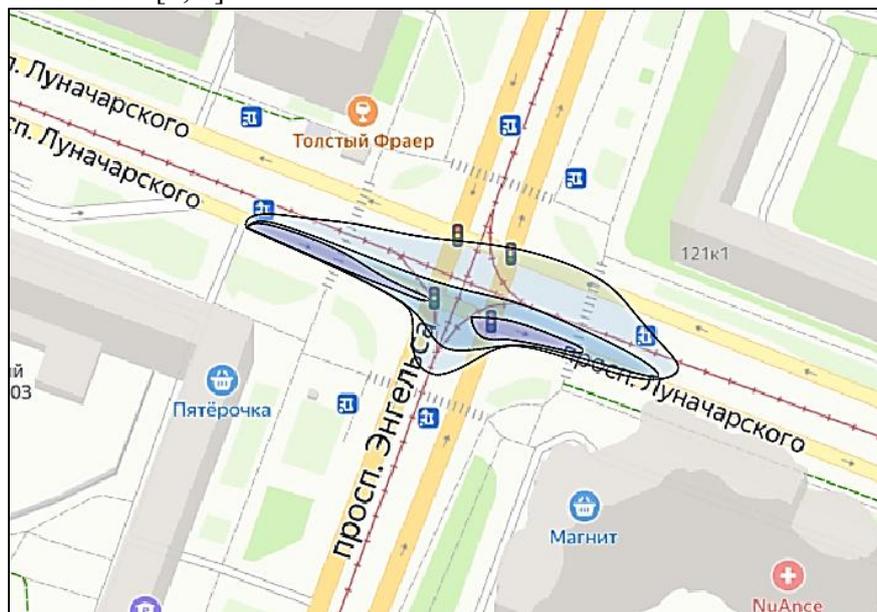
1. СП 251.1325800.2016 Здания общеобразовательных организаций. Правила проектирования. – Москва: Стандартинформ, 2017.
2. ГОСТ Р 53778–2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – М.: Стандартинформ, 2010.
3. СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений (Введ 21.08.2003). – М.: Госстрой России; ГУП ЦПП, 2004.
4. СП 23-101-2014. Проектирование тепловой защиты зданий. – Москва: Изд-во Мосгосэкспертиза, 2014. – 145 с.
5. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. – М.: Стандартинформ, 2017.
6. СанПиН 2.4.2.2821-10 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях – Москва: Изд-во Мосгосиздат, 2010.
7. Боговая, И.О. Озеленение населенных мест [Текст]: учебное пособие / И.О. Боговая, В.С. Теодоронский. – Саратов: ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2012. – 66 с.

ПРОБЛЕМЫ ДОЖДЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ПЕРЕКРЕСТКА
ПРОСПЕКТОВ ЭНГЕЛЬСА И ЛУНАЧАРСКОГО В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Дождевая канализация предназначена для защиты территорий от подтопления. В периоды обильных осадков она переполняется поверхностными стоками, приводя к затоплению тротуаров и проезжей части [1]. Исследование причин этого явления актуально, так как ежегодно многие улицы Санкт-Петербурга оказываются затоплены после сильных осадков. Это значительно затрудняет функционирование инфраструктуры города, ограничивает движение пешеходов и автомобилей, создает опасные ситуации на дорогах.

Целью данной работы является выявление причин затоплений и предложение решений проблемы на примере перекрестка на пересечении проспектов Энгельса и Луначарского в Санкт-Петербурге (рис. 1). Для достижения цели были поставлены следующие задачи: изучить систему дождевой канализации и методы отвода дождевых и талых вод выбранного участка, провести визуальный осмотр, проанализировать полученные результаты и предложить пути решения проблемы.

На территории Санкт-Петербурга организованы две системы централизованного водоотведения: централизованная общесплавная и раздельная хозяйственно-бытовая канализация. Санкт-Петербург канализирован по комбинированной схеме. 70% территории города имеет общесплавную канализацию, в которую поступают хозяйственно-бытовые, промышленные, а также поверхностные стоки. Остальные 30% имеют раздельную канализацию, где дождевые и талые воды собираются отдельно от остальных стоков. Раздельная схема канализации применяется лишь в районах новостроек, а большая часть города канализируется по общесплавной схеме. Существующие сети водоотведения, в основном, эксплуатируются от 30 до 50 лет, а около 20% сетей – более 50 лет, что превышает физический износ систем [2, 3].



— редко; иногда; довольно часто

Рис. 1. Схема затопления пересечения пр. Энгельса и Луначарского

Часто из средств массовой информации можно узнать о затоплениях определенных территорий города в период обильных осадков. По наблюдениям местных жителей перекресток на пересечении проспектов Энгельса и Луначарского регулярно подвергается затоплению (см. рис. 1). Проведен комплексный анализ условий, при которых возникает затопление данной территории, основанный на результатах: визуального осмотра затапливаемого участка, характеристики площади водосбора и анализа существующей канализационной сети.

Рассмотрим общие условия возникновения затопления выбранного участка. Основной причиной подтопления на данной территории является замкнутое пониженное месторасположение. Ремонт и модернизации системы дождевой канализации на данном участке не производились, а это значит, что поперечное сечение канализационной трубы скорее всего меньше проектируемого за счет заиливания и засорения. В ходе визуального осмотра выявлены несоблюдения проектных уклонов из-за некачественных ремонтных работ дорожного полотна. За счет этого дождевые и талые воды не попадают в дождеприемные колодцы и затапливают данный участок.

Также существенное влияние оказывает трансформация территории (строительство новых объектов), повлекшая изменение коэффициента поверхностного стока для данного участка. Дополнительной причиной является ежегодное увеличение осадков. Проанализированы годовые суммы выпавших осадков в Санкт-Петербурге за последние 50 лет [4]. Оказалось, что с 1970 до 2020 года количество осадков увеличилось в среднем на 17%. Помимо этого, происходит ежегодное увеличение интенсивности выпадения осадков продолжительностью 20 минут (q_{20}) до 20%. Согласно СП 32.13330.2018 «Канализация. Наружные сети и сооружения» интенсивность выпадения осадков для Санкт-Петербурга составляет 60 л/(с·га) [5]. По расчетным оценкам на период 1981-2010 гг. интенсивность дождя продолжительностью 20 минут составляла 63,3 л/(с·га), что уже превышает расчетную величину. А в перспективе на 2100 год интенсивность дождя может составить 76 л/(с·га) [6].

Для решения данной проблемы необходима модернизация системы канализации на затапливаемом участке способом бестраншейной прокладки труб. Данный метод позволит сохранить привычное движение транспорта на время ремонтных работ. За счет прокладки дополнительного трубопровода увеличится общее поперечное сечение, что позволит пропускать больший объем воды. Помимо этого, необходимо проводить регулярную прочистку трубопроводов, а также производить должный контроль при производстве ремонтных работ и строительства дорожного полотна для обеспечения качественной работы дождевой канализации. Дополнительно рекомендуется пересмотреть и актуализировать СП 32.13330.2018 «Канализация. Наружные сети и сооружения», т.к. выполнение расчетов по заведомо устаревшим данным не позволит проектировать и строить системы, которые будут обеспечивать инженерную защиту территории в полном объеме.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Криулин К.Н. Организация рельефа и дождевая канализация коттеджного поселка. Учеб. пособие. СПб. 2015. 92 с.
2. Житов А.В., Чупин В.Р. Научно-технические проблемы ливневой канализации // Молодежный вестник ИРГТУ. – 2013. – №3(20). – С. 2-3.
3. Устройство сетей водоснабжения и водоотведения. Актуализированная редакция РМД 40-20-2013 Санкт-Петербург. Правительство Санкт-Петербурга. 2016.
4. Месячные и годовые суммы выпавших осадков в Санкт-Петербурге. URL: http://www.pogodaiklimat.ru/history/26063_2.htm (Дата обращения: 28.03.2021).
5. СП 32.13330.2018 «Канализация. Наружные сети и сооружения»
6. Опыт Санкт-Петербурга в вопросах управления адаптацией к изменениям климата и смягчения антропогенного воздействия на климатическую систему. URL: <http://www.infoeco.ru/index.php?id=8780> (Дата обращения: 28.03.2021).

МЕТОДЫ РАСЧЕТА РАСХОДОВ ДОЖДЕВОГО СТОКА С ПЛОСКИХ КРЫШ
ПОДЗЕМНЫХ АВТОСТОЯНОК

В связи с дефицитом городской земли на сегодняшний день среди застройщиков популярно строительство подземных и полуподземных автостоянок, на кровле которых устраиваются детские, спортивные площадки, зоны отдыха и зеленые сады. Зеленые и эксплуатируемые кровли имеют множество преимуществ, но одной из проблем их полноценного функционирования является водоотведение дождевых и талых стоков с поверхности крыш. Причина – недостаточная разработанность нормативной базы по данному вопросу.

Целью работы является выбор оптимального метода расчета расходов дождевого стока с плоских крыш подземных автостоянок. Для достижения поставленной цели проведен сравнительный анализ результатов расчета расходов стока, полученных для эксплуатируемой кровли автостоянки жилого комплекса по СП 30.13330.2016 [1] и СП 32.13330.2018 [4] и подобран необходимый диаметр трубопровода системы водоотведения.

Жилой комплекс расположен в Петроградском районе Санкт-Петербурга и представляет собой 10-этажный жилой дом со встроенно-пристроенной подземной автостоянкой. На рис. 1 в границах подземного паркинга показан разработанный план благоустройства кровли с указанием типов покрытий. Данный проект интересен тем, что с помощью подпорных стен создан 1,5-метровый слой грунта для интенсивного озеленения кровли.

Отвод дождевых и талых вод с кровель зданий и сооружений производится через внутренние водостоки, которые присоединяются к наружным сетям дождевой или общесплавной канализации. Под внутренними водостоками понимаются подвесные трубопроводы, крепящиеся под потолком подземного паркинга. Минимальный уклон отводных трубопроводов составляет 0,005 [1].

Определение расчетного расхода дождевых вод (л/с) с водосборной площади для кровель с уклоном до 1,5% согласно СП 30.13330.2016 производится по формуле [1]:

$$Q = Fq_{20}/10000, \quad (1)$$

где F – водосборная площадь, m^2 , q_{20} – интенсивность дождя для данной местности продолжительностью 20 мин при периоде однократного превышения расчетной интенсивности $P = 1$ год, л/с с 1 га.

При определении расчетной водосборной площади следует дополнительно учитывать 30% суммарной площади вертикальных стен, примыкающих к кровле и возвышающихся над ней [1].

Необходимо сразу отметить, что в формуле (1) не учитываются виды поверхностей стока. Исходя из формулы (1), весь сток попадает в систему канализации, но в действительности часть стока на эксплуатируемых кровлях задерживается в водопроницаемых поверхностях, не достигая дождеприемных воронок.

Однако вступивший в действие 1 июня 2020 года первый государственный норматив в РФ, регламентирующий устройство озеленяемых и эксплуатируемых крыш, – ГОСТ Р 58875-2020, для определения расчетных расходов дождевых вод перенаправляет к СП 32.13330.2018 [3].

Тогда расчет расходов в сетях водоотведения, отводящих сточные воды с селитебных территорий, следует определять методом предельных интенсивностей по формуле [4]:

$$Q = \frac{z_{mid} A^{1,2} F}{t_r^{1,2n-0,1}}, \quad (2)$$

где A, n – параметры, характеризующие соответственно интенсивность и продолжительность дождя для конкретной местности, z_{mid} – среднее значение коэффициента покрова, характеризующего поверхность бассейна стока (таблица 13 [4]); F – расчетная площадь стока, га; t_r – расчетная продолжительность дождя, мин.

Так как продолжительность протекания дождевых вод по лоткам (t_{can}) и по трубам до рассчитываемого створа (t_p) для данного проекта равно нулю, а при расчете внутриквартальной канализационной сети время поверхностной концентрации (t_{con}) принимается равным 2 мин, получаем расчетную продолжительность дождя, равную $t_r = t_{con} = 2$ мин.



Рис. 1. План благоустройства эксплуатируемой кровли подземного паркинга

Параметр A определяется по формуле:

$$A = q_{20} 20^n (1 + \lg P / \lg m_r)^y, \quad (3)$$

где n, P, m_r, y – значения, характеризующие данную местность, принимаются по таблицам 8, 9 [4].

Интенсивность дождя q_{20} для Санкт-Петербурга составляет 60 л/с с 1 га [4]. По таблице 9 [4] при благоприятном условии расположения коллекторов период однократного превышения расчетной интенсивности дождя принят равным $P = 0,5$ лет. Для центра Европейской части России по таблице 8 [4] при $P < 1$ приняты следующие значения: $n = 0,59, m_r = 150, y = 1,54$.

Параметр A по формуле (3) составляет: $A = 279,37$.

В таблицу 1 сведены типы покрытий, используемые на эксплуатируемой кровле паркинга (рис. 1), их площади, а также коэффициенты покрова z_i , требуемые для расчета расхода дождевых вод [4].

По таблице 1 видно, что для газона на кровле паркинга (типы покрытия – 4.1, 4.2) принимается коэффициент покрова $z_i = 0,038$ не зависимо от мощности грунтового слоя. Однако следует отметить, что чем больше толщина грунта и интенсивность озеленения, тем больше воды задерживается растительным покровом и просачивается в грунт.

Таблица 1 – Расчетные данные покрытий

Поз.	Наименование	Площадь покрытия	Коэффициент покрова z_i	Среднее значение коэффициента покрова z_{mid}
1	Асфальтобетонное покрытие	366,2	0,32	0,187
2.1, 2.2	Тротуарная плитка	638,2	0,224	
3	Гранитный отсев	113,1	0,09	
4.1	Газон на кровле паркинга: - на грунтовом слое >1,5 м;	133,8	0,038	
4.2	- на грунтовом слое <1,5 м	264,0	0,038	
5	Галька	14,9	0,125	
	Стены фасада (30%h)	615,6	-	-

В результате расчетов получены следующие значения:

- по формуле (1): $Q = 2145,8 \times 60 / 10000 = 12,87$ л/с;
- по формуле (2): $Q = 0,187 \times 279,37^{1,2} \times 1530,2 \times 10^{-4} / 2^{1,2 \times 0,59 - 0,1} = 16,19$ л/с.

Выполним подбор диаметра трубопровода для отвода дождевых вод в наружную систему дождевой канализации по таблицам Лукиных [6]. Результаты подбора сведем в таблицу 2.

Таблица 2 – Требуемые диаметры трубопровода канализационной сети

Q , л/с	Диаметр, мм	Уклон	Наполнение	Скорость, м/с
12,87	200	0,005	0,55	0,72
16,19	250	0,005	0,45	0,77

Таким образом, в результате расчета были получены значения расходов стоков по двум нормативным документам. По СП 32.13330.2016 расход стока составил 16,19 л/с, а по СП 30.13330.2018 – 12,87 л/с. Результаты отличаются в 1,3 раза. Так, при выборе меньшего диаметра согласно расчету по СП 30.13330.2016 при интенсивных осадках система дождевой канализации будет перегружена и не справится с отведением дождевого стока, что приведет к затоплению территории. Для корректного определения расходов стоков следует проводить расчеты по СП 32.13330.2018, на который ссылается новый государственный норматив по зеленым и эксплуатируемым кровлям [3], так как в данной формуле учитывается не только интенсивность дождя q_{20} , но и такие показатели как коэффициенты покрова, расчетная продолжительность дождя, период однократного превышения расчетной интенсивности дождя и другие показатели, характеризующие данную местность.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 30.13330.2016 Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*. М.: Минстрой России, 2016 – 93 с.
2. Wilo – Использование дождевой воды – справочное пособие 04/2016 [Электронный ресурс] // ГК «АТИС» РФ, 2021. URL: https://atislabs.ru/upload/doc/wilo/Brochure_rainwater_205x297_RU.pdf (дата обращения 15.03.2021).
3. ГОСТ Р 58875-2020 «Зеленые» стандарты. Озеленяемые и эксплуатируемые крыши зданий и сооружений. Технические и экологические требования. М.: Стандартинформ, 2020 – IV, 49 с.
4. СП 32.13330.2018 Канализация. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.03-85. М.: Минстрой России, 2018 – 104 с.
5. Определение интенсивности дождя (q_{20}) для России и СНГ [Электронный ресурс] // ГК "Аргель", 2021. URL: <http://www.vo-da.ru/tool/rain/> (дата обращения 09.03.2021).
6. Лукиных А.А., Лукиных Н.А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н.Н. Павловского. Изд. 4-е, доп. М., Стройиздат, 1974. – 156 с.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБИНЫ ЗАЛОЖЕНИЯ ОДНОЛИНЕЙНОГО
ДРЕНАЖА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ УЛИЦ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Надежная защита от грунтовых и талых вод является одним из главных условий успешного строительства. Исключением не становятся автомобильные дороги. Нарушение режима водоотведения грунтовых вод из основания и подготовки под покрытие дорожного полотна ведет, во-первых, к переувлажнению грунта и как следствие, потере устойчивости, а во-вторых, к образованию ледовых линз при перепадах температуры и явлению морозного пучения, характерному для города Санкт-Петербурга. Такие процессы ведут к образованию дефектов и уменьшению качества и долговечности дорожного полотна.

Для решения данной проблемы существует ряд мероприятий, таких как: проектирование дренирующих слоев и насыпей, устройство кюветов и т.д. Но для городской среды такие методы не являются приемлемыми, так как проектирование улиц производится в основном при нулевых отметках. Поэтому в данном случае оптимальным решением является водоотведение путем устройства дренажных систем.

Цель работы – сравнение результатов и оценка значимости параметров при определении глубины заложения дренажных труб несовершенного дренажа при проектировании городских автомобильных дорог по двум методам расчета.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- определить зависимость глубины заложения дренажа, при котором он является эффективным на заданном расстоянии по двум методам расчета;
- оценить эффективность однолинейного дренажа в зависимости от расстояний;
- оценить различия результатов, методом сравнительного анализа сделать вывод о значимости параметров.

Дренажи по отношению к защищаемому земляному полотну в соответствии с общей схемой дренирования применяют, как правило, односторонними, расположенными параллельно продольной оси улицы со стороны притока грунтовых вод. Применение двухстороннего и поперечного дренажей должно быть обосновано технико-экономическими расчетами и предусматриваться в случае необеспечения нормы понижения уровня грунтовых вод (УГВ) или недостаточного ее перехвата с помощью одностороннего дренажа в случае большой ширины улицы или сложных характеристик грунтов [4, 5].

В существующей нормативной документации по проектированию автомобильных дорог предлагается определять глубину заложения однолинейного несовершенного дренажа по следующей зависимости [6]:

$$h = (h_{\text{пр}} + 0,5) + l + K + d + h_0, \quad (1)$$

где $h_{\text{пр}}$ – глубина промерзания от верха дорожной одежды, м; l – расстояние от нижней границы промерзания до верхней границы капиллярного поднятия воды, принимаемое 0,2 – 0,25 м; K – высота капиллярного поднятия воды над кривой депрессии, принимаемая 0,2 м для песка, 1 м для супесей, 1,5 м для суглинков; $d = xi$ – наибольшее поднятие кривой депрессии; x – расстояние от стенки дренажа до противоположной бровки земляного полотна автомобильной дороги, м; i – средний уклон кривой депрессии; h_0 – глубина воды в дренаже, принимаемая равной 0,3 м.

Однако в данном методе не учитываются такие параметры как исходный уровень грунтовых вод, положение водоупора и коэффициент фильтрации грунта. Поэтому в качестве

альтернативного способа определения глубины заложения предлагается использовать зависимости (2)-(3), представленные в РМД 50-06-2009 [1-2]:

$$q = kh \left[\frac{h}{R} + \frac{1}{\frac{1}{\pi} \ln \left(\frac{M}{\pi \cdot r_p} \right) + \frac{R}{2M}} \right]; \quad (2)$$

$$h_x = \frac{q}{k} \left[\frac{1}{\pi} \ln \left(1 - e^{-\left(\frac{\pi \cdot x}{H} \right)} \right) - \frac{R - x}{2H} \right] + H - M. \quad (3)$$

где H – высота исходного УГВ над водоупором, м, (принимается 6 м); h – высота исходного УГВ над уровнем воды в дрене, м; M – высота дрены над водоупором, м; h_x – высота проектного УГВ над уровнем воды в дрене на расстоянии x , м, от нее, м; R – радиус депрессии, м; q – удельный расчетный расход, м²/сут. на 1 погонный метр; $h_{\text{п}}$ – глубина понижения УГВ относительно поверхности сооружения, м; k – коэффициент фильтрации грунта, м/сут.

Расчет глубины заложения дрены производится относительно исходного уровня грунтовых вод, который совпадает с верхом дорожной одежды. Таким образом, норма осушения a определяется как 1,1 м – для песков, 1,5 м – для супесей, 2,2 м – для суглинков по таблице 7.2. СП 34.13330.2012. На расстоянии x м (ширина дороги) должно выполняться условие:

$$h_{\text{п}} = h - h_x \geq a. \quad (4)$$

Для выполнения расчетов необходимо определить радиус депрессии R , м, т.е. расстояние от центра дренажной системы до того места, где положение исходного и проектного УГВ совпадают [8]. В данной работе расчет произведен на основании использования величины среднего уклона депрессионной кривой (5) [3]:

$$R = r_p + \frac{h}{i}, \quad (5)$$

где r_p – расчетный радиус дрены, принимаемый 0,25, м.

Для достижения поставленной цели был проведен расчет однолинейного дренажа несовершенного типа для песка, супеси и суглинка, расчетная схема представлена на рис. 1. Результаты расчета представлены в таблицах 1, 2.

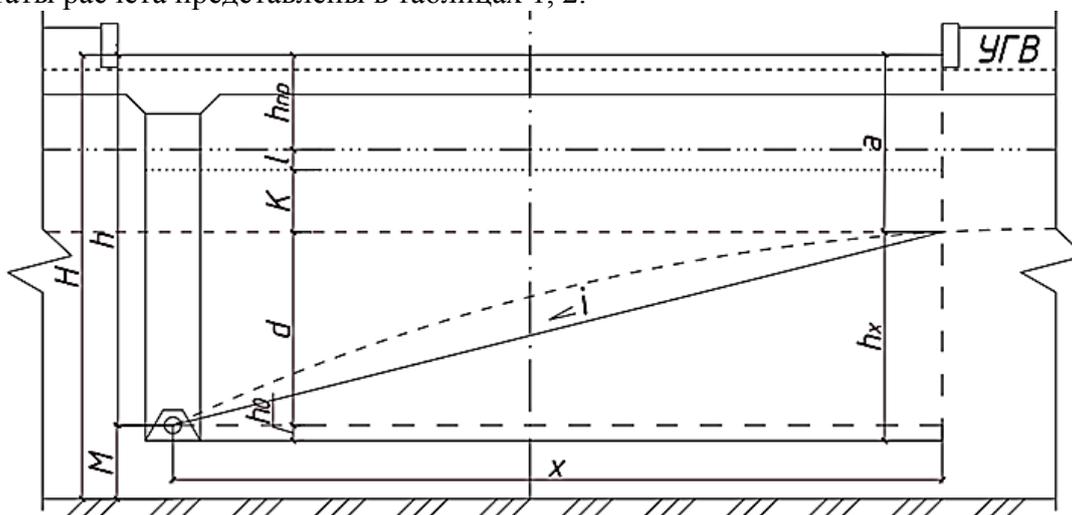


Рис. 1. Расчетная схема однолинейного несовершенного дренажа

Таблица 1 – Результаты расчета по 1 методу

	Песок мелкий				Супесь				Суглинок			
x	7,00	14,00	21,00	28,00	7,00	14,00	21,00	28,00	7,00	14,00	21,00	28,00
d	0,04	0,07	0,11	0,14	0,14	0,28	0,42	0,56	0,35	0,70	1,05	1,40
h	2,44	2,47	2,51	2,54	3,26	3,4	3,54	3,68	3,77	4,12	4,47	4,82

Таблица 2 – Результаты расчета по 2 методу

	Песок мелкий				Супесь				Суглинок			
x	7,00	14,00	21,00	28,00	7,00	14,00	21,00	28,00	7,00	14,00	21,00	28,00
M	4,71	4,67	4,63	4,59	4,00	3,84	3,68	3,51	2,50	1,96	1,36	0,61
R	258,1	265,9	273,5	281,3	100,1	108,2	116,4	124,7	70,2	81,0	93,1	108,1
q	0,26	0,26	0,26	0,26	0,10	0,10	0,09	0,09	0,13	0,12	0,11	0,10
h_x	0,19	0,23	0,27	0,31	0,50	0,66	0,82	0,99	1,30	1,84	2,44	3,19
h_{Π}	1,10	1,10	1,10	1,10	1,50	1,50	1,50	1,50	2,20	2,20	2,20	2,13
h	1,29	1,33	1,37	1,41	2,00	2,16	2,32	2,49	3,50	4,04	4,64	5,39

Полученные результаты отличаются значительным образом. Необходимое значение глубины заложения несовершенного дренажа для песков и супесей по 1 методу превосходят значения, рассчитанные по 2 методу более, чем в 1,8 раз. При этом расчетные значения глубины заложения для суглинков сопоставимы. Определяющим параметром 1 метода является глубина промерзания грунта, что не является корректным, так как для данного расчета большую значимость имеют геолого-геодезические условия.

Проанализировав значения, полученные по методу 2, можно сделать вывод, что однолинейный дренаж является эффективным для городских улиц шириной 28 метров с песчаным и супесчаным грунтом, однако для суглинистых грунтов глубина заложения имеет большие значения (от 3,5 м), что ведет к большому объему земляных работ, поэтому следует рассматривать возможность устройства двухлинейного или поперечного дренажа.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Дренажи в проектировании зданий и сооружений. РМД 50-06-2009 Санкт-Петербург.
2. Абрамов С. К. Подземные дренажи в промышленном и городском строительстве. – М.: Стройиздат, 1973.
3. Криулин К.Н. Дренажные системы в ландшафтном и коттеджном строительстве СПб.: Изд-во ООО «НП-Принт», 2014г. 121с.
4. Руководство по проектированию городских улиц и дорог/ Центр. н.-и и проектный ин-т по градостроительству Госгражданстроя. – М.: Стройиздат, 1980. – 222.
5. СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85.
6. СП 37.13330.2012 Промышленный транспорт. Актуализированная редакция СНиП 2.05.07-91*.
7. Криулин К.Н. Дренажные системы. Благоустройство территорий. – СПб.: Изд-во ООО «Арт-Экспресс», 2021г. 140 с.
8. Сурикова М.В., Эффективность работы дренажной системы автомобильной дороги в различных грунтах // Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия: тезисы докл. Междунар. конф. (Комсомольск-на-Амуре, 16-17 дек. 2020 г.). – СПб.: 2020. – с. 297-300.

УДК 625.731.3

М.В. Сурикова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

О ПРИМЕНИМОСТИ ДВУХЛИНЕЙНОГО НЕСОВЕРШЕННОГО ДРЕНАЖА В СУГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОДОРОГ И УЛИЦ

При активно развивающемся дорожном строительстве обеспечение сохранности и долговечности дорожного покрытия в процессе эксплуатации во многом зависит от мероприятий, направленных на снижение вредного воздействия поверхностных и грунтовых

вод. В сложных гидрогеологических условиях Санкт-Петербурга увеличение влажности грунта, вызванного повышенным уровнем грунтовых вод, снижает его несущую способность, а также ведет к деформациям, связанным с процессами морозного пучения. В основе решения данной проблемы лежит изучение применимости существующих схем водоотведения для различных ситуаций.

Целью устройства дренажных систем является предотвращение переувлажнения земляного полотна и основания дорожных одежд.

В соответствии с общими рекомендациями по проектированию дорожного полотна принято использовать однолинейную схему дренирования. Однако такое решение не подходит для грунтов, имеющих низкий коэффициент фильтрации воды, так как требует большой глубины заложения, помимо этого при большой ширине улицы данная система не обеспечивает норму осушения [8]. Одним из предполагаемых решений является устройство горизонтального несовершенного двухлинейного дренажа.

Цель работы – оценить применимость двухлинейного дренажа несовершенного типа при проектировании городских автомобильных дорог в суглинистых грунтах.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- рассчитать глубину заложения дренажной системы при проектировании дорог различной ширины;
- оценить эффективность и целесообразность двухлинейной дренажной системы.

В соответствии с намеченной целью и задачами работы был выбран метод теоретического анализа.

Расчеты двухлинейных горизонтальных дрен заключаются в определении глубины заложения, при которой депрессионная кривая обеспечивает необходимое понижение напора или уровня грунтовых вод на дренируемом участке [2]. Расчетная схема представлена на рис. 1.

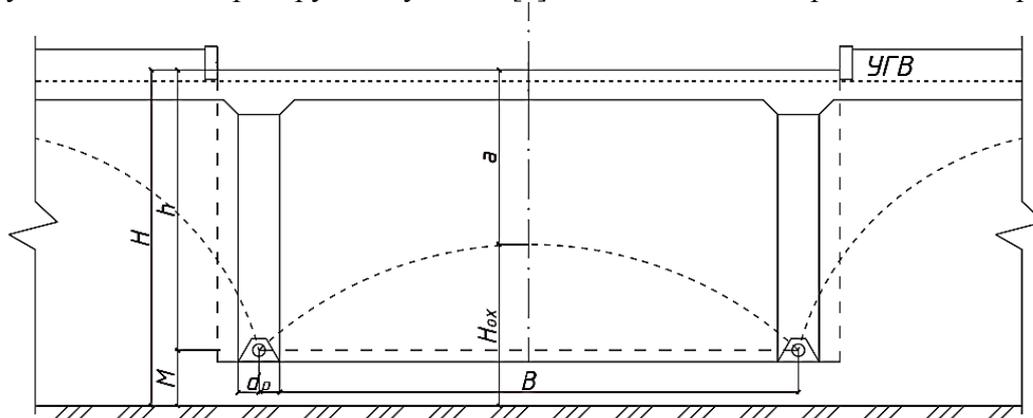


Рис. 1. Расчетная схема несовершенного двухлинейного дренажа

Условные обозначения на рис. 1 следующие: H – высота исходного УГВ над водоупором, принимаем 6 м; M – высота дрены над водоупором, м; h – высота исходного УГВ над уровнем воды в дрене, м; d_p – расчетный диаметр дрены, м; a – норма осушения, м; B – расстояние между дренами, м; H_{0x} – высота проектного (пониженного) УГВ по середине между дренами двухлинейного дренажа над водоупором, м.

Расчетные зависимости [2]:

Радиус депрессии R , т.е. расстояние от центра дрены до того места, где положение исходного и проектного УГВ совпадают, определяется следующим образом [3]:

$$R = r_p + 2h\sqrt{kH}, \quad (1)$$

где k – коэффициент фильтрации суглинистых грунтов, равный 0,3 м/сут.

Данная зависимость учитывает отсутствие инфильтрации грунтов и подходит для расчета в условиях, где атмосферное питание не является преобладающим.

Удельный расчетный расход, напор воды посередине между двумя дренами и промежуточные параметры A , B_1 , B_2 вычисляются по зависимостям (2)-(5) (результаты представлены в таблице 1):

$$q = \frac{\pi k(H - M)}{\left[A - B_1 - \frac{\pi R}{2M} - \frac{\pi RB}{2M(B + 2R)} \right]}; \quad (2)$$

$$H_{0x} = \frac{q}{k} \left[\frac{1}{\pi} (B_1 + B_2) - \frac{B + 2R}{2M} \right] + H; \quad (3)$$

$$A = \ln \left(\frac{2M}{\pi d_p} \right) + \frac{\pi R(B + R)}{M(B + 2R)}; \quad (4)$$

$$B_1 = \ln \left| 1 - e^{\left(-\frac{\pi B}{M} \right)} \right|, B_2 = \ln \left| 1 - e^{\left(+\frac{\pi B}{M} \right)} \right|. \quad (5)$$

Для обеспечения нормы осушения должно выполняться условие (6):

$$h_{\pi} = H - H_{0x} \geq a. \quad (6)$$

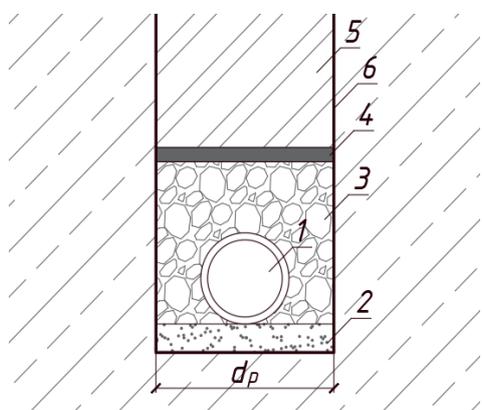


Рис. 2. Конструкция дрена

Расчетный диаметр дрена определяется в зависимости от типа конструкции. Для грунтов с низким коэффициентом фильтрации воды целесообразнее применять закрытую линейную дрена с объемной фильтрующей обсыпкой, представленную на рис. 2. Такая конструкция применяется в тяжелых грунтах, таких как суглинки и глины, для защиты дрена от заиливания, а также увеличения водопримной способности. Конструктивная схема состоит из следующих элементов: 1 – дрена; 2 – песок средней крупности; 3 – фильтрующая обсыпка из щебня; 4 – геотекстиль; 5 – обратная засыпка местным грунтом (суглинком); 6 – строительная траншея.

Таким образом за расчетный диаметр дрена принимается ширина траншеи $d_p = 0,5$ м.

Для расчета принимаем, что исходный уровень грунтовых вод находится в непосредственной близости к поверхности покрытия. Расчет производится для суглинистых грунтов, норма осушения для которых согласно [6] в пределах II дорожно-климатической зоны составляет 2,2 м относительно поверхности покрытия.

Таблица 1 – Результаты расчетов глубины заложения в зависимости от ширины дороги

Расстояние между центрами дрена	м	B	14	21	28
Высота дрена над водоупором	м	M	3,45	2,57	1,59
Радиус депрессии	м	R	8,40	11,12	14,18
Расчетный радиус дрена	м	d_p	0,50	0,50	0,50
Промежуточный параметр	-	A	7,04	11,28	21,72
Промежуточный параметр	-	B_1	0,00	0,00	0,00
Промежуточный параметр	-	B_2	12,75	25,66	55,47
Удельный расчетный расход на 1 погонный метр	м ² /сут.	q	2,17	3,63	7,89
Напор воды посередине между двумя дренами	м	H_{0x}	3,80	3,80	3,80
Высота исходного УГВ над уровнем воды в дрена	м	h	2,55	3,43	4,41
Глубина понижения УГВ относительно поверхности	м	h_{π}	2,20	2,20	2,20

Расчет выполнялся для автомобильной дороги различной ширины, выходными данными является глубина заложения дрена, которая совпадает с высотой исходного уровня грунтовых вод на уровень воды в дрена. Результаты расчета и его промежуточные параметры представлены в таблице 1.

Как видно по результатам расчетов, двухлинейный дренаж является эффективным. Глубина заложения дрена соответствует требованиям нормы осушения, сохранения работоспособности в зимних условиях – определяется глубиной промерзания, равной 1,1 м для суглинистых грунтов, а также отвечает требованиям по обеспечению защиты от разрушения под действием динамических нагрузок. По сравнению с однолинейной схемой стартовая глубина заложения дрена 1,3-1,5 раз меньше, что значительно сокращает объемы земляных работ, помимо этого нагрузка на дрена также сокращается.

Однако при ширине улицы более 21 м начальная глубина залегания дрена должна составлять 3,43 м, а с учетом обеспечения минимального уклона превысит значение в 3,5 м. Поэтому при условии технико-экономического обоснования, рекомендуется рассмотреть устройство трехлинейного систематического дренажа с устройством дрена под зеленой разделительной полосой или поперечный горизонтальный дренаж.

ЛИТЕРАТУРА:

1. РМД 50-06-2009. Дренажи в проектировании и сооружениях, СПб.
2. Абрамов С. К. Подземные дренажи в промышленном и городском строительстве. – М.: Стройиздат, 1973.
3. Криулин К.Н. Дренажные системы в ландшафтном и коттеджном строительстве СПб.: Изд-во ООО «НП-Принт», 2014г. 121с.
4. Руководство по проектированию городских улиц и дорог/Центр. н.-и и проектный ин-т по градостроительству Госгражданстроя. – М.: Стройиздат, 1980. – 222.
5. СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85.
6. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*.
7. Криулин К.Н. Дренажные системы. Благоустройство территорий. – СПб.: Изд-во ООО «Арт-Экспресс», 2021г. 140 с.
8. Сурикова М.В., Эффективность работы дренажной системы автомобильной дороги в различных грунтах // Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия: тезисы докл. Междунар. конф. (Комсомольск-на-Амуре, 16-17 дек. 2020 г.). – СПб.: 2020. – с. 297-300.

UDC 628.212.2

D.D. Povarenko, L.M. Molodkina
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

ENGINEERING SOLUTIONS TO REDUCE SURFACE RUNOFF DISCHARGE FROM RESIDENTIAL AREAS

The continuing rapid growth of urbanization and development of new territories result in increasing impact on the environment and, in particular, on water resources. Surface runoff from residential areas is a part of that impact. Excessive amount of rainwater runoff results in high load on infrastructure, stagnation of water on land surface and uncomfortable condition for pedestrians. In urban areas, the fraction of surfaces impermeable to water (such as roofs, pavements, roadways, and parking areas) can reach 75-100%, while the amount of runoff from the territory is 55%, evaporation is 30% and infiltration is 15% of the total amount of rainfall precipitation. For a woodland area of the same size the amount of runoff, evaporation, and infiltration account 10%, 40%, and 50% respectively [1]. Besides, impermeable surface is subjected to intensive heating up by solar radiation and, therefore, becomes a considerable source of thermal and other types of pollution [2, 3, 4]. Since it is

impossible to control natural phenomena (such as rainfalls and solar radiation) it is necessary to regulate the scope of runoff and its quality using measures that are under human control.

The aim of the study is to develop recommendations for engineering solutions implementation to reduce discharge of surface runoff from residential areas. By varying slope of the territory and distribution of areas with different surface types (lawns and impermeable coating) it will be possible to assess impact of the residential area general layout on the amount of runoff collected from the territory per time unit.

Calculations are done by two methods (see Table 1). The first is based on SP 32.13330.2018 [5]. The second is based on Rational Method applied in the USA [6]. Additional equations (6), (12) are introduced to reflect the effect of the catchment slope on rainwater discharge [7, 8].

Table 1 – Formulas for calculations

Method 1	Method 2
$t_{gutter} = 0,021 L_{gutter}/v_{gutter}$ (1)	$C_{1/2} = 0.74i_{1/2} + 0,132$ (7)
$t_{channel} = 0,017 L_{channel}/v_{channel}$ (2)	$t_c = (26 - 17i) + \frac{L_{channel}}{60 \cdot (14 \cdot i + 9) \sqrt{S_{channel}}}$ (8)
$t_r = t_{con} + t_{gutter} + t_{channel}$ (3)	$I = 2.85P/(10 + t_c)^{0,786}$ (9)
$z_{mid} = (\sum z_i F_i)/\sum F_i$ (4)	$C_{composite} = (\sum C_i F_i)/\sum F_i$ (10)
$Q = z_{mid} A^{1,2} F / (1000 t_r^{1,2n-0,1})$ (5)	$Q = 28,317 C_{composite} I F$ (11)
$Q = z_{mid} A_r F / (\frac{L_{slope}}{5,5 S_{slope}^{0,55}} + 0,024 L_{channel})^\alpha$ (6)	$t_c = 0,01947 L_{slope}^{0,77} / S_{slope}^{0,385}$ (12)

The variables in the formulas: t_{gutter} , $t_{channel}$ – flow time in gutter, in drain channel, min; v_{gutter} , $v_{channel}$ – flow velocity in gutter, in drain channel, m/s; t_{con} – time of surface concentration, min; t_r – rainfall duration, min; z_i , z_{mid} – covering coefficient of sufficient area (building, parking, lawn) and area-weighted; A , n – rainfall intensity and duration factors; A_r , α – region factors; $C_{1/2}$, $C_{composite}$ – runoff coefficient of sub catchments and area-weighted; I – average intensity of rainfall, inches/hour, for a duration equal to the time of concentration t_c , min; P – 1-hour point rainfall depth, in; Q – runoff discharge, l/s.

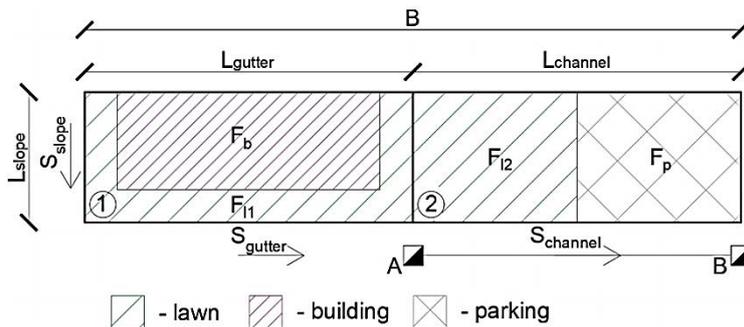


Fig. 1. The territory layout

The layout of the territory used for calculations is shown in Fig. 1. The territory consists of two sub catchments, water is collected in inlets A, B. Runoff discharge is calculated for point B. For calculations based on the first method units of m, m² for parameters are used and for the second method they are converted to ft and acres.

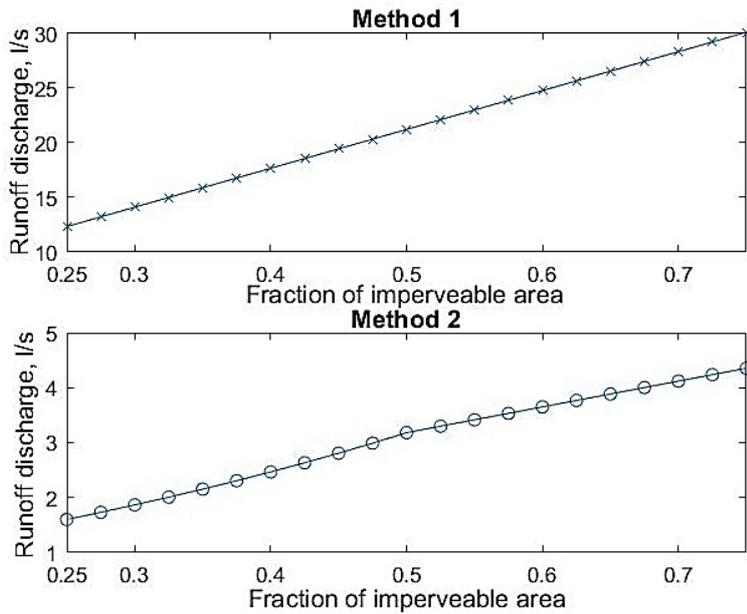


Fig. 2. Relation between the runoff discharge and the fraction of impermeable area

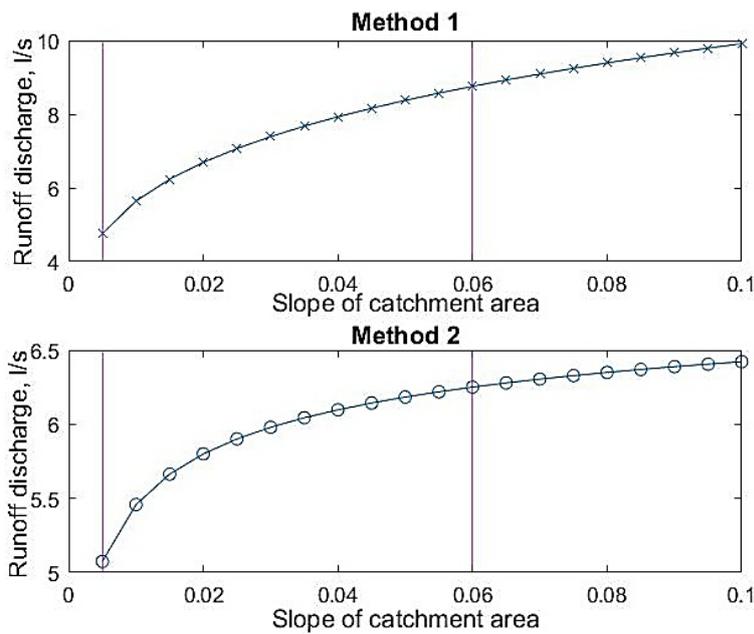


Fig.3. Relation between the runoff discharge and the slope of catchment area

The time of concentration t_c should be taken into consideration since it rises while the runoff discharge is reduced by the slope decreasing. Therefore, more time would be required to free the surface from water.

Based on the results it can be concluded that reduction of runoff discharge from the territory can be achieved by decreasing the fraction of impermeable area and the slope of the territory.

To ensure time of concentration less than 5 minutes the slope of the studied territory should be at least 0.008. This results in a minimum runoff discharge value of 5.5 l/s.

The territory has the following characteristics (Fig. 1): $F = 3000 \text{ m}^2$, $F_b = 750 \text{ m}^2$, $F_{l1} = 750 \text{ m}^2$, $L_{flume} = 40 \text{ m}$, $L_{channel} = 40 \text{ m}$, parking area F_p varies from 0 to 1500 m^2 . To study influence of slope on the runoff discharge the parking area is fixed at $F_p = 750 \text{ m}^2$. Results are shown in Fig. 2-4.

From the Fig. 2 it can be seen that the more impermeable covering is used the more is rainwater discharge. Method 1 results in linear dependence while trend provided by Method 2 has small convexity in its first part and then turns to linear.

Additional equations (6), (12) allow to reveal a positive relation between the runoff discharge and the slope of the catchment area (Fig. 3). The amount of collected rainwater increases significantly at the low values of slope and after that continues growing but with less rate. The left vertical line shows the lower limit of the slope for surface water removal. Value of 0.060 is the upper limit comfortable for pedestrians [9].

Equation (12) also shows that dependence between the time of concentration and the slope is close to hyperbolic (Fig. 4).

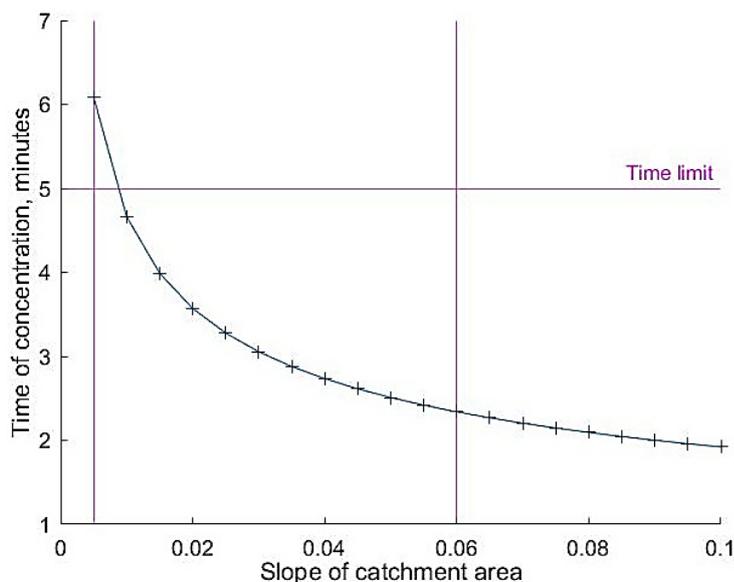


Fig.4. Relation between the time of concentration and the slope of catchment area

Since the impermeable parking area significantly contributes to the total runoff discharge it is reasonable to take measures regarding this aspect. Implementation of green parking lots concept can be a solution. According to [10], green parking lots concept includes innovative stormwater management practices, vegetation, and sustainable paving materials to mitigate adverse environmental impacts of large expanses of paving. It also incorporates practices like adding energy-efficient lighting and renewable energy sources, as well as providing safe pedestrian circulation.

Another possible way to reduce surface runoff is rainwater harvesting and using of collected water in

buildings. This may also decrease the cost of infrastructure for rainwater management, reduce the amount of land involved in surface water treatment and prevent potential flooding effects.

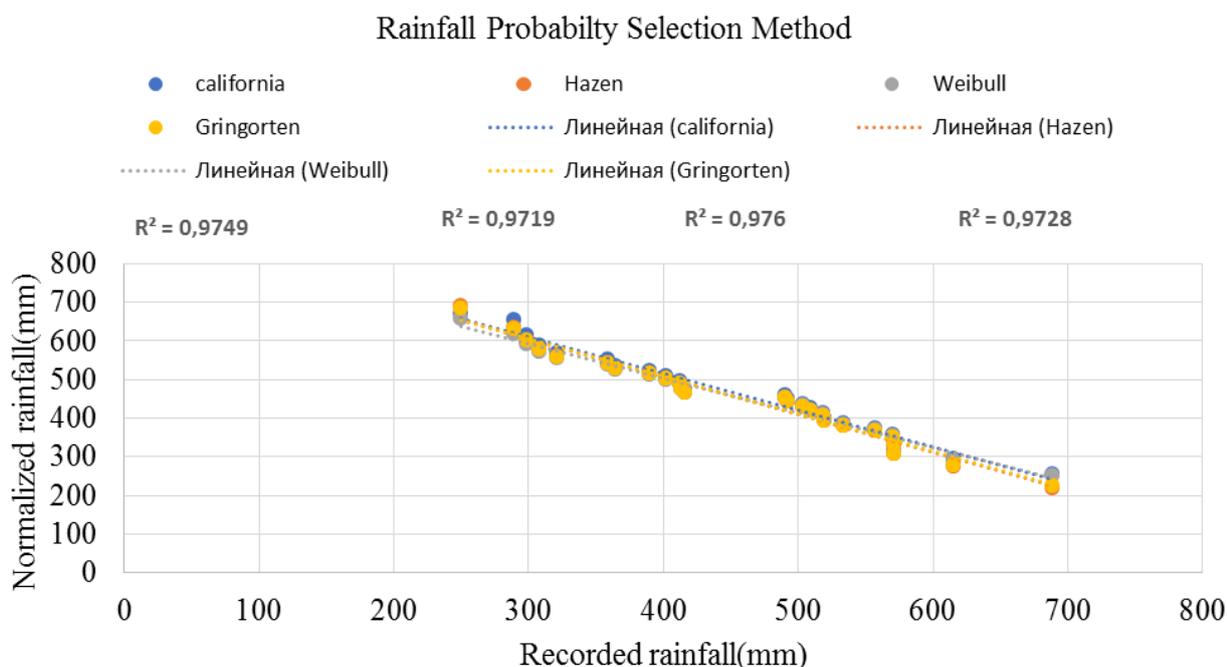
The suggested measures taken on the urban planning phase will decrease the load on runoff collecting and treatment facilities and reduce energy consumption and production of waste. This is an example of preventive approach in residential area planning.

REFERENCES:

1. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Protecting Water Quality from Urban Runoff. 2003. Document No. EPA 841-F-03-003. URL: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/nps_urban-facts_final.pdf
2. Janke, B.D., Herd, W.R., Mohseni, O., Stefan, H.G. Simulation of heat export by rainfall-runoff from a paved surface. *Journal of Hydrology*. 2009. 365 (3-4). Pp. 195-212. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2008.11.019.
3. Сухарева А.В., Молодкина Л.М. Проблемы отведения и очистки ливневых стоков г. Гатчины. XXIII Международный Биос-форум и Молодежная Биос-олимпиада 2018. Сборник материалов. 2019. С. 74-79.
4. Bondarenko E.A., Il'ina KH, Andrianova M. JU., Chusov A.N. Main inorganic ions and electric conductivity of polluted urban streams // *Magazine of Civil Engineering*. 2016. No.8(68). Pp. 37-44.
5. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85. М.: ФГУП Стандартинформ. 2018. 75 с.
6. Urban Storm Drainage Criteria Manual: Volume 1 Management, Hydrology, and Hydraulics. Urban Drainage and Flood Control District (UDFCD), Denver, Colorado, Jan. 2016. URL: https://mhfd.org/wp-content/uploads/2019/12/USDCM_Volume_1_August_2018.pdf
7. Криулин К.Н., Зыкова В.В. Экспресс-методика вычисления расхода дождевых вод для объектов ландшафтного строительства. Альманах Международного Ландшафтного Форума "Зеленая стрела". 2019. 326 с.
8. Sahai A. and Sarma A.K. "Hydrological Application of Remote Sensing and GIS for Handling of Excess Runoff" *Proc. of Int. Conf. on Advances in Civil Engineering 2010*. Pp 65-68. DOI:02.ACE.2010.01.45.
9. Криулин К.Н., Логинова И.И. Основные технологии преобразования рельефа при больших уклонах территорий в ландшафтном строительстве. Политехническая неделя в Санкт-Петербурге: материалы научного форума с международным участием. Кафедра водохозяйственного и гидротехнического строительства. 2016. С. 411-414.
10. Montgomery County Planning Commission, Sustainable green parking lots, 2016, 62 p. URL: https://www.montcopa.org/DocumentCenter/View/9735/Green-Sustainable-Parking-Guide-2_10_2016-Web

POTENTIAL ASSESSMENT OF ROOFTOP RAINWATER HARVESTING
AS WATER RESOURCE IN ASMARA CITY

The main purpose of the paper is to determine the potential of rooftop rainwater collected from a square meter roof area and to analyze its potential to the community of Asmara city who suffer for water scarcity during the dry seasons. The tremendous reasons of the study are: the increase in water demand, the intermittent municipal water supply, enough rainfall depth that can be captured and used, the unfair price of volume of water, soil erosion and city flooding. Capturing rooftop rainwater can save time and energy [1]. Rainfall measurements of the study area for 25 years collected from the Metrological Station of Asmara Airport. In this study, the future trend of rainfall is taken into consideration to determine the probability of exceedance of a certain rainfall amount at a specific return period and used for tank sizing. Due to the reason that probabilities are unknown it should be calculated by different methods. The methods adopted are categorized as: California, Weibull, Hazen and Gringorten and are theoretically better approaches [2]. In the research it found that Weibull has the best fit with the highest R^2 value as in Fig. 1.

Fig. 1. Best fit graph based on R^2

Weibull equation:

$$P = \frac{r}{n+1} 100, \quad (1)$$

where P – probability of exceedance; r – rank of rainfall; n – number of events.

Rainfall value for a specific time can be calculated by:

$$X_p = X \pm ks, \quad (2)$$

where X_p is the rainfall depth having a specific probability of exceedance, X is the sample mean, s – the standard deviation and k – a frequency factor. The mean annual rainfall with probability of exceedance 80% and probability of occurrence in a period of 1.25 years with rainfall amount of

358mm is considered in this paper as calculated using the Weibull method. The roof area has digitized by using ArchGIS and then the potential of rainwater captured has determined.

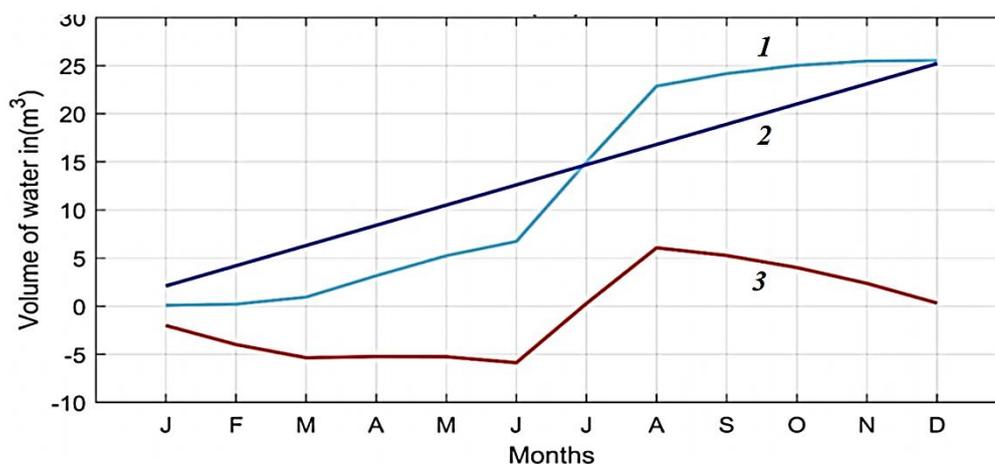


Fig.2. Cumulative supply and demand and deficit for an area of 70 m²:
1 – Cumulative Supply; 2 – Cumulative Demand; 2 – Deficit

The water from the rooftop can be used for different indoor and outdoor applications such as toilet flushes, cleaning and washing of kitchen dishes, and gardening [3-5].

$$V = C_R A \frac{R}{1000}, \quad (3)$$

where V – volume of rain water collected (m³), C_R – roof coefficient, A – roof area, m², R – rainfall depth, mm. The per capita demand from the rooftop water is assumed to be 3,6 m³/year. The annual precipitation is 358 mm. Therefore, the roof area required to collect the annual required roof water is estimated as 11,5 m². As shown in Fig. 2 a roof area of 70 m² having 0,85 runoff coefficient is considered for a family of six members. The size of the water storage can be determined as the maximum difference between the cumulative supply and cumulative demand. It is in the month of August 7 m³. A size of 2×2×1,95 m tank is required.

In can be said in conclusion that the potential of rooftop rainwater mainly depends on the amount of rainfall, roof area and type. The area of a parcel for a family in Asmara city ranges from 150m² to 400m². Therefore, the owners can integrate a water harvesting system to collect the roof water from the area the own. The demand approach is adopted in this paper. Based on the number of family size and amount of rain fall in the area the minimum roof surface required can be installed. Installing rain water harvesting systems at household level improves the need of water from outside that requires tremendous many and energy.

LITERATURE

1. Gould J. Rainwater harvesting for domestic supply. 2015.
2. Raes D. Frequency analysis of rainfall data. Coll. Soil Phys. 30th Anniv. (1983 – 2013), p. 42, 2013, [Online]. URL: <http://indico.ictp.it/event/a12165/session/21/contribution/16/material/0/0.pdf>.
3. Tamaddun K., Kalra A., and Ahmad S. Potential of rooftop rainwater harvesting to meet outdoor water demand in arid regions. J. Arid Land, vol. 10, no. 1, pp. 68–83, 2018, doi: 10.1007/s40333-017-0110-7.
4. Wilo. Использование дождевой воды – справочное пособие. URL: <http://www.wilo.ru/fileadmin/ru/Downloads/Brochurerainwater205x297RU.pdf>.
5. Ролле Н.Н., Молодкина Л.М., Чусов А.Н. Экология строительства. СПб, Изд-во Политехн. Ун-та - 2014, 234с.

СИСТЕМА СБОРА ВОДЫ С КРЫШИ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

Рациональное использование водных ресурсов является важной задачей в наше время. Для нужд потребителей помимо подземных и поверхностных вод также возможно использование атмосферных осадков, для чего применяются системы сбора дождевой воды. Разработка и обоснование их конструкций актуальны в условиях грядущего дефицита и подорожания чистой воды.

Цель работы состояла в обосновании проекта системы для сбора и хозяйственного использования дождевой воды с крыши на примере школы и офисного здания в Санкт-Петербурге.

Для возможности устройства системы сбора и очистки дождевой воды здание должно иметь ряд особенностей: плоская кровля, внутренние водоотводящие системы, по возможности наличие технического этажа для установки аккумулирующего резервуара. Были рассмотрены два здания в Мурино (Всеволожский район, Ленинградская область):

1) офисное здание – площадь кровли составляет 1840 м², 4-6 этажей, общая площадь здания составляет 7360 м², общая полезная площадь 5520 м², на 920 сотрудников;

2) здание школы – площадь кровли составляет 5800 м², 2-4 этажа, на 1000 учащихся.

Предполагается, что система сбора и использования воды включает в себя: кровлю (коэффициент стока которой необходим при определении объема накопительного резервуара); водосточные воронки и водоотводящие трубы (предлагается сифонно-вакуумная система), накопительный резервуар, система очистки воды (фильтры и ультрафиолетовый облучатель), автоматическая насосная станция для подачи дождевой воды из накопительного резервуара на доочистку и затем к потребителям в здании. Из-за бактериального загрязнения дождевой воды на крыше здания ее использование возможно только после дезинфекции (и предшествующей очистки) для смыва в туалетах (7,5 л на человек в день согласно [3]) или для полива придомовой территории.

Для расчета объемов собранной воды, израсходованной воды и накопительного резервуара использовались нормативные документы и источники данных [1-6], результаты приведены в табл.1.

Таблица 1

№	Вариант	Сбор, м ³ /год	Расход, м ³ /год	Объем резервуара, м ³		
				А	Б	В
1	Бизнес-центр, сбор всей воды, расход все дни	805	2519	-	-	48
2	Школа, сбор всей воды, расход пн-сб	2804	3224	95 (152)	60	152
3	Школа, сбор всей воды, расход пн-сб с учетом отсутствия школьников в дни летних каникул	2804	2684	73 (162)	60	152
4	Школа, сбор с отбрасыванием первого смыва 2 мм, расход пн-сб	1700	3224	87 (144)	нет	152
5	Школа, сбор с отбрасыванием первого смыва 2мм, расход пн-сб с учетом отсутствия школьников в дни летних каникул	1700	2684	97 (154)	нет	152

Расчет объема собранной воды выполнялся с учетом наличия и отсутствия системы «первого смыва», которая отбрасывает первые (обычно наиболее загрязненные мусором с крыши) порции воды. Для школы рассчитывали два варианта расхода воды – при отсутствии школьников в здании в июле и августе и при их наличии.

Расчет объема накопительного резервуара (см. табл. 1) проводили в трех вариантах:

А – по максимальному превышению суточного поступления воды в дни сильных ливней над расходом, возможным в 2019 году (в скобках – по данным за период с 2015 по 2019 гг.) [2];

Б – по максимальному превышению поступления воды над расходом по интегральным кривым по данным за 2019 год;

В – по пособию [1], где объем резервуара составляет 6% от годового количества воды, поступающего с крыши.

Из полученных данных в таблицы 1 видно, что в четырех из пяти вариантов расчета поступление воды ниже ее расхода, и только в варианте 3 для школы происходит накопление дождевой воды в резервуаре из-за отсутствия обучающихся в дни летних каникул.

Объем накопительного резервуара по формуле из [1] в большинстве случаев достаточен для сглаживания пикового поступления воды с сильными ливнями (без переполнения резервуара).

Первоначальная очистка собранной дождевой воды происходит в накопительном резервуаре путем отстаивания. Для школы рассчитан расход воды во время ее максимальной откачки (на переменах) и определена скорость движения воды в накопительном резервуаре. Рассмотрены два варианта – цилиндрический стальной резервуар РГС 150 (объем 150 м³, диаметр 3500 мм, длина 15700 мм) и прямоугольный бетонный резервуар (длиной 6 метров, шириной 5 метров и высотой 2,5 м). В результате показано, что условия в резервуарах достаточны для осаждения частиц с гидравлической крупностью более 0,023 мм/с.

Для доочистки воды, поступающей в здания из накопительного резервуара, предложено использовать последовательность патронных фильтров: префильтр 100 мкм, механическая очистка 5 мкм, очистка активированным углем.

Финальным этапом обработки воды является ее дезинфекция ультрафиолетовым излучением. Для дезинфекции принята установка УОВ-10С, которая при расходе до 10-13 м³/ч обеспечивает дозу не менее 30 мДж/см² [7]. Ресурс работы ламп составляет 333 – 500 суток, следовательно, замена ламп должна проводиться примерно раз в год.

В целом в работе предложен ряд технических решений для организации сбора и использования дождевой воды с крыши общественного здания в условиях Санкт-Петербурга. За счет собранной дождевой воды можно обеспечить частичное водоснабжение туалетов зданий – до 32% в рассмотренном бизнес-центре и до 70% в рассмотренной школе.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Wilo. Использование дождевой воды – справочное пособие. URL: <http://www.wilo.ru/fileadmin/ru/Downloads/Brochurerainwater205x297RU.pdf>.
2. Расписание погоды. Архив погоды в Санкт-Петербурге. URL: <https://tp5.ru/> (дата обращения 05.04.2020).
3. СП 118.13330.2012 Общественные здания и сооружения.
4. СП 251.1325800.2016 Здания общеобразовательных организаций.
5. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*.
6. СП 30.13330.2016 Внутренний водопровод и канализация зданий.
7. ЭГА: Очистка и обеззараживание сточной воды УФ-методом. URL: http://ega21.ru/stock_tech/ (дата обращения 20.03.2021).

РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИИ ДОЖДЕВОГО САДА

В условиях изменения климата становится всё более важным переосмысление и поиск наилучших решений использования водных ресурсов и дождевых стоков. В мировой практике вопрос водоотведения на протяжении многих лет решается путем заложения подземных дождевых коллекторов [1]. Главные цели создания новых способов водоотведения – сокращение использования структурных систем водоотведения, очистка городских стоков от загрязнений и пополнение грунтовых водных ресурсов.

Альтернативой или дополнением к классической системе водоотведения может послужить дождевой сад – элемент озеленения, представляющий собой пониженный участок рельефа, где с крыш, дорог, улиц собирается дождевая вода и затем впитывается в землю [2]. С помощью дождевого сада возможно искусственно воспроизвести природный круговорот воды, состоящий из осадков, эвапотранспирации, инфильтрации, подпитки грунтовых вод [3-4]. Такой рассеивающий элемент может использоваться в коттеджном и ландшафтном строительстве вместо классической системы водоотведения, когда отсутствует возможность отвести дождевые поверхностные воды за пределы территории объектов строительства. Эта задача является предельно актуальной на безуклонных территориях или территориях замкнутых понижений.

С инженерной точки зрения, дождевой сад должен обеспечивать полное впитывание воды, которая поступает в него в большинство дождливых дней. Целью работы является разработка методики расчета площади дождевого сада. Для этого потребуется рассмотреть физические свойства грунтов, оценить способность поглощения и впитывания воды.

На рис.1 представлена предлагаемая схема основных элементов дождевого сада.

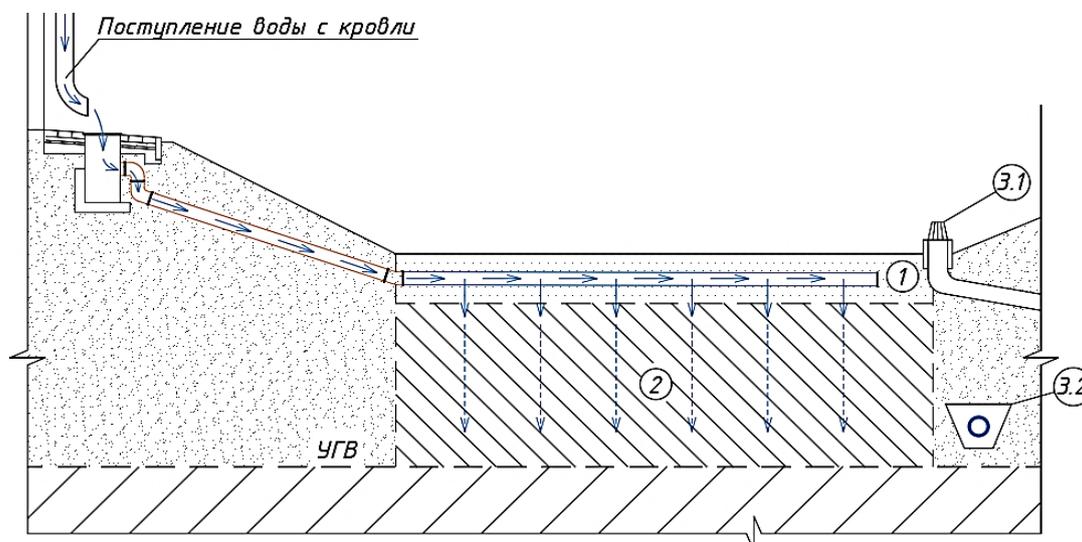


Рис. 1. Схема основных элементов дождевого сада:

1 – распределительный водоем; 2 – зона насыщения; 3.1 – водосборос; 3.2 – дрена

Распределительный элемент – это распределительный водоем 1, который располагается непосредственно над верхней границей зоны насыщения и может содержать рассеивающую трубу. Основная его функция – обеспечение равномерного распределения и впитывания дождевых вод по площади верхней границы зоны насыщения.

Основной рабочий элемент – это зона насыщения 2 – толща грунта, где происходит впитывание дождевых вод. Объем этой зоны является основной характеристикой потенциальной аккумуляции дождевой воды, а значит эффективности сооружения в целом. Нижней границей зоны насыщения является предельный уровень грунтовых вод (УГВ).

Защитные элементы – это водосброс 3.1 – ограничитель максимального уровня воды в распределительном водоеме и защита от затопления территории; дрена 3.2 – ограничитель предельного УГВ для эффективного функционирования зоны насыщения.

Поступление дождевой воды в зону насыщения происходит путем инфильтрации из распределительного водоема. Возможность аккумуляции дождевой воды основана на способности грунта впитывать и удерживать определенное количество воды.

Влагоотдачей или водоотдачей называют способность водонасыщенных грунтов отдавать воду путем её свободного стекания (под действием силы тяжести) [5]. Максимальная водоотдача равна разнице между полной влагоемкостью W_{Π} и наименьшей влагоемкостью $W_{НВ}$. Количественно водоотдачу определяют коэффициентом водоотдачи $K_{В}$ – отношением объема свободно вытекающей из грунта воды к объему грунта, или с учетом вышесказанного:

$$K_{В} = W_{\Pi} - W_{НВ}. \quad (1)$$

Распределение воды по глубине зоны насыщения представлено в виде зависимости влажности от глубины на рис. 2. Схематически толща грунта под дождевым садом может быть разделена на две зоны: зона аэрации (зона неполного насыщения) и зона грунтовых вод (зона полного насыщения). Зона грунтовых вод характеризуется полным насыщением пор грунта водой, то есть во всей зоне влажность постоянна и равна W_{Π} . В зоне аэрации не все поры заняты водой, то есть влажность может изменяться в диапазоне $W_{М} < W \leq W_{\Pi}$.

В нижней части зоны аэрации, непосредственно над УГВ, располагается капиллярная кайма. В этой области происходит изменение влажности от $W_{НВ}$ до W_{Π} . Капиллярная кайма – это капиллярные воды, подпертые снизу УГВ. Капиллярная кайма гидравлически связана с водами зоны грунтовых вод, поэтому повышение или понижение УГВ вызывает изменения положения капиллярной каймы. Для характеристики капиллярных свойств грунтов используется понятие высота капиллярного поднятия $h_{к}$.

Глубина зоны насыщения дождевого сада $h_{зп}$ по глубине совпадает с зоной аэрации и определяется глубиной залегания УГВ $h_{гр.в.}$.

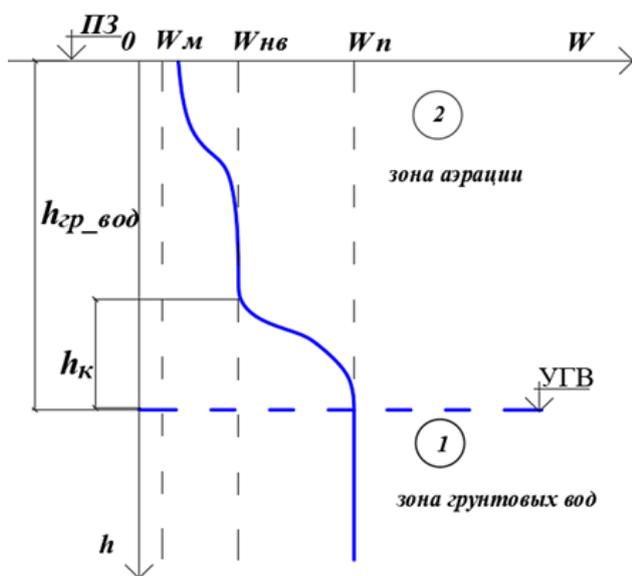


Рис. 2. Распределение воды по глубине зоны насыщения

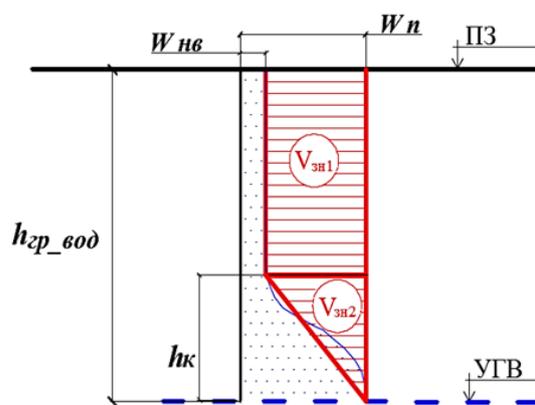


Рис. 3. Расчетная схема

В зоне насыщения максимальное количество аккумулированной воды будет складываться из двух составляющих (рис. 3): на глубинах $h_{гр.в.} - h_k$ (от поверхности до капиллярной каймы) при постоянном значении коэффициента водонасыщения:

$$V_{зН1} = (h_{гр.в.} - h_k)K_B; \quad (2)$$

в пределах высоты капиллярного поднятия h_k :

$$V_{зН2} = 0,5h_kK_B. \quad (3)$$

Основываясь на изложенной выше схематизации процесса водонасыщения зоны насыщения дождевого сада можно определить максимальный расчетный объем аккумуляции дождевых вод на 1 м^2 площади поверхности дождевого сада:

$$V_{зН} = (h_{гр.в.} - 0,5h_k)K_B. \quad (4)$$

Рассмотрим пример расчета для города Великий Новгород. Необходимо собрать дождевую воду с кровли (площадь кровли составляет 200 м^2) в проектируемый дождевой сад. По методическому пособию [6] рассчитываем, что объем стока с кровли в средний дождь (суточный слой осадков $h = 5 \text{ мм}$) будет равен $0,61 \text{ м}^3$, сильный дождь (суточный слой осадков $h = 20 \text{ мм}$) будет равен $2,45 \text{ м}^3$. Грунты – супеси (коэффициент влагоотдачи $K_B = 0,12$). Глубина залегания грунтовых вод $h_{гр.в.} = 2 \text{ м}$. Высота капиллярного поднятия в супесях $h_k = 1 \text{ м}$. Площадь придомовой территории, которую возможно выделить для дождевого сада $F_c = 27,2 \text{ м}^2$. Тогда:

$$V_{зН} = (2 - 0,5 \cdot 1) \cdot 0,12 \cdot 27,2 = 4,9 \text{ м}^3. \quad (5)$$

Сравним объем стока в сильный дождь с объемом, который может впитать сад:

$$2,45 \text{ м}^3 < 4,9 \text{ м}^3.$$

В случае, когда грунты представлены супесями, сад справляется с дождевой нагрузкой. Рассмотрим ситуацию, когда грунты глинистые. При глинистых грунтах высота капиллярного поднятия $h_k = 2 \text{ м}$, коэффициент влагоотдачи $K_B = 0,02$. Тогда:

$$V_{зН} = (2 - 0,5 \cdot 2) \cdot 0,02 \cdot 27,2 = 0,54 \text{ м}^3. \quad (6)$$

Выполним сравнение с объемом стока в средний дождь:

$$0,61 \text{ м}^3 > 0,54 \text{ м}^3.$$

По вычислениям видно, что сад с глинистыми грунтами не справится с нагрузкой даже в средний дождь. Необходимо увеличивать площадь дождевого сада.

Таким образом, зная влагоотдачу, глубину залегания грунтовых вод, высоту капиллярного поднятия и площадь дождевого сада, можно найти, сколько свободной воды способен вместить сад после дождя. Зная максимальный расчетный объем аккумуляции дождевых вод на 1 м^2 , возможно подобрать необходимую площадь дождевого сада под сложившиеся природные и антропогенные условия местности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Криулин К.Н., Симанкина Т.Л. Генеральный план, инженерная подготовка, организация рельефа территории застройки. Учеб. пособие. – СПб.: СПбПУ, 2019. – 135 с.
2. Михайлова С., Бродач М. Дождевые сады как элемент устойчивого развития города // Здания высоких технологий. 2017. №1. С. 18-27.
3. Zhang, S., Guo, Y. Explicit equation for estimating storm-water capture efficiency of rain gardens. Journal of Hydrologic Engineering, 2013, 18(12), 1739-1748.
4. Chaffin, B.C., Shuster, W.D., Garmestani, A.S., Spring, M., Green, O.O. A tale of two rain gardens: Barriers and bridges to adaptive management of urban stormwater in Cleveland, Ohio. Journal of Environmental Management. 2016, 183, 431-441.
5. Крамаренко В. В. Грунтоведение: учебник для среднего профессионального образования – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 430 с.
6. Методическое пособие. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. – Москва: ФГУП НИИ «ВОДГЕО», 2006. – 61 с.

СИСТЕМЫ ВТОРИЧНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ДОЖДЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Целью строительства и проектирования инженерных сетей является не только получения надежной системы водоотведения, работающей бесперебойно, но и экономически выгодной системы. Таким образом, при проектировании сетей и сооружений водоотведения должны быть предусмотрены прогрессивные технические решения, механизация трудоемких работ, автоматизация технологических процессов.

Целью данной работы является разработка и сравнение двух комплексов очистных сооружений на территории малоэтажной застройки, находящейся в Новгородской области.

Отведение дождевых и талых вод с территории застройки является актуальной задачей инженерного обеспечения городского хозяйства. Решение этой задачи обеспечивает система дождевой канализации (ДК), являющаяся составной частью инженерных сетей городской застройки.

Основными элементами системы ДК являются коллекторы, обеспечивающими сбор дождевых вод из дождеприемников и их транспортировку за пределы территории. Коллекторы ДК должны обеспечивать пропуск значительных по величине расходов и объемов дождевых вод. Так, например, в соответствии с действующей нормативной литературой [1], применительно к условиям Северо-Запада РФ, с площади городской застройки, равной 10 га, значения основных параметров коллекторов ДК составят: расчетный расход до 500 – 1000 л/с; транспортируемый годовой объем дождевых вод до 25 000 м³/год; глубина заложения коллекторов ДК около 4 м и более.

Следует подчеркнуть, что увеличение глубины заложения коллекторов ДК необходимо для устройства уклонов, обеспечивающих отсутствия заиливания труб. Но при этом значительно усложняются условия строительства и эксплуатации коллекторов ДК. При значительной протяженности и заглублении коллекторов ДК целесообразно устройство канализационных насосных станций ДК (КНС ДК), которые предназначены для уменьшения глубины заложения коллекторов ДК [2]. Схема расстановки КНС ДК по трассе коллектора ДК представлена на рис. 1. Данный тип КНС ДК (рис. 2) реализует функцию дискретного водоподъема и является основным в системах ДК.

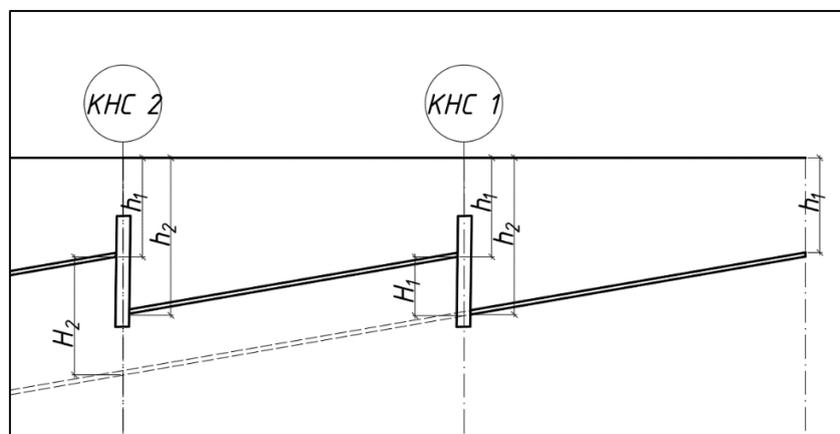


Рис.1. Схема расстановки КНС ДК

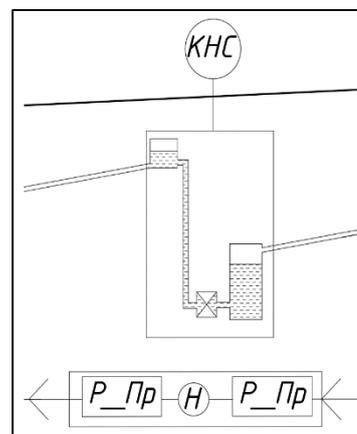


Рис.2. Схема КНС ДК 1

Последовательность работы КНС ДК можно описать следующим образом. Подводящий коллектор ДК, расположенный на значительной глубине, подводит воду к приемному резервуару. Вода начинает заполнять приемный (нижний) резервуар. Насос включается после наполнения приемного резервуара до уровня включения. Насос перекачивает воду в распределительный (верхний) резервуар. Вода поступает в отводящий коллектор, расположенный на минимальной глубине. Насос выключается после опорожнения приемного резервуара до уровня выключения. Объем приемного резервуара должен обеспечить условие: насос не должен включаться чаще допустимой частоты включений, которая составляет 6-10 раз в час.

Как было сказано выше, годовой объем дождевых вод может достигать 2000 м³ с одного гектара в год. Это инициирует потенциальную возможность вторичного использования дождевых вод в хозяйственных и технических целях, например, для полива улиц или зеленых насаждений.

Отягощением для реализации этого решения является ухудшение качества дождевых вод после контакта с поверхностью территории застройки. Показатели качества вод в системе ДК могут оказаться значительно хуже по сравнению с допустимыми. Согласно [3], средневзвешенная концентрация нефтепродуктов не требуется в определении, однако удаление нефтяной пленки с поверхности воды должно обеспечиваться. Допустимый уровень технической воды для полива улиц и зеленых насаждений для ХПК составляет 30 мг/дм³. Для технической воды с квартала малоэтажной застройки Новгородской области ХПК равен 178 мг/дм³ [4]. Таким образом, вторичное использование дождевых вод из системы ДК для полива улиц или зеленых насаждений возможно при реализации мероприятий по водоподготовке. Схема комплекса очистных сооружений (ОС), реализующих задачу вторичного использования дождевых вод представлена на рис. 3.

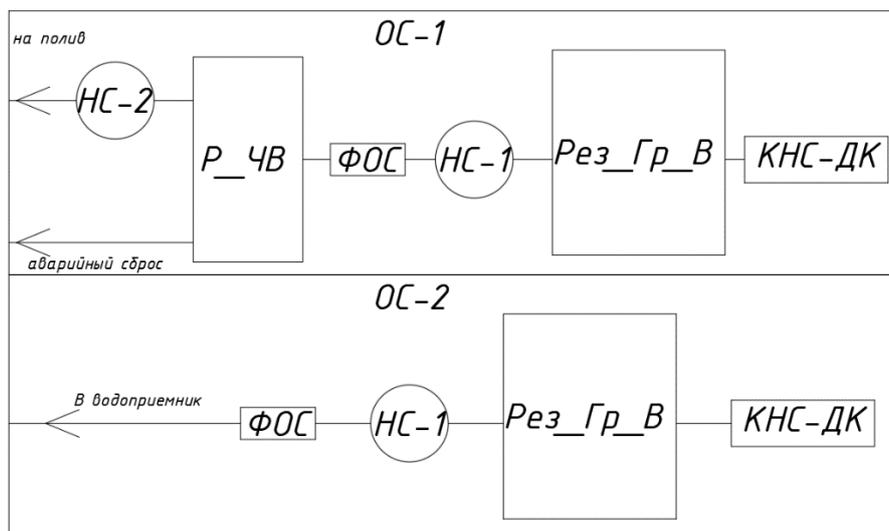


Рис. 3. Схемы комплекса очистных сооружений.
 ОС-1- при вторичном использовании дождевых вод;
 ОС-2- без вторичного использования дождевых вод

Таким образом, последовательность работы комплекса с устройством ОС после включения насоса будет выглядеть следующим образом. Подающий насос подает к фильтрам воду из резервуара с грязной водой. Подающий насос обеспечивает пропуск воды через очистные фильтры и поступление в резервуар для хранения чистой воды. Перекачивающий насос забирает воду из резервуара чистой воды для дальнейшего использования (полива зеленых насаждений, улиц, автопарковок и т. д.)

На примере квартала малоэтажной застройки площадью 15,4 га, расположенного в Новгородской области, рассмотрим два варианта системы ДК с ОС.

Вариант 1:

- ОС №1 (рис. 3, тип ОС-2) располагается в замыкающем створе системы ДК за пределами территории квартала и обслуживает всю территорию квартала; вторичное использование дождевых вод не предусматривается.

Вариант 2:

- ОС №1 (рис. 3, тип – ОС-2) располагается в замыкающем створе системы ДК за пределами территории квартала и обслуживает примерно 0,5 площади (нижняя часть) территории квартала.
- ОС №2 (рис. 3, тип – ОС-1) располагается в средней части системы ДК на территории квартала и обслуживает примерно 0,5 площади (верхняя часть) территории квартала; вторичное использование дождевых вод предусматривается.

Вариант 1: расчетный расход КНС ДК = 580 л/с; глубина заложения коллектора ДК в замыкающем створе – 3,8 м; объем приемного резервуара КНС ДК = 70 м³; объем резервуара грязной воды – 500 м³, производительность ОС №1 = 3,3 л/с; объем сброса за пределы территории будет равен полному объему, поступающему в резервуар грязной воды – 500 м³.

Вариант 2: расчетный расход КНС ДК = 300 л/с (2 комплекса очистных сооружений); глубина заложения коллектора ДК в замыкающем створе середины системы ДК – 1,9 м; объем приемного резервуара КНС ДК = 36 м³; объем резервуара грязной воды – 200 м³, производительность ОС – 1,32 л/с; объем резервуара чистой воды – 200 м³ (объем вторичного использования дождевых вод); объем сброса за пределы равен 150 м³.

Средний расход воды поливочной машины ПМ-130Б составляет 0,3 л/м², при средней вместительности поливочных машин, равной 3,5 м³ [5], за один рабочий цикл удастся полить примерно 1,2 га территории. Объем резервуара чистой воды будет достаточно для полива 70 га. В случае наличия избыточного объема воды для полива предусмотрен аварийный сброс воды с территории застройки.

В результате сравнения вариантов можно сделать следующие выводы. Вариант 1 помогает сэкономить на строительстве нескольких насосных станций, но значительно увеличиваются объемы поступающих вод в приемные резервуары и, следовательно, объемы самих резервуаров, глубина залегания и диаметр трубопровода. Поэтому предлагается альтернативный способ.

Вариант 2 позволит уменьшить в два раза объемы вод, поступающих на очистные сооружения. Будет уменьшена глубина заложения трубопровода. Распределение воды из накопительного резервуара чистой воды для дальнейшего полива будет мобильным. Но такой вариант будет трудоемким и затратным. Поэтому выбор схемы отведения и очистки поверхностного стока, а также конструкции очистных сооружений, определяются его качественной и количественной характеристиками, условиями отведения и осуществляются на основании оценки технической возможности реализации того или иного варианта и сравнения технико-экономических показателей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.03-85
2. СНиП 2.04.02-84. Насосные станции
3. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
4. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока сельских территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. Методическое пособие, М., 2015
5. Расчет потребности в поливочных машинах: <https://gigabaza.ru/doc/98883-p13.html> (дата обращения 26.03.2021)

ПРОБЛЕМЫ НЕЛЕГАЛЬНОЙ ЗАСТРОЙКИ В СИРИЙСКОЙ АРАБСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Быстрый рост городов во второй половине двадцатого века, который наблюдался в большинстве развивающихся стран, особенно в арабских странах, привел к экономическим, социальным проблемам, проблемам безопасности, так как в результате этого ускоренного роста городов на городских территориях появились трущобы.

Термин «трущобы» используется для обозначения поселений, которые образуются на окраинах крупных городов. Это районы, возникшие в отсутствие закона и далекие от общего планирования, а иногда и в результате посягательства на государственную собственность. Это районы, лишённые основных удобств и услуг.

Трущобы возникают в результате действия различных факторов. Наиболее важным из них является миграция из сельской местности в города, как это происходит в некоторых арабских странах с высокой плотностью населения и низким доходом. Это привело к жилищному кризису, вынудившему многих жителей строить дома из подручных материалов (дерево, картон, глина и солома). В результате возникают жилые дома, не соответствующие техническим условиям и построенные без разрешения компетентных органов [1].

Цель работы – исследование проблем нелегальной жилой застройки городов республики Сирия и оценка условий для реализации проектов реновации жилых кварталов. Поскольку данная проблема носит комплексный характер, для ее изучения применялись методы системного анализа, анализа статистических и литературных данных.

Трущобы встречаются не только в арабских странах, страдающих от экономических проблем, но и в некоторых арабских странах с высоким и средним уровнем доходов [1]. Исследование, проведенное Национальным институтом планирования в Сирии, выявило восемь причин существования трущоб, а именно: ускоренный рост населения; миграционные потоки из сельских районов в города; высокие цены на землю, предназначенную для строительства; снижение предложения жилья и несоответствие предложения качеству спроса, так как доля экономичного жилья в общем объеме предложения снизилась; высокая арендная плата за жилье; желание семей проживать рядом со своими детьми и родственниками; сокращение государственных жилищных ограничений, существовавших в шестидесятые годы [1].

В рамках случайной организации появились новые районы, среди которых район Рукн ад-Дин в Дамаске, представляющий собой новую организационную зону, включающую земли от Ибн ан-Нафиса до аль-Мидана.

Исследование, проведенное в Алеппо (Сирия), показало, что большинство обитателей трущоб были перемещены из сельских районов, что составляет 47% жителей трущоб. Это в дополнение к перемещению 34% из соседних городов или из центра города на окраины, и эти неформальные поселения образуют пояс бедности вокруг города Алеппо, где широко распространена преступность.

Неформальные поселения в городе Алеппо характеризуются наличием большого количества семей. По данным Национального центра социальных и криминальных исследований неграмотность и отсутствие профессий вынуждают женщин жить в трущобах, подвигает семьи на работу в неформальном секторе, лишает их возможности узнать о своих правах или процедурах реализации этих прав, например, о праве на получение пособий по бедности и выплат на детей [2, 3]. Трущобы страдают от нехватки или отсутствия основных удобств и услуг, что создает множество проблем, среди них: бедность, безработица, преступность, наркомания и другие [3].

Сирийский департамент городского развития работал над развитием некоторых районов за счет жилья, применяя принцип информатизации государственных и других услуг, но этот опыт все еще нуждается в улучшении из-за высокой стоимости земли, которая принесла пользу среднему классу, но не бедным [4].

Опыт этого проекта управления городским развитием является одним из основных примеров борьбы с трущобами и уникальным в решении проблемы трущоб в Сирии, где в 1985 году был перепроектирован неформальный жилой комплекс площадью 9,1 га, в котором проживало 5030 человек и который состоял из 524 участков, застроенных самодельными постройками из глиняных блоков и других разлагающихся материалов, непригодных для строительства с точки зрения экологии проживания и здоровья.

Широкое участие общественности подтвердило замечательный успех этого эксперимента в первые дни, когда земля принадлежала жителям, поскольку люди проявляли явный интерес, тратили свои сбережения и продавали свои драгоценности, чтобы купить и застроить участки земли. После того, как они убедились, что это будет часть их частной собственности, жители платят 5% от стоимости земли, а остальное – в рассрочку, равную 25% от ежемесячного дохода семьи. Проект, помимо выдачи небольших ваучеров на недвижимость, не стал большим финансовым бременем для бенефициаров [5].

Таким образом, в результате нашего исследования можно сформулировать ряд рекомендаций по работе с трущобами:

- необходимость экономического развития и возможности трудоустройства в деревнях и сельских районах в непосредственной близости от городского района, чтобы ограничить миграцию в город и рост неформальных территорий;
- поощрение обратной миграции за счет создания привлекательных проектов развития в сельской местности;
- необходимость строгого и сдерживающего применения законов и их обновления с учетом необходимости системной борьбы с коррупцией на местах и политических интересов;
- освещение проблемы трущоб в средствах массовой информации, и работа по повышению осведомленности граждан о последствиях проблемы трущоб;
- определять и соблюдать в городских планах градостроительное зонирование, чтобы предотвратить случайную застройку, а также находить баланс между видами землепользования, чтобы способствовать увязке экономического развития с жилыми районами;
- создание жилищных проектов для малообеспеченных людей и поощрение проектов кооперативного жилья.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ахмед Мунир Сулеймани. Жилье и устойчивое развитие в развивающихся странах. – Бейрут: University Salary House, 1996 г. (на арабском языке).
2. Сальва Абдулла Абдель-Гавад. Трущобы с точки зрения социальных услуг. Александрия, Египет. Приверженность миру печати и издательского дела, 2013 г. (на арабском языке).
3. Мостафа Махмуд. Трущобы и культура бедности. – Каир: Арабское издательство Египта, 2014 г. (на арабском языке).
4. Рабах Раафат Ахмед. Трущобы и их влияние на городское развитие в сирийских городах, магистерская работа, инженерный факультет, Университет Дамаска, 2009 г. (на арабском языке).
5. Махер Хосни Эль-Генди. Участие сообщества и его связь с развитием трущоб. Исследования экономики окружающей среды. Институт экологических исследований Университета Айн-Шамс, 2010 г. (на арабском языке).

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ БЛАГОУСТРОЙСТВА ПАРКОВОЙ ЗОНЫ
С УЧЕТОМ РЕЛЬЕФА ТЕРРИТОРИИ

Благоустройство парковой зоны – это комплекс работ по созданию комфортных условий пребывания людей в городской среде. В настоящее время стремительно развивается городское строительство, при этом уничтожаются природные ресурсы, что приводит к сокращению территорий, пригодных для создания парковых зон и скверов, к нарушению экологической устойчивости среды. Увеличение и сохранение природных элементов городского ландшафта, использование всех видов и возможностей рекреационного обслуживания определяют более высокое качество жизни населения в городах.

Среди всех природных факторов рельеф максимально характеризует и определяет состояние ландшафта городских территорий. Предварительное изучение естественного рельефа и его использование при соблюдении нормативных требований строительства требует решения большого количества вопросов, связанных с инженерной подготовкой территорий.

Рельеф служит отправной точкой для вдохновения при разработке проекта ландшафта. Вместе с тем рельеф помогает в организации грамотного инженерного обслуживания территории и позволяет экономить при строительстве. Необходимо помнить при проектировании, что формирование и глубокое преобразование рельефа может привести к непоправимым последствиям. Чтобы их не допустить, разрабатываются такие инженерные решения как подпорные конструкции.

Рельеф имеет склоны и откосы естественного и искусственного характера, которые подвержены обвалам, выветриванию и размывам. Необходимо разработать различные решения, чтобы исключить эти неблагоприятные факторы, защитить от опасностей людей, которые могут в этот момент находиться рядом, защитить инженерные сети и сооружения от возможных разрушений, и при этом сохранить природный ландшафт. Для этого разрабатываются укрепляющие элементы и конструкции.

Задачи исследования заключаются в разработке трех подпорных стенок и выборе оптимальной конструкции на основе сравнения результатов, полученных при расчете.

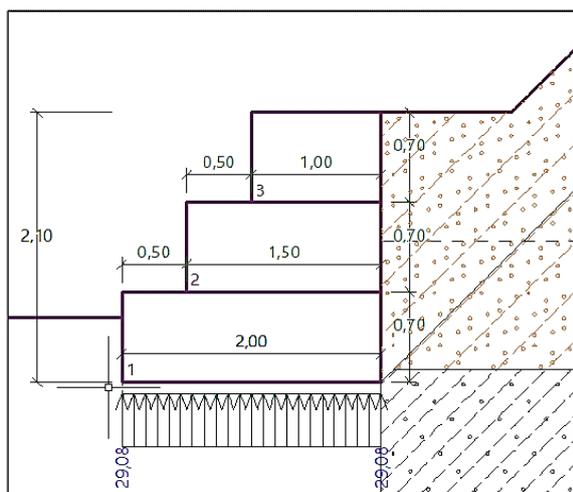


Рис. 1

В данной работе рассматриваются габионные, гравитационные и угольковые подпорные стенки. На выбор влияют состав и особенности грунта, возможность подмыва территории, высота грунтовых вод, уклон поверхности и другие факторы.

Конструкции из габионов отличаются от других рассматриваемых сооружений гибкостью, прочностью и устойчивостью. Металлическая сетка габионов выдерживает без разрыва большие нагрузки, при этом она не является жесткой конструкцией. Поэтому габионные системы противостоят осыпающимся грунтам, выдерживают давление каменных масс, через них легко просачиваются грунтовые

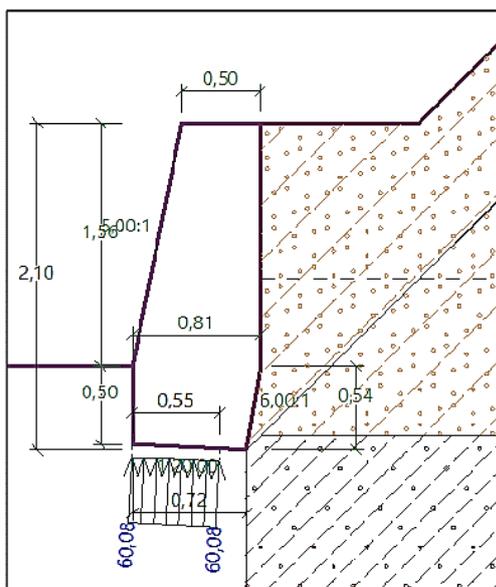


Рис. 2

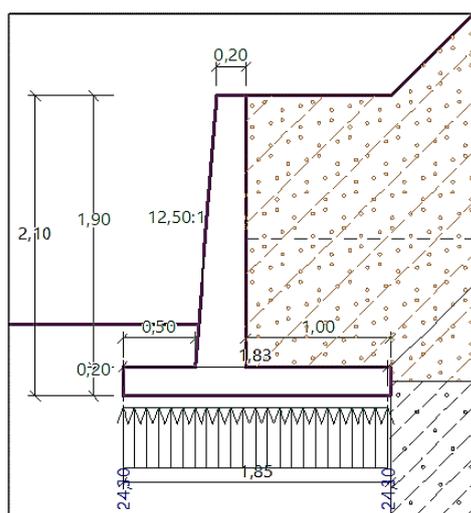


Рис. 3

При значении уклона 8-15 % рекомендуется использовать укрепления газонными решетками, биоматами, геосетками [3]. Если уклон более 15%, разрабатывают подпорные стенки, которые являются «вживлением» защитной инженерной конструкции в поверхность грунта, внутренним армированием склонов и откосов [4].

Исходными данными для проработки инженерных решений являются: отметка поверхности земли – 58 м; первые 2 м почвы – это супесь, ниже залегает суглинок полутвердый толщиной слоя 3,96 м; на глубине 1 м от поверхности земли проходит уровень грунтовых вод.

Проведен расчет трех подпорных конструкций на опрокидывание, перемещение, несущую способность грунта основания и устойчивость откоса. Для примера графически представлены рассматриваемые варианты подпорных конструкций: габионная подпорная стенка (рис. 1), монолитная гравитационная подпорная стенка (рис. 2) и уголкового подпорная стенка (рис. 3).

воды, при этом возможен лишь небольшой прогиб сеток.

Гравитационные подпорные стенки обеспечивают устойчивость благодаря своей массе и грунтовой массе, находящейся над подошвой конструкции стенки, а также силе трения, возникающей в плоскости подошвы стенки.

Принцип работы уголкового подпорной стенки заключается в наличии широкого основания – подошвы. Подошва заставляет включать в работу против опрокидывания весь близлежащий грунт. Применение уголкового подпорных стенок обеспечивает преимущество в возможности уменьшения финансовых вложений на транспортировку, материалоемкость и трудовые затраты.

Подпорные стенки кроме укрепления рельефа дают возможность разрабатывать ландшафтный дизайн территории, позволяют зонировать территорию в горизонтальном и вертикальном направлении.

При расчетах подпорных стенок учитываются собственный вес конструкции, испытываемые нагрузки от расположенных рядом объектов, давление грунта на стенки и фундаменты конструкций, тяжесть воды при ливнях, паводках и подъеме грунтовых вод, воздействие ветров и вспучивание грунта при заморозках [1].

Определяющим критерием выбора укрепления является величина уклона откосов и склонов [2]. При средних и малых уклонах до 8% укрепить откос или склон можно высадкой растений и деревьев.

На несущую способность основания был выполнен расчет по формуле (1) (формула (34) из [5]):

$$\Phi = \bar{B}(A_1 \bar{B}_{\gamma I} + B_1 h_{\gamma I} + D_1 c_I) \quad (1)$$

По результатам расчетов была составлена таблица 1.

Таблица 1

	Коэффициент запаса при проверке			
	на несущую способность	на перемещение	на опрокидывание	на устойчивость откоса
Габионная стена	4,13	2,97	6,71	2,58
Гравитационная стена	2,00	1,89	2,15	2,35
Угловая стена	4,94	2,78	5,08	2,28

Проанализировав данные из таблицы можно сделать вывод, что по таким характеристикам как перемещение, опрокидывание и устойчивость откоса лучшей является габионная подпорная стенка, однако по несущей способности дает более высокий результат угловая подпорная стенка.

В заключении можно отметить, что в настоящее время ландшафты крупных городов подвергаются интенсивной застройке, вследствие чего происходит стремительное ухудшение качества природных ресурсов, выраженное в сокращении рекреационных пространств и вырубке зеленых насаждений. Следствием непродуманных норм благоустройства и непонимания специалистами деталей связанности между собой функциональной и эстетической характеристик, социальной необходимости и экологической устойчивости ландшафта, стала качественная дисфункция парковой зоны.

Если при проектировании территории ландшафт не будет учитываться в первую очередь, то неизбежно нарушится равновесие между природными и антропогенными элементами городских структур. В настоящее время разработка проектов ландшафтно-градостроительных решений рекреационных зон актуальна и жизненно необходима.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Свиридов В.В. Устойчивость откосов. Часть 1. Грунтовые откосы: Учебное пособие. РГУПС. Ростов н/Д, 1994. 26 с
2. Справочное пособие к СНиП "Проектирование подпорных стен и стен подвалов", Москва 1990
3. Корчагин Е.А. Оптимизация конструкций подпорных стен. М.: Стройиздат. 1980.116 с.
4. Клейн Г.К. Расчёт подпорных стен, Высшая школа. Москва. 1964. 196 с.
5. Руководство по проектированию подпорных стен и стен подвалов для промышленного и гражданского строительства / ЦНИИПромзданий Гостроя СССР. М.: Стройиздат, 1984. С.117.

УДК 697.9

А.А. Мещихин, О.В. Аверьянова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

БАЛАНСИРОВОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ

В настоящее время вопрос о повышении энергоэффективности и энергосбережения зданий является одним из самых важных. Большая часть жилищного фонда составляют многоквартирные здания с естественными системами вентиляции.

При проектировании теплозащитные характеристики ограждающих конструкций растут, это приводит к снижению потребления тепловой энергии за счет уменьшений теплопотерь

через ограждающие конструкции. В таком случае повышается расход тепловой энергии на вентиляцию, превышая трансмиссионные теплопотери.

Основным способом, позволяющим достигнуть наибольшей энергоэффективности, является регулирование системы. Регулирующая арматура способствует балансировке системы, а также выполняет функцию запорной арматуры в ходе эксплуатации системы. Балансировочные устройства обеспечивают равномерную подачу воздуха в помещения в определенном количестве, что позволит не допускать перерасхода тепловой энергии на нагрев наружного воздуха.

Аналогичная тема была затронута в работе [1], что стало основополагающей информацией для данного исследования, цель которого – выбор оптимального решения для регулирования систем вентиляции.

На первом этапе теоретических исследований были рассмотрены научные работы в области инженерных систем и их энергоэффективности, выведены определение объекта, предмета, цели и задач исследования.

Рассмотрено три типа регулирующих устройств:

- Дросселирующее отверстие на рис. 1 – представляет собой стальной диск с отверстием посередине. Регулирование потока происходит за счет изменения внутреннего диаметра отверстия.
- Сопловой ирисовый клапан КИС на рис. 2 – расход воздуха регулируется с помощью вращения рукоятки, при этом меняется размер проходного сечения, образованного лепестковыми пластинами.
- Клапан постоянного расхода на рис. 3 – принцип действия клапана основан на изменении его аэродинамического сопротивления при изменении давления в вентиляционной системе.



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

Для определения сопротивлений создаваемых регулирующей арматурой выполняется аэродинамический расчет. Главная цель аэродинамического расчета является определение потерь давления в системах вентиляции и её элементов.

Потери давления в системах вентиляции складываются из потерь давления на трение и потерь давления в местных сопротивлениях, Па [5]:

$$\Delta P_{\text{сети}} = \Delta P_{\text{тр}} + Z. \quad (1)$$

Потери давления на трение, Па

$$\Delta P_{\text{тр}} = Rln, \quad (2)$$

где R – удельные потери давления на трение, Па/м, l – длина участка воздуховода м, n – поправочный коэффициент, который зависит от абсолютной эквивалентной шероховатости воздуховодов.

Удельные теплопотери давления на трение, Па/м, в круглых воздуховодах определяют по формуле

$$R = \frac{\lambda}{d} P \vartheta, \quad (3)$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления трения, d – диаметр воздуховода, м, $P\vartheta$ – динамическое давление, Па.

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{ke}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (4)$$

где ke – абсолютная эквивалентная шероховатость поверхности воздуховода; Re – критерий Рейнольдса.

Динамическое давление, Па

$$P\sigma = \rho v^2 / 2. \quad (5)$$

Потери давления в местных сопротивлениях, Па

$$Z = \sum \zeta P\sigma, \quad (6)$$

где $\sum \zeta$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на расчетном участке воздуховода.

Расход воздуха в воздуховодах L , м³/ч

$$L = v A_o 3600, \quad (7)$$

где A_o – площадь сечения воздуховода, м².

$$\zeta_{\text{диафр}} = \Delta \frac{P_{\text{неуяз}}}{P\sigma} = (\Delta P_{\text{расп}} - \Delta P_{\text{отв}}) / P\sigma, \quad (8)$$

где $P\sigma$ – динамическое давление на участке, на котором устанавливается диафрагма, Па; $\Delta P_{\text{расп}}$ – располагаемые потери давления на ответвление, Па; $\Delta P_{\text{отв}}$ – потери давления на увязываемом ответвлении, Па.

По значению ζ и по размерам воздуховода, на котором устанавливается диафрагма, подбирают размер диафрагмы (табл. 22.48, 22.49)

Гравитационное давление, Па, определяется по формуле

$$P_{\text{гр}} = kh(p_n - p_v) 9,81, \quad (9)$$

где h – высота воздушного столба, м; p_n – плотность наружного воздуха кг/м³.

В системах вентиляции требуется увязка действующих гравитационных давлений в каналах соответствующих этажей с потерями давления на трение и местные сопротивления по пути движения воздуха от места входа его в сеть.

Расчет выполняется с помощью программного обеспечения, которое способно выполнить аэродинамический расчет, подбор диаметров воздуховодов, расчет потерь давлений, например: softHVAC, «Лидер-аэродинамика», SimpleVENT, dvaoblaka и др.

Вывод. В работе разработана методика выбора технического решения системы на основе показателей ее энергетической эффективности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Амелина А.В. Анализ балансировочных устройств системы отопления: выпускная квалификационная работа магистра: направление 08.04.01 «Строительство». СПб.: СПбПУ, 2020
2. Некоммерческое партнерство инженеров. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=1602
3. Горшков А.С., Рымкевич П.П., Немова Д.В., Ватин Н.И. Экономическая эффективность инвестиций в энергосбережение. Инженерные системы. АВОК-Северо-Запад 3, 32-36 (2014).
4. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям/ Под ред. М. О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.; Машиностроение, 1992. – 672 с: ил.
5. Справочник проектировщика. Вентиляция и кондиционирование воздуха Ч.2./ Под редакцией И. Г. Старовойта. – М: Стройиздат, 1977. – 505 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЦИФРОВОЙ ФОТОАППАРАТУРЫ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Цель исследования – анализ возможностей применения цифровой фотоаппаратуры, в том числе камер БПЛА (беспилотных летательных аппаратов), для обследования строительных конструкций, выявления трещин в бетоне и определения ширины их раскрытия с целью оценки технического состояния железобетонных конструкций [3, 4].

По разрешающей способности фотоаппаратуры, которая выражается в пикселях нельзя однозначно сказать, можно ли применить конкретную фотокамеру для решения конкретной инженерной задачи? Для оценки такой возможности была выполнена фотосъемка тремя разными фотокамерами с близкого расстояния (макросъемка). Были использованы два обычных фотоаппарата для наземной съемки и один штатный фотоаппарат квадрокоптера, предназначенный для крупномасштабной топографической съемки местности.

В соответствии с расчетами по второй группе предельных состояний [5], максимальная расчетная ширина раскрытия трещин в растянутой зоне бетона железобетонной конструкции может быть не более 0,3 мм. Поэтому, для того, чтобы трещина отобразилась на фотоснимке, съемку надо выполнять с максимально близкого расстояния. Традиционно для измерения ширины раскрытия трещин используют специальный трещиномер с лупой и микрометром. При этом наблюдатель должен: а) сначала увидеть (обнаружить) трещину, б) затем непосредственно прикоснуться к телу бетона чтобы замерить ширину раскрытия трещины. Это не всегда возможно, особенно если конструкция труднодоступна (конструкция моста или находится высоко в заводском цехе). С помощью БПЛА теоретически можно дистанционно обследовать строительные конструкции как внутри сооружений, так и снаружи, и осуществлять целеуказание для их более детального обследования в конкретных местах.

Для того, чтобы можно было доверять результатам измерения ширины раскрытия трещин (с вероятностью 0,95), погрешность измерения составляет не более 0,3 от величины контролируемого параметра (раскрытия трещины) [1, 2, 6, 7]. Применительно к контролю раскрытия трещин, становится понятным, что точность измерений должна быть очень высокой, – примерно 0,1 мм.

Для эксперимента были применены три фотокамеры:

1. Полузеркальная камера CANON PowerShot S5 IS 8-мегапикселей с фокусным расстоянием 70 мм с размером матрицы 24×36 мм.

2. Профессиональная фотокамера NIKON D810 36-мегапикселей с фокусным расстоянием 50 мм и матрицей 24×36 мм.

3. Квадрокоптер DJI PC6310 с 20-мегапиксельным разрешением на неполноразмерный кадр 18×24 мм и фокусным расстоянием 8,8 мм.

Фотосъемка выполнялась в лабораторных условиях при искусственном освещении и при естественном освещении в пасмурную погоду с расстояний 1, 2, 3 и 4 м. Объектами фотосъемки были нарисованные на сером фоне на бумаге трещины от 0,3 мм 0,5 мм и 0,7 мм и специальные фотограмметрические «шкалы толщин линий» от 0,05 мм до 3 мм и реальные трещины в оштукатуренных цементным раствором поверхностях на стене и трещины в кирпичной кладке. Просмотр изображений на компьютере осуществлялся в программах «ACDSEE 10» и «Windows».

Результаты лабораторного исследования следующие:

1. Фотокамерой 1 выполнена съемка реальных трещин 0,3 мм с расстояния 3 м. Трещины практически не читаются. Об измерении ширины их раскрытия по фотоснимкам не может быть и речи. Трещины в кирпичной кладке, конечно читаются.

2. Фотокамерой 2 выполнена съемка с 2, 3 и 4 м. Со всех расстояний все вычерченные линии хорошо читаются, а по фотоснимкам, выполненным с расстояния 2 м можно даже измерять ширину раскрытия трещин.

3. Фотокамерой 3 выполнена фотосъемка при естественном освещении в пасмурную погоду с расстояний 1, 2, 3 и 4 м. При этом с расстояния 1 м читается даже трещина в 0,05 мм. С расстояния 2 м трещина 0,05 читается хуже, но она видна. Хорошо читается трещина 0,07 мм. Остальные трещины читаются уверенно. Можно измерять их длину и ширину. Трещина в 0,3 мм отображается 3-мя пикселями. С расстояния 3 м линия в 0,5 мм отображается 6-ю пикселями. Линия в 0,13 мм читается уверенно. С расстояния 4 м линия в 0,25 мм хорошо читается и отображается 3-мя пикселями. Измерять её затруднительно, но понять, что предел прочности конструкции достигнут, можно.

Таким образом, по результатам экспериментальных исследований можно сказать, что применение цифровой фотоаппаратуры с разрешением более 20-мегапикселей на стандартный размер матрицы 24×36 мм при фотофиксации даже очень малых дефектов строительных конструкций вполне оправдано. Фотосъемка должна осуществляться с расстояний порядка 2 м. Особенно следует обратить внимание на применение БПЛА для решения этой задачи. При этом представляет интерес периодический мониторинг труднодоступных конструкций с помощью БПЛА с целью своевременного обнаружения аварийноопасных мест.

Примерная методика фотосъемки для оценки технического состояния изгибаемых элементов железобетонных конструкций по параметрам трещинообразования может быть следующей:

1. Выполняется съёмка эталонной модели трещины с шириной раскрытия 1 мм (например, линейка с ценой деления 1 мм с разных расстояний (как правило, в диапазоне 1, 2, 3, 4 м).
2. Просматривают снимок с сильным увеличением на мониторе компьютера.
3. Подсчитывают количество пикселей (которые хорошо видны на мониторе), приходящихся на 1 мм (цена деления). В исследуемом случае на 1 мм приходилось 7 пикселей, а риска линейки занимает по ширине 2 пикселя. Если посчитать, что риска эталона является трещиной, то ширина её раскрытия составляет: $B = 2/7 \approx 0,286$ мм.
4. Сопоставив результаты натурной съёмки со съёмкой эталона, определяют ширину раскрытия реальной трещины.

Для одного и того же фотоаппарата с одним и тем же объективом, с фиксированным фокусным расстоянием, при изменении расстояния до объекта съёмки, количество пикселей на матрице для изображения трещины (эталон трещины шириной 1 мм) изменяется обратно пропорционально расстоянию до объекта.

Например, в ходе проведенного эксперимента съёмка эталона трещины с величиной раскрытия 1 мм выполнялась фотоаппаратом Nikon D7000 с объективом Nikon 105 mm f/2,8 IF-ED AF-S VR Micro-Nikkor и матрицей типа DX. Эквивалентное фокусное расстояние данного объектива для неполноразмерной матрицы типа DX составляет 157,5 мм. Диапазон расстояний до объекта был выбран от 1 до 2,5 м.

Количество пикселей на эталон трещины с шириной раскрытия 1 мм получилось 16 штук при съемке с расстояния 1 м и 7 штук при съемке с расстояния 2,5 м. Расчетами установлено, что при расстоянии до трещины 1 м условная точность определения ширины её раскрытия составит 0,063 мм, а при расстоянии 2 м будет уже 0,11 мм.

Данное небольшое исследование показало, что в принципе, имеется возможность бесконтактного выявления трещин и даже определения ширины их раскрытия при

обследовании железобетонных строительных конструкций путем применения цифровой непрофессиональной аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Аболин Е.Р., Ершов А.В., Тихонок Н.К., Шинкевич В.А. Пособие по геодезическому обеспечению строительства. СПб – ВИТУ, 2006. – 240 с.
2. Михаленко Е.Б., Загрядская Н.Н., Беляев Н.Д., и др. Учебное пособие по геодезической практике. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 93 с.
3. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д. Контроль качества строительства. Геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации водохозяйственных и гидротехнических сооружений. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 143 с.
4. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д., Загрядская Н.Н. Инженерная геодезия. Наблюдения за техническим состоянием и деформациями при строительстве и эксплуатации сооружений. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 80 с.
5. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции.
6. СП 317.1325800.2017. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. 2020. – 240 с.
7. Стародубцев В.И., Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д. Инженерная геодезия: учебник. – СПб: Лань, 2020. – 240 с.

АНАЛИЗ ЭТАПОВ ПРОВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

Инженерно-экологические изыскания для строительства (ИЭИ) – это оценка современного состояния и прогноз возможных изменений окружающей природной среды под влиянием антропогенной нагрузки с целью предотвращения, минимизации или ликвидации вредных и нежелательных экологических и связанных с ними социальных, экономических и других последствий, а также сохранения оптимальных условий жизни населения [1].

Цель данной работы – изучить нормативно-правовую документацию, регулирующую ИЭИ в строительстве, проанализировать особенности выполнения этапов ИЭИ.

Для строительства любого объекта необходимо разрабатывать проектную документацию, что в свою очередь требует большого объёма фактической информации о характеристиках и свойствах будущего объекта. Также необходимо произвести исследования состояния окружающей среды и воздействия будущего строительства на нее. С этой целью выполняются инженерные изыскания, в состав которых входят ИЭИ [2]. Документы, регламентирующие проведение ИЭИ, охарактеризованы в табл. 1.

Выполнению изысканий предшествует составление технического задания для ИЭИ. На его основе формируются задания для выполнения работ в рамках ИЭИ, которые в свою очередь должны соответствовать нормативным документам согласно программе ИЭИ.

Основной задачей ИЭИ является получение сведений и исчерпывающих материалов о современном экологическом состоянии природной среды в районе расположения будущего объекта [3].

Материалы ИЭИ должны обеспечивать разработку Декларации (ходатайства) о намерениях, градостроительной документации, разделов «Оценка воздействия на окружающую среду» (ОВОС) на стадии обоснований инвестиций и «Охрана окружающей среды» (ООС) в проекте строительства.

Оценка современного состояния окружающей среды (ОССОС) – одна из главных процедур, входящая в состав экологического сопровождения проектов строительства, ликвидации или перевооружения объекта [4].

В связи с различными экологическими проблемами и ситуациями может возникнуть необходимость проведения ИЭИ не только до стадии строительства, но и позднее – на самой стадии строительства, в период эксплуатации объекта, ликвидации данного объекта. В связи с этим принято организовывать локальный экологический мониторинг, который даст полную комплексную оценку состояния окружающей среды [5].

В 90-х годах созрела необходимость формирования нормативно-правовой базы для проведения ИЭИ. Возникли практические задачи, в частности выявление природных и экологических аномалий, образовавшихся под воздействием техногенных катастроф [6]. Так, 4 октября 1988 г. произошел взрыв на станции Свердловск-Сортировочная: железнодорожный состав, перевозивший опасные взрывчатые вещества, из-за ошибки диспетчера столкнулся с грузовым составом, перевозившим уголь. Затем произошло возгорание с последующим взрывом. Для изучения влияния этого события на экологическую обстановку в районе были проведены ИЭИ. Ряд подобных событий привел к пониманию необходимости создания нормативно-правовой базы для урегулирования и контроля за ИЭИ. Затем был введен в

действие СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства. Общие положения», отвечающий на вопросы, связанные с проведением ИЭИ [7].

Таблица 1 – Этапы проведения инженерно-экологических изысканий

1. Подготовительный этап		
Собирается информация из фондов и архивов, изучаются документы, предоставляемые заказчиком. Помимо вышеуказанных сведений анализируется информация о рекреационных зонах, водных объектах, прибрежных полосах, береговых полосах, рыбоохранных полосах, санитарно-охранных зонах, наличии скотомогильников, биотермических ям, наличии свалок и твердых коммунальных отходов, месторождениях полезных ископаемых, растениях и животных, занесенных в красную книгу, фоновых концентрациях загрязняющих веществ.		
2. Полевые и лабораторные работы		
1	Рекогносцировка	Рекогносцировочное обследование включает в себя пеший обход исследуемой территории и нанесение на схему фактического материала.
2	Исследование и оценка радиационной обстановки	Состоит из: - поисковой гамма-съёмки по прямолинейным профилям; - определения мощности дозы внешнего гамма-излучения; - определения плотности потока радона. СанПиН 2.6.1.2529-09 [8].
3	Исследование почвогрунтов	Анализ почвогрунтов по показателям: -химическим, токсикологическим, агрохимическим, микробиологическим, санитарно-паразитологическим. В соответствии с заданием, почвогрунты отбираются с глубин: 0,0-0,2 м, 0,2-1,0 м, 1,0-2,0 м. ГОСТ 17.4.3.01-2017 [9].
4	Анализ атмосферного воздуха	Анализ атмосферного воздуха проводят по таким показателям как: диоксид азота, оксид азота, углерода оксида, взвешенные вещества, серы диоксид. ГОСТ 17.2.3.01-86 [10].
5	Измерение физических факторов. Необходимым условием является то, что все измерения должны проводиться в метеорологических условиях, входящих в пределы работы измерительных устройств.	
5.1	Измерение уровней шума	Согласно ГОСТ 23337-2014 «Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий» измерительный микрофон должен быть направлен в сторону основного источника шума и располагаться на расстоянии не менее 0,5 от оператора, проводившего измерение.
5.2	Измерение уровней инфразвука	Измерительный микрофон должен быть направлен в сторону основного источника шума и располагаться на расстоянии не менее 0,5 от оператора, проводившего измерение (ГОСТ 23337-2014).
5.3	Измерение уровней электромагнитного напряжения	В соответствии с МУК 4.3.2491-09 «Методы контроля. Физические факторы. Гигиеническая оценка электрических и магнитных полей промышленной частоты (50 Гц) в производственных условиях» на данном этапе измеряют электрическое поле и магнитное поле. Измерения проводятся на высоте 0,5 м, 1,5 м, 1,8 м.
5.4	Измерение уровней вибрации	Согласно ГОСТ 31191.1-2004 «Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека» основной измеряемой характеристикой является виброускорение.
3. Камеральные работы		
По результатам инженерно-экологических изысканий формируется технический отчет, который включает в себя текстовую часть, текстовые и графические приложения.		

На втором этапе работы была произведена систематизация данных, полученных после изучения нормативно-правовой базы, регулирующей инженерно-экологические изыскания. Основные положения приведены в таблице 1.

В результате проведенного исследования были систематизированы все этапы ИЭИ, начиная с работы с фондовыми материалами и заканчивая камеральными работами. ИЭИ включают в себя большое количество разделов и подразделов. Анализ данных показал, что полевые работы являются самым слабым местом ИЭИ, поскольку изыскатель может недобросовестно отобрать пробы или объективно чего-то не заметить. Также выполнение полевых работ сильно зависит от метеоусловий, что в свою очередь сказывается на достоверности получаемой информации.

Таким образом, для учета и систематизации данных, получаемых полевым работником в ходе ИЭИ, целесообразно создать универсальный инструмент в виде программы или приложения на смартфон. Преимуществами данного инструмента будут являться простота занесения данных в текстовом формате или в формате изображения (фото, видео) независимо от внешних условий, оперативная передача этих данных в лабораторию, и облегченная работа с ними.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства.
2. СП 47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96.
3. Говоров Ю. А., Каягин В. А. Инженерно-экологические изыскания / Евразийский совет ученых (ЕСУ) #5 (62) 2019. С. 39-41.
4. Бочаров В.Л., Корабельников В.А. Инженерно-экологические изыскания в системе инженерных изысканий (проблемы и перспективы) / сборник статей «Современная экология» 2017. С. 416-419
5. Ледящева Т.Н., Пинаев В.Е. Обзор зарубежных публикаций по вопросам оценки современного состояния окружающей среды и оценки воздействия на окружающую среду / Интернет-журнал «Науковедение» том 9 №1 С.1-16.
6. Ланцова И.В. Инженерно-экологические изыскания и проблемы экологического обоснования проектов / Промышленное и гражданское строительство №11 2018 С. 6-8.
7. СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.
8. СанПиН 2.6.1.2529-09 «Нормы радиационной безопасности» (НРБ-99/2009).
9. ГОСТ 17.4.3.01-2017 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к отбору проб.
10. ГОСТ 17.2.3.01-86 Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов.

УДК 691:004.94:502

В.А. Свириденко, М.А. Романович
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗДАНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Цель работы – провести оценку жизненного цикла здания (life cycle assessment – LCA), подобрать материалы с минимальным негативным воздействием на окружающую среду, провести экономическую оценку материалов до и после замены.

Оценка жизненного цикла основана на поиске данных, оценке входных, выходных параметров, а также возможности контроля воздействий на окружающую среду [1, 2]. Для достижения результатов исследования используется программное обеспечение One Click LCA, созданное компанией Bionova Ltd. Программа выводит показатели жизненного цикла объекта, рассчитывает оценку жизненного цикла, стоимость, углеродный след и другие воздействия на окружающую среду. Результаты оценки жизненного цикла здания не имеют привязанности к конкретному месту и предоставляют информацию в форме потенциального воздействия на окружающую среду [3].

На первом этапе была разработана 3D модель секции жилого дома, выполненная в программе Autodesk Revit 2020, со стандартным набором материалов: бетонная смесь без гранулированного доменного шлака, гидроизоляционная мембрана Protan, кирпичная кладка Wienerberger, каменная вата RockWool, стяжка пола Vetonit, силикатная штукатурка. Секция жилого дома состоит из 7 однокомнатных квартир и 2 студий на этаже, всего 3 жилых этажа. Результатом моделирования являются данные о материалах модели и их объёмах, которые были выведены в MS Excel при помощи плагина One Click LCA. В облаке программного обеспечения была создана связь конкретного материала, заложенного в базе данных One Click LCA, с выведенными данными MS Excel. После проведения расчётов были подведены итоги оценки негативного воздействия стройматериалов на окружающую среду и количество выделяемых вредных веществ. Результаты расчёта были выведены в список с ранжированием по наибольшему влиянию в тоннах эквивалента диоксида углерода (CO₂e) (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Ранжирование материалов по наибольшему влиянию на окружающую среду

Используемый материал, кг CO ₂ e/м ³	Воздействие, т CO ₂ e
Бетонная смесь без гранулированного доменного шлака C25/30, 274,71	282
Гидроизоляционная мембрана Protan, 3055,56	86
Кирпичная кладка Wienerberger, 471,92	62
Каменная вата RockWool, 196,42 кг CO ₂ e/м ³	43
Бетонная смесь без гранулированного доменного шлака C12/15, 217,91	27
Стяжка пола Vetonit, 863,0	25
Силикатная штукатурка 1105,0	13

На втором этапе были подобраны альтернативные материалы, обладающие такими же теплоизолирующими, прочностными, морозостойкими, огнестойкими свойствами, что и материалы исходного здания. При этом удалось уменьшить уровень экологического воздействия. Была использована бетонная смесь с 60% содержанием гранулированного доменного шлака и показателем 145,69 кгCO₂e/м³, гидроизоляционная мембрана Sika с показателем 2457,84 кгCO₂e/м³, кирпичная кладка Wienerberger с показателем 264,16 кгCO₂e/м³, каменная вата Knauf с показателем 153 кгCO₂e/м³, стяжка пола Proplan с показателем 342 кгCO₂e/м³, цементно-известковая штукатурка с показателем 356,63 кгCO₂e/м³. Так же был проведён анализ и критический обзор данных для двух идентичных зданий с различными используемыми материалами. Установлено, что в связи с заменой строительных материалов произошло снижение выбросов CO₂, снижение потенциала подкисления почв, снижение потенциала эвтрофикации, снижение потенциала озонового истощения, снижение потенциала образования фотохимического озона, снижение истощения не возобновляемых энергетических ресурсов. Сравнение результатов представлено на рис. 2.

Полученные результаты были достигнуты за счёт добавления в бетон C25/30 гранулированного доменного шлака [4], изменение состава кирпичной кладки, добавления в бетон C12/15 переработанных вяжущих, изменения состава стяжки пола, использования в арматуре 97% переработанных материалов [5], изменения состава керамической плитки.

На третьем этапе было произведено сравнение экономических показателей стоимости материалов до и после замены. Результаты экономической оценки приведены в табл. 2, где также отображены результаты изменения негативного воздействия на окружающую среду.

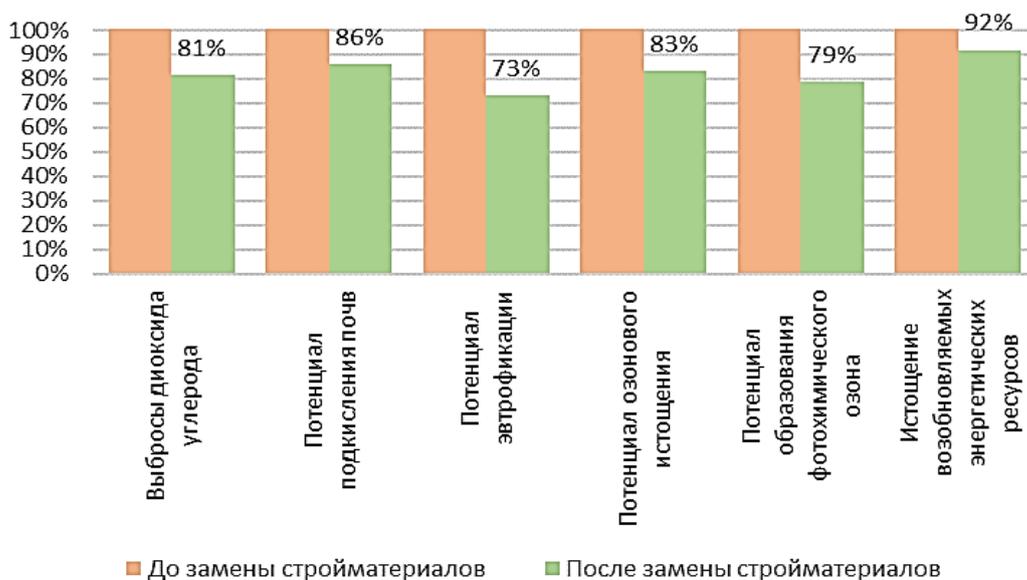


Рис. 2. Результаты сопоставления данных

Таблица 2 – Экономическая оценка проведенных работ по замене строительных материалов

Материал	Изменение в эмиссии CO ₂ , %	Изменения стоимости материалов, %	Процент от общей эмиссии CO ₂ здания, %
Бетон марки С25/30	-47	-35	39
Кирпичная кладка	-44	-	23
Утеплитель $L = 0,037$ Вт/(мК)	-22	-13	10
Бетон марки С12/15	-31	-	5
Гидроизоляционная мембрана	-19	-20	4
Стяжка пола	-60	+47	3
Газобетонные блоки	-49	+6	2
Керамическая плитка	-38	+2	1,6
Штукатурка	-67	+92	1,3

Наибольшее негативное влияние оказывают бетон, кирпичная кладка и утеплитель. Удалось добиться снижения выделения CO₂ в данных строительных материалах от 22 до 47%, при этом уменьшить стоимость от 13 до 35%.

По результатам работы можно сделать вывод, что замена материалов способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду и приводит к снижению общих затрат на покупку строительных материалов.

ЛИТЕРАТУРА:

- ГОСТ Р ИСО 14040:2006. Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура. 2010. 3 с.
- Buyle M., Braet J., Audenaert A. Life cycle assessment in the construction sector: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2013. P. 380. DOI: 10.1016/j.rser.2013.05.00.
- Притужалова О., Турчанинова А. Зелёное строительство в России. 2019. 126 с.
- Москвин Е. Применение доменного молотого шлака при производстве железобетонных изделий. 2016. 30 с.
- EN 15804:2012+A1:2013. Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products. 2013. P. 3.

ВЛИЯНИЕ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Непрерывный рост численности населения и ускоряющийся темп урбанизации повышают привлекательность высотных зданий для застройки как городских бизнес-центров, так и жилых комплексов. Однако вместе с демографическими и социальными показателями растет и уровень загрязнения окружающей среды.

Строительство является одной из отраслей производства с высоким уровнем загрязнения окружающей среды. К загрязнениям относятся отходы, образующиеся при изготовлении строительных материалов; вредные вещества, попадающие в окружающую среду при производстве строительных работ; а также уже возведенные объекты, являющиеся источниками загрязнений при их эксплуатации [1].

Строительство высотных зданий увеличивает количество отходов, выбросов и сбросов в различные среды в несколько раз по сравнению со средне- и малоэтажными зданиями [2]. Высотные здания являются, прежде всего, уникальными объектами, на проектирование, строительство и эксплуатацию которых затрачивается гораздо больший объем ресурсов. Высокие значения коэффициентов надежности по ответственности приводят к повышенной материалоемкости, применение нестандартных и инновационных технологий при возведении здания чаще всего ведет к расширению парка строительных машин и механизмов, сроки производства строительных работ увеличиваются. Для обеспечения функционирования зданий необходимы индивидуальные решения и высокие мощности систем водоснабжения и водоотведения, пожарной безопасности и лифтов. Все перечисленное неизбежно становится причиной, по которой значительное количество вредных веществ выбрасываются в атмосферу, почву и водную среду в течение продолжительного времени.

Высотные здания, как правило, возводятся не в единичном экземпляре, а в составе целых комплексов, что приводит к появлению районов с высотной застройкой. Уровень ухудшения экологической обстановки в таких районах обычно превышает средние значения загрязнения данной местности [3].

Одним из способов определения уровня загрязнения окружающей среды является измерение углеродного следа региона. Он складывается из общего количества парниковых газов, выделяемых в результате различной деятельности населения или организаций с учетом накопления и поглощения газов [4]. Углеродный след выражается в эквиваленте диоксида углерода.

Цель данной работы – выявить связь между строительством и эксплуатацией высотных зданий, и ухудшением экологической обстановки на основании данных по углеродному следу.

Для этого проведено сравнение двух рейтинговых списков. В первом приведены данные по углеродному следу 13000 городов [5], оставленному за 2018 год, во втором города распределены по количеству высотных зданий, введенных в эксплуатацию к 2020 году [6].

В сравнении задействовано 30 городов, имеющих наибольшие (строки 1–15) и средние (строки 16–30) значения выброса углекислого газа. В таблице 1 указаны город и страна, в которой он находится, углеродный след в мегатоннах диоксида углерода для годового периода, а также количество зданий с высотой более 100 м.

В верхней части полученной таблицы присутствуют города, выделяющиеся относительно небольшим количеством высотных зданий, в то время как в нижней части таблицы в нескольких городах высотная застройка не способствует повышению углеродного

следа. Это говорит о том, что прослеживаемая связь не является линейной, однако есть и причины у таких выбивающихся показателей.

Таблица 1 – Углеродный след в городах с высотной застройкой

№ п/п	Город, страна	Место в рейтинге по углеродному следу	Углеродный след CO ₂ , мегатонны	Количество высотных зданий, шт.
1	Сеул, Южная Корея	1	276,1 ± 51,8	163
2	Гуанчжоу, Китай	2	272,0 ± 46,2	178
3	Нью-Йорк, США	3	233,5 ± 75,4	1572
4	Гонконг, Китай	4	208,5 ± 37,8	924
5	Лос-Анджелес, США	5	196,4 ± 43,7	112
6	Шанхай, Китай	6	181,0 ± 44,6	426
7	Сингапур, Сингапур	7	161,1 ± 34,1	240
8	Чикаго, США	8	152,9 ± 37,2	575
9	Токио, Япония	9	132,8 ± 21,4	406
10	Дубай, ОАЭ	11	110,8 ± 31,0	480
11	Москва, Россия	15	99,5 ± 22,5	231
12	Лондон, Великобритания	16	98,9 ± 21,8	335
13	Пекин, Китай	18	83,7 ± 19,1	132
14	Джакарта, Индонезия	19	83,7 ± 15,6	414
15	Майами, США	21	80,3 ± 21,9	151
16	Монреаль, Канада	83	28,3 ± 7,4	55
17	Сан-Диего, США	85	28,1 ± 8,6	40
18	Цзинань, Китай	86	28,0 ± 12,3	31
19	Сантьяго, Чили	87	27,3 ± 8,0	27
20	Роттердам, Нидерланды	88	27,1 ± 8,5	105
21	Кейптаун, ЮАР	89	26,8 ± 8,8	19
22	Хошими, Вьетнам	91	26,3 ± 6,8	55
23	Барселона, Испания	92	26,1 ± 9,0	40
24	Балтимор, США	93	25,4 ± 11,4	43
25	Бирмингем, Великобритания	96	25,1 ± 7,4	18
26	Хэфэй, Китай	97	24,9 ± 10,0	26
27	Кливленд, США	100	24,0 ± 8,8	24
28	Дурбан, ЮАР	102	23,7 ± 7,2	25
29	Лас-Вегас, США	103	23,5 ± 9,1	68
30	Канзас, США	106	22,7 ± 7,4	19

Так как углеродный след зависит от общего количества населения и его биологических процессов, а также его деятельности, то причиной повышенного уровня выделяемого диоксида углерода в регионе может являться высокая численность населения, а также основные виды производства, требующие сжигания больших объемов топлива или связанные с сельским хозяйством.

Низкие показатели углеродного следа в городе с преобладающей высотной застройкой обусловлены принятием мер по снижению выбросов парниковых газов. Они включают в себя не только стимулирование строительства энергоэффективных зданий, но и мероприятия, направленные на уменьшение количества личного транспорта, вторичное использование продукции и материалов, увеличение местных поставщиков сырья.

Таким образом, влияние высотных зданий на окружающую среду подтверждается наличием высокого уровня углеродного следа в регионе строительства и эксплуатации зданий высотой более 100 м.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Zolfagharian S., Nourbakhsh M., Irizarry J., et al. Environmental Impacts Assessment on Construction Sites // Construction Research Congress. 2012. Pp. 1750-1759.
2. Drew C., Nova K.F., Fanning K. The Environmental Impact of Tall vs Small: A Comparative Study // International Journal of High-Rise Buildings. 2015. Vol. 4. No 2. Pp. 109-116.
3. Aristodemou E., Boganegra L.M., Mottet L., et al. How tall buildings affect turbulent air flows and dispersion of pollution within a neighborhood // Environmental Pollution. 2018. No 233. Pp. 782-796.
4. Laurence A. Wright, Simon Kemp, Ian Williams. 'Carbon footprinting': towards a universally accepted definition // Carbon Management. 2011. V. 2, No 1. Pp. 61–72.
5. Moran D., Kanemoto K., Jiborn M., et al. Carbon footprints of 13000 cities // Environmental Research Letters. 2018. Vol. 13. No 6.
6. Cities Ranked by Number of Completed Structures (Buildings & Towers) [Electronic resource] <http://www.skyscrapercenter.com/cities>

УДК 628.3

С.Д. Черкасов, Э.С. Нусратов, К.Н. Криулин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ СБРОСЕ В ВОДОТОК

В проекте населенного пункта одной из необходимых частей является дождевая канализация, обеспечивающая круглогодичный отвод поверхностного стока с его территории. Как правило, сброс стока осуществляется в природный водоток (реку), что допустимо при возникновении в ней незначительных концентраций загрязняющих веществ. В противном случае потребуются очистные сооружения, состав и технологическая схема которых зависят от концентраций загрязняющих веществ поверхностного стока.

Методы оценки указанных концентраций изучаются как отечественными, так и зарубежными авторами. Многие из них содержат сложные математические расчеты и модели, основывающиеся на энциклопедических или статистических данных, что не позволяет быстро определить необходимость предварительной очистки стоков [1-6].

Целью данной научной работы является разработка методики экспресс-оценки концентрации загрязняющих веществ в водном объекте, которая позволяет определить

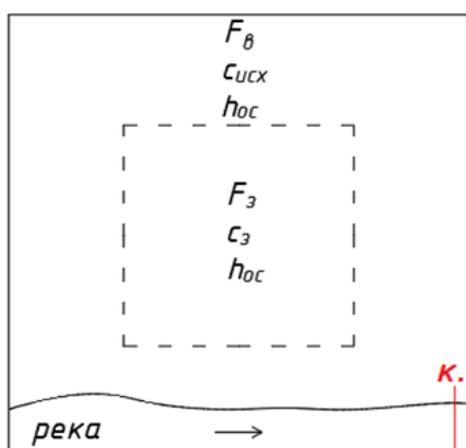


Рис. 1. Схема для определения концентрации загрязняющего вещества

необходимость строительства локальных очистных сооружений. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: 1) описание нового способа экспресс-оценки концентраций загрязняющих веществ в поверхностных стоках с водосборной площади участка водотока и вывод основных формул для расчета; 2) анализ полученных зависимостей между различными величинами; 3) экспресс-оценка концентрации загрязняющего вещества на основании реальных исходных данных.

Разрабатываемая методика подразумевает следующие допущения:

1. сброс поверхностных вод с планируемой территории застройки осуществляется через организованную систему дождевой канализации в реку;
2. водотоки относятся к малым рекам, то есть площадь их водосбора составляет менее 2000 км².

На рис. 1 изображена расчетная схема для определения концентрации загрязняющего вещества в реке. Основные переменные для расчета: h_{oc} – слой стока; F_3 – площадь застройки; c_3 – концентрация загрязняющего вещества с территории застройки; F_B – площадь водосбора реки от ее истока до контрольного створа; $c_{исх}$ – исходная концентрация в контрольном створе для загрязняющего вещества, поступающего с рассматриваемой территории водосбора. Стрелкой на рис. 1 указано направление течения реки, а красной линией отмечено расположение контрольного створа. Сброс поверхностных стоков осуществляется до контрольного створа.

Необходимо отметить, что рассматриваемая концентрация загрязняющего вещества с территории застройки определяется желаемым промежутком времени, а также существующими нормативами по предельно-допустимым значениям, которые зависят от категории и хозяйственного назначения водотока, а также от используемых документов [7].

Концентрация загрязняющего вещества с водосборной площади водного объекта в контрольном створе, обозначаемая как c_p , может быть найдена по следующей формуле:

$$c_p = \frac{m_p}{V_B}, \quad (1)$$

где m_p – масса загрязняющего вещества; V_B – объем осадков с водосборной площади реки.

Масса загрязняющего вещества определяется по следующей формуле:

$$m_p = m_3 + m_{исх}, \quad (2)$$

где m_3 – масса загрязняющего вещества, поступающая с территории застройки; $m_{исх}$ – масса загрязняющего вещества, поступающая с водосборной площади без учета планируемой территории населенного пункта.

Масса загрязняющего вещества, поступающая с территории застройки, может быть найдена по следующей формуле:

$$m_3 = V_3 c_3, \quad (3)$$

где V_3 – объем стоков с площади застройки, который может быть найден по следующей формуле:

$$V_3 = h_{oc} F_3. \quad (4)$$

Следовательно, подставив формулу (4) в выражение (3), получим, что:

$$m_3 = h_{oc} F_3 c_3. \quad (5)$$

Масса загрязняющего вещества, поступающая с водосборной площади без учета планируемой территории населенного пункта, определяется по следующей формуле:

$$m_{исх} = V_{рек} c_{исх}, \quad (6)$$

где $V_{рек}$ – объем поверхностных стоков с водосборной площади водного объекта без учета планируемой территории населенного пункта, определяемый по следующей формуле:

$$V_{рек} = h_{oc} (F_B - F_3) c_{исх}. \quad (7)$$

Следовательно, подставив формулу (7) в выражение (6) и получим, что:

$$m_{исх} = h_{oc} (F_B - F_3) c_{исх}. \quad (8)$$

Объем осадков с водосборной площади реки определяется по следующей формуле:

$$V = h_{oc} F_B. \quad (9)$$

Таким образом, подставив последовательно выражения (2), (5), (8) и (9) в формулу (1), будем иметь, что:

$$c_p = \frac{h_{oc} F_3 c_3 + (F_B - F_3) h_{oc} c_{исх}}{h_{oc} F_B}. \quad (10)$$

В результате сокращения дроби на величину слоя стока h_{oc} получим, что:

$$c_p = \frac{F_3 c_3 + (F_B - F_3) c_{исх}}{F_B} = \frac{F_3}{F_B} c_3 + \left(1 - \frac{F_3}{F_B}\right) c_{исх}. \quad (11)$$

Кроме того, выражение (12) поделим на величину исходной концентрации загрязняющего вещества $c_{исх}$ и будем иметь, что:

$$\frac{c_p}{c_{исх}} = \frac{F_3}{F_B} \frac{c_3}{c_{исх}} + \left(1 - \frac{F_3}{F_B}\right) = 1 + \frac{F_3}{F_B} \frac{c_3}{c_{исх}} - \frac{F_3}{F_B} = 1 + \frac{F_3}{F_B} \left(\frac{c_3}{c_{исх}} - 1\right). \quad (12)$$

Следовательно, необходимое условие для сброса поверхностных стоков в соответствии с требованиями нормативной документации [8, 9] и формулой (13) будет иметь следующей вид:

$$c_p = c_{исх} \left[1 + \frac{F_3}{F_B} \left(\frac{c_3}{c_{исх}} - 1\right)\right] \leq [c], \quad (13)$$

где $[c]$ – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества.

Условие (13) может использоваться для экспресс-оценки концентраций загрязняющих веществ в контрольном створе водотока при сбросе поверхностных стоков с территории населенного пункта. Руководствуясь им, можно вычислить и сравнить численные значения показателей взвешенных веществ, нефтепродуктов, БПК_{полн} и ХПК, а также определить необходимость установки локальных очистных сооружений.

Из формулы (13) следует, что концентрация загрязняющего вещества в контрольном створе прямо пропорциональна F_3 и находится в обратной зависимости от F_B .

В качестве примера расчета осуществим экспресс-оценку концентрации нефтепродуктов в контрольном створе условной реки рыбохозяйственного назначения при строительстве у устья на территории ее водосбора населенного пункта. Информация о параметрах реки может использоваться из общедоступного государственного водного реестра. Исходные данные для проведения расчета указаны в таблице 1.

Таблица 1

$c_{исх}$, мг/дм ³	c_3 , мг/дм ³	$[c]$, мг/дм ³	F_3 , км ²	F_B , км ²
0,03	1,0 [8]	0,05 [9]	0,10	1000

При подстановке данных неравенство (13) примет следующий вид:

$$c_p = 0,03 \left[1 + \frac{0,1}{1000} \left(\frac{1}{0,06} - 1\right)\right] \approx 0,03 < 0,05. \quad (14)$$

Следовательно, концентрация нефтепродуктов при сбросе поверхностных вод с территории проектируемого населенного пункта в контрольном створе не превысит предельное значение. Аналогично необходимо произвести проверки по другим нормируемым показателям, причем при выполнении всех требуемых условий можно сделать вывод об отсутствии необходимости в локальных очистных сооружениях.

Таким образом, в работе предложена методика экспресс-оценки в водотоке концентраций загрязняющих веществ, которые поступают с поверхностным стоком с территории проектируемого населенного пункта через дождевую канализацию. Метод основывается на данных, размещенных в открытом доступе, и проектной информации, и позволяет быстро сделать вывод о необходимости устройства локальных очистных сооружений для поверхностного стока с застраиваемой территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Liu R. Research on control method of pollutant total amount of water quality based on fuzzy mathematics. *Earth Sciences Research Journal*. 2020. Vol. 24. № 2. Pp. 191-199.
2. Fu G., Gang Z., Guangjun M., Jiayu P., Kun L., Soon-Thiam K., Qing L. Simulation-optimization method based on rationality evaluation for waste load allocation in Daliao river. *Environmental Earth Sciences*. 2015. Vol. 73. №9. Pp.5193-5209.
3. Dong Z., Li D., Liu J., Wang C., Yao H. Calculation Method for the Early Warning Index of Sudden Water Pollution Based on the Linear Variation Assumption of the Substance Concentration in the River Network. *Water Resources Management*. 2020. Vol. 34. №9. Pp. 2821-2835.
4. Мусатов В.И., Пивоварова А.И., Сенокочич М.А., Федоров М.Ю. Анализ основных отечественных и зарубежных методов расчета систем поверхностного стока / Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2020. № S5 (6). 239-245.

5. Балдаков Н.А., Кудишин А.В. Автоматизация расчета характеристик водосборного бассейна для решения задач моделирования поверхностного стока / Интерэкспо гео-Сибирь. 2019. №1. С. 83-89.
6. Bondarenko E.A., P'ina Kh., Andrianova M.Ju., Chusov A.N. Main inorganic ions and electric conductivity of polluted urban streams. Magazine of Civil Engineering. 2016. № 8 (68). С. 37-44.
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 15.09.2020 №1430 «Об утверждении технологических показателей наилучших доступных технологий в сфере очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений и городских округов» // Собрание законодательства РФ. – 28.09.2020. – №39. – Ст. 6029.
8. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты / сост. Л.М. Верещагина, А.С. Керин, А.Ю. Логунова, Ю.А. Меншутин, Е.В. Фомичева. – Москва, 2015. – 146 с.
9. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13.10.2016 №552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» [Электронный источник] / <http://docs.cntd.ru/document/420389120> (Дата обращения: 24.03.2021).

УДК 699.84

Э.Р. Хамзин, И.И. Пестряков, С.В. Беляева, И.С. Птухина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ НА ТЕРРИТОРИИ МОРСКОЙ НАБЕРЕЖНОЙ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Целью данной работы является выбор мер по снижению звуковой нагрузки от Западного скоростного диаметра (ЗСД) на территорию проектируемого линейного парка вдоль Морской набережной в Санкт-Петербурге.

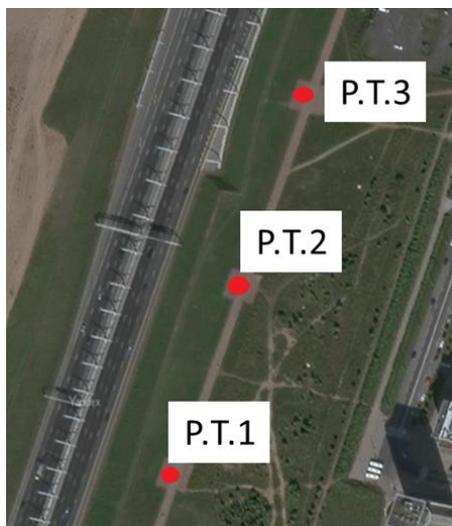


Рис. 1. Расчетные точки

При проектировании участков автомобильных дорог, проходящих вблизи жилых, общественно-деловых и рекреационных зон, следует предусматривать применение в первую очередь пассивных шумозащитных мероприятий: 1) трассирование дороги на удалении от нормируемых объектов (защита расстоянием); 2) учёт существующего рельефа местности (расположение дороги в выемках, на холмистой местности); 3) экранирование существующими постройками (зданиями, сплошными ограждениями); 4) устройство участка дороги в тоннеле; 5) сохранение существующих зелёных насаждений или проектирование новых полос зелёных насаждений; 6) ограничение скорости движения; 7) применение в качестве дорожного покрытия малошумного асфальта [5].

При невозможности выполнения этих мероприятий следует предусматривать использование шумозащитных экранов в виде вертикальных или наклонных стенок, а в загородных условиях также в виде выемок, насыпей, валов – применять экраны комбинированного типа, устраивать галереи, тоннели; для жилых районов следует предусматривать размещение в первом эшелоне застройки магистральных улиц многоэтажных шумозащитных зданий, использование в качестве экранов зданий нежилого назначения [1].

В силу сформировавшейся среды Морской набережной применение большинства организационно-планировочных мероприятий невозможно. По этой причине для данной территории выбрано устройство шумозащитных экранов в виде вертикальной стенки и создание полосы зеленых насаждений.

Для подбора параметров экрана определялось требуемое снижения уровня шума на территории будущего парка. Основной источник звукового загрязнения в рассматриваемой зоне – центральный участок ЗСД. ЗСД является магистральной дорогой скоростного движения с 8-ю полосами на всем протяжении Васильевского острова. Шумовая характеристика (эквивалентный уровень звука) автомобильного транспортного потока $L_{Аэкв}^{авт}$ для данной дороги равна 83 дБА согласно Таблице 6.1 [1].

Были выбраны расчетные точки (РТ) для данной территории (рис.1) и построены продольные профили из этих точек по сечениям, перпендикулярным дороге (рис.2). Центральный участок ЗСД расположен в выемке с заглублением проезжей части до 10 метров относительно отметок прилегающих территорий [2], ширина полос движения для данной категории дорог составляет 3,75 м [3]. Остальные геометрические параметры местности получены путем картографического анализа в интернет ресурсе Яндекс.Карты.

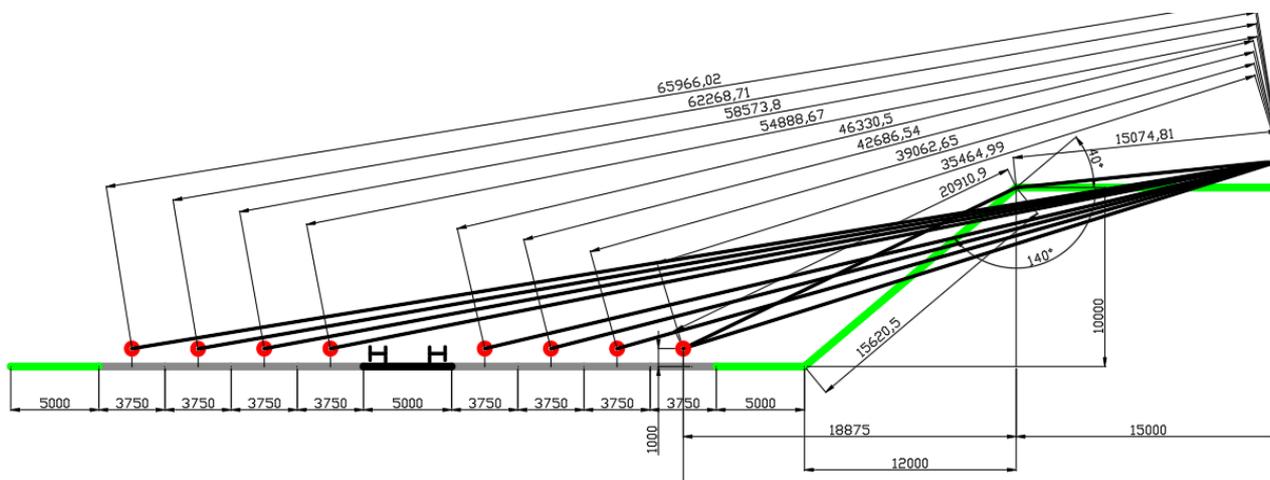


Рис. 1. Расчетные точки сечение для расчетной точки 1

Ожидаемый эквивалентный уровень звука $L_{Аэкв p.m.}$ рассчитывался по формуле (31) [1], где коррекция, учитывающая снижение эквивалентного уровня звука автотранспортного потока $L_{Арас}$, рассчитывалась как энергетическая сумма значений уровня звука для каждой полосы $L_{Аэкв.расRi}$ по формуле (33) [1]. Расстояния от акустического центра транспортного потока до расчетной точки брались графически с расчетного сечения (Рис. 2), значения приведены в таблице 1. Энергетическое суммирование $L_{Аэкв.расRi}$ проводилось по формуле (А.1) из [1], в результате $L_{Аэкв.расRi} = 2,6$ дБА.

Таблица 1 – Расчётные уровни звука для каждой полосы движения

i	1	2	3	4	5	6	7	8
R_i , м	35,47	39,06	42,69	46,33	54,89	58,57	62,27	65,97
$L_{Аэкв.расRi}$, дБА	-5,5	-5,9	-6,1	-6,3	-6,8	-7,0	-7,1	-7,3

Далее расчет выполняется для источника шума, находящегося на ближайшей полосе движения от расчетной точки. Коррекция, учитывающая снижение уровня звука вследствие его затухания в воздухе $L_{Авоз}$, в формуле (31) [1] не учитывалась, так как R меньше 50 м. Коррекция, учитывающая влияние турбулентности атмосферы и ветра на процесс распространения звука $L_{Авт}$, рассчитывалась по формуле (45) [1] и равна 0,00067 дБА.

Далее рассчитывалась коррекция, учитывающая снижение уровня звука существующими экранирующими сооружениями $L_{\text{Экр}}$, по формуле (91)[1], где поправка $DL = 6$ при угле $\beta_s = 220^\circ$, а экранирующий эффект условного экрана-стенки $\Delta L_{\text{Аусл.ст.}}$, вписанного в выемку, вычислялся по формуле (83)[1] на основании чисел Фринеля N . Число Фринеля рассчитывалось по формуле (82)[1], где длина звуковой волны $\lambda = 0,84$ м для потоков автомобилей, а разность хода звуковых лучей δ вычислялась по формуле (75)[1] исходя из значений a , b и c , учитывая нахождение источника шума и расчетной точки на разных уровнях по формулам (79)-(81)[1]. В результате $L_{\text{АЭкр}} = 0,4$ дБА.

Коррекция, учитывающая снижение уровня звука вследствие его поглощения поверхностью территорий $L_{\text{Анок.}}$, рассчитывалась по формуле (49) [1], где вспомогательная величина σ вычислена по формуле (47) [1] и равна 1,58, а z – параметр, определяемый по формуле (56) [1], равен -0.36. В результате коррекция $L_{\text{Анок}} = 4,0$ дБА. Остальные коррекции в формуле (31) [1] не учитывались.

При учете всех рассчитанных параметров значение ожидаемого эквивалентного уровня звука $L_{\text{Аэкр р.т.}} = 76,1$ дБА, что при норме в 45 дБА (таблица 5.1) [1], выше нормы на 31,1 дБА. Было решено запроектировать шумозащитный экран на расстоянии 0,5 м от края откоса выемки для удобства монтажа и полосу зеленых насаждений в 12 метровой зоне от экрана.

Расчет коррекции $\Delta L_{\text{Азел}}$ запроектированной полосы зеленых насаждений производился по формуле (62) [1], где ширина шумозащитной полосы $d_f = 12$ м. В результате $\Delta L_{\text{Азел}} = 1,0$ дБА, что уменьшает значение требуемого снижения уровня шума до 30,1 дБА.

Расчет акустического эффекта экрана-стенки $\Delta L_{\text{Экр}}$ производился аналогично расчету условного экрана-стенки $\Delta L_{\text{Аусл.ст.}}$, описанного ранее, но высота экрана $h_{\text{Экр}}$ задавалась значениями от 2 до 6 м для поиска оптимального решения. Высота 2 м – это минимальная высота шумозащитного экрана для целесообразности применения, а 6 м – максимальная высота, при которой не требуется дополнительных мероприятий по укреплению фундамента конструкции (таблица 2).

Таблица 2 – Значения акустического эффекта экрана-стенки $L_{\text{Экр}}$

$h_{\text{Экр}}$, м	2	3	4	5	6
$\Delta L_{\text{Экр}}$, дБА	12,4	14,8	16,8	18,4	19,8

Из-за наибольшей акустической эффективности был выбран экран высотой 6 м, и по формуле (А.1) [1] найдена его энергетическая сумма с значением $L_{\text{Аэкр}}$. В результате $\Delta L_{\text{Аэкр}} = 19,8$ дБА, что меньше требуемого значения снижения уровня шума на 10,3 дБА.

Далее с учетом формул (85), (86) и (89) на том же месте был рассчитан шумозащитный экран с верхней Г-образной полкой (таблица 3). Высота экрана до полки равна 5 м.

Из полученных значений акустической эффективности экрана было выбрано значение при длине Г-образной полки $l_n = 1$ м и угле наклона полки к плоскости экрана $\alpha = 15^\circ$ – $L_{\text{Экр}} = 19,7$ дБА, как оптимальное решение с экономической точки зрения. Далее была найдена энергетическая сумма $L_{\text{Экр}}$ и $L_{\text{Аэкр}}$, $\Delta L_{\text{Аэкр}} = 19,8$ дБА, это меньше требуемого снижения уровня шума на 10,3 дБА.

Таблица 3 – Значения акустической эффективности экрана $L_{\text{Экр}}$, дБА

l_n , м \ α°	15	30	45	60	75
0,5	19,1	19,1	19,9	18,8	18,6
1	19,7	19,6	19,4	19,2	18,8
1,5	20,3	20,2	19,9	19,5	19,0

В результате проведенной работы не удалось подобрать экран, обеспечивающий требуемое снижение уровня шума. Необходимо применить дополнительные мероприятия по уменьшению акустического загрязнения. Наименее трудозатратные из них: подбор звукопоглощающих

панелей в конструкции шумозащитной стенки, что может повысить эффективность экрана на 2-3 дБА [4], и применение в качестве дорожного покрытия ЗСД малошумного асфальта, что может снизить уровень издаваемого шума до 3 дБА [5]. Но даже в сумме эти мероприятия не могут приблизить уровень шума в парке к нормативным значениям. По рекомендации Росавтодор [5] наиболее действенный способ в данной ситуации: создание над центральным участком ЗСД шумозащитной галереи, эффективность которой составляет 30 дБА и более при 100% перекрытии дороги, но это экономически затратное решение.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 276.1325800.2016. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков. М., 2016. 146 с.
2. Самый значимый, наиболее ответственный (ЗАО «Институт «Стройпроект»). Дороги. Инновации в строительстве: журнал. – Санкт-Петербург, 2013. – № 31. 50-54 с.
3. ГОСТ 33475-2015 Дороги автомобильные общего пользования. Геометрические элементы. Технические требования. Москва, 2019 г. 12 с.
4. Шубин И.Л. Акустический расчет и проектирование конструкции шумозащитных экранов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Москва, 2011 г. 46с.
5. ОДМ 218.8.011-2018 Методические рекомендации по определению характеристик и выбору шумозащитных конструкций автомобильных дорог. Москва, 2019 г. 76 с.

UDC 624.9, 534.2

S. Khan
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

NOISE POLLUTION IN NAGPUR AND POSSIBLE MEASURES TO REDUCE IT

Noise contamination has turned into a piece of our everyday lives. Street activity noise has been a noteworthy supporter of the irritation, which is substantiated by the aftereffect of ceaseless observing of commotion proportionate levels.

Noise contamination is an undesirable or hostile sound that irrationally interferes into our day-by-day exercises [1]. The noise lately has developed as one of the critical poisons of condition. It leads to several effects such as irritation, nervousness, increased stress, sleep disturbance, increased blood pressure. Indeed, it needs the enactment to control. Effect of noise relies on the sound's pitch, its recurrence, time example and length of introduction. Noise has both sound-related and non-sound-related impacts relying on the force and the term of the noise level.

An endeavour has been made to give a review of the total situation of noise contamination related laws and jurisdictions mainly in India, along with the possible solutions.

Nagpur City is one of India's developing cities. Nagpur is the winter capital of the state Maharashtra, which has been significantly affected by noise pollution due to urbanization, industrialization, development in the road network and increase in the number of vehicles. An innovative approach of noise monitoring using cycle-mounted sound level meters was implemented by a Non-Governmental organization. The observed results [2] were analysed and summarised in Table 1.

Table 1

Categories	L_{eq} , dB(A)	L_{min} , dB(A)	L_{max} , dB(A)	TNI, dB(A)
National highway	90,0 ± 7,2	61,2 ± 4,3	97,6 ± 9,6	99,3 ± 12,4
State highway	89,4 ± 6,6	60,9 ± 4,3	96,0 ± 9,0	97,2 ± 11,2
Major road	90,0 ± 6,8	61,0 ± 6,0	97,6 ± 8,8	101,6 ± 13,7
Minor road	90,7 ± 7,4	59,5 ± 7,6	96,7 ± 9,1	100,9 ± 13,9
Industrial	81,2 ± 4,8	60,0 ± 5,5	94,3 ± 5,7	99,4 ± 10,6
Commercial	92,9 ± 7,9	63,1 ± 3,3	99,4 ± 10,5	96,5 ± 12,9
Residential	84,1 ± 6,6	58,7 ± 5,5	95,4 ± 8,5	98,2 ± 11,1

Noise monitoring data at each location were analysed and corresponding values of L_{eq} , L_{max} , L_{min} , L_{90} and L_{10} and TNI were calculated. The equivalent continuous sound level (L_{eq}) is the average sound pressure level during the given period. L_{max} is denoted as the maximum sound pressure level (SPL) value measured during noise measurement L_{min} is denoted as the minimum sound pressure level (SPL) value measured during noise measurement. L_{90} and L_{10} are the sound intensities that exceeded 90% and 10%, respectively for the duration of the monitoring period in dBA. Traffic Noise Index (TNI) is determined to measure noise nuisance created by vehicles. It is a noise index which measures the degree of annoyance in traffic flow by reason of vehicular noise [3]. Mathematically, TNI is given by the formula $TNI = 4 \times (L_{10} - L_{90}) + (L_{90} - 30)$.

L_{eq} in Nagpur City was found to be above 70 dB(A) at the majority of the locations. This exceeds the WHO guideline value of $L_{eq} = 70$ dB(A) for industrial, commercial, shopping and traffic area, indoors and outdoors and can lead to hearing impairment. L_{min} values ranged from 40.6 to 72.2 dB(A) and L_{max} values ranged from 72.4 to 129.2 dB(A). L_{min} at the majority of the locations in Nagpur City was found to be in 55–70 dB(A) which itself is exceeding the guideline values for annoyance set at 55 dB(A) by the WHO [5] and India laws [4].

Through the results obtained in the study its very evident that the city is suffering from severe noise pollution due to the vehicular traffic, industries contribute less concerned with increase in noise pollution. Noise monitoring using cycles has proved an effective way to assess noise pollution in the city considering its approachability in congested road and areas, as well as more coverage of the sampling locations for better representation of ambient noise in the city.

In order to decrease the noise pollution the city the following general recommendations can be suggested. Ban industrial and noisy trades or works in residential areas. Award of compensation to affected individuals or people. Flying of air crafts, below a definite altitude, near the cities should not be allowed except under emergency conditions. Fireworks especially those of exploding nature should be discouraged. Environment courts should be established for control of noise pollution.

Another issue of noise contamination rose as of late in India is a result of the unpredictable utilisation of amplifiers. Its aimless use from religious spots and in execution of religious functions and talks now and again makes it so troublesome. Noise pollution can be minimized using cycles in the city. Provision of better public transports, public awareness, judicious use of public address system, horn honking, attitudinal behaviour of driver, traffic management system, implementation of legislation, street landscaping, and roadside plantation are major issues in Indian cities. From the technical point of view, it is necessary to take several measures in order to reduce the noise levels.

Noise barriers can be installed along highways and airports. Various models have been developed and used in all over the world. The popularly used models are US's Federal Highway Administration Model (FHWA), UK's Calculation of Road Traffic Noise (CORTN), Bangkok model and some Numerical models like Edinburgh model, Sheffield model and Australian model.

In case of India, the Airport in the capital city of India got noise barriers of 1 km length. It was later been calculated that the noise level created by an aircraft while touching the ground was reduced to 15–18 dB(A) thus reducing the noise level to 45–48 dB(A). If a similar model is carried out along the busy highways and roads then the following results may be obtained. Noise level produced by a bike is 70dB, car is 75dB and truck/lorry is 85dB(A). If a barrier wall of 3.5 to 4.5 meters height is constructed along the highways then the noise level and it achieves 10–15 dB(A) reduction in noise level then it can reduce the noise produced by a tractor to the noise generated by an automobile. Such plans are already in consideration for the national highways along the capital city of India.

LITERATURE:

1. Encyclopaedia Britannica. Noise pollution URL: <https://www.britannica.com/science/noise-pollution>.
2. Laxmi, V., Dey, J., Kalawapudi, K. et al. An innovative approach of urban noise monitoring using cycle in Nagpur, India. Environ. Sci. Pollut. Res. 26, 36812–36819 (2019).

3. Fiedler PE, Zannin PH (2015) Evaluation of noise pollution in urban traffic hubs—noise maps and measurements. *Environ Impact Assess Rev* 51:1–9
4. The Noise Pollution (Regulation and Control) Rules, 2000. URL: <http://www.lawsindia.com/Industrial%20Law/K092.htm>
5. Guidelines for Community noise, WHO, 1999, 21p. URL: <https://www.who.int/docstore/peh/noise/Comnoise-1.pdf>

УДК 678.074

О.В. Серова, Н.А. Политаева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПОЛУЧЕНИЕ БИОРАЗЛАГАЕМОГО ПРОДУКТА НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА

Накопление твердых бытовых отходов на свалках и их распространение в биосфере является важной экологической проблемой. Естественное разложение отходов занимает десятки лет, а для пластиков (доля которых среди бытового мусора постоянно растет) – сотни лет. В настоящее время актуальна разработка методов, ускоряющих разложения бытовых отходов [1, 2].

Пластики – органические материалы, основой которых являются синтетические или природные высокомолекулярные соединения (полимеры). Структура и степень полимеризации пластика определяют его свойства [3]. По данным экологов ООН, ежегодно в океан попадает примерно 13 миллионов тонн отходов пластика, что составляет 80 процентов всего мусора, находящегося в Мировом океане [4]. Для упрощения обезвреживания пластиковых отходов ведется разработка пластиков из биополимеров.

Биопластики – сложные химические соединения, способные в сжатые сроки разложиться с образованием безопасных для окружающей природы веществ, таких как вода, биомасса, углекислый газ или метан [5].

Цель работы – создание биопластика из биомассы хлореллы, геля хитозана и глицерина, и изучение физических свойств данного материала в зависимости от состава.

В качестве основного компонента для создания биопластика использовали гель хитозана. Хитозан – биологически высокоактивный волокнообразующий биополимер, способный разлагаться под действием природных ферментов (биodeградация) [6].

Для геля 4 грамма сухого хитозана растворялись в 100 мл 3% уксусной кислоты. Полученный гель пластичен, легко заполняет предоставленный объем, а при высыхании образует пластичную пленку.

Другим компонентом экспериментального биопластика являлась сухая биомасса хлореллы. Хлорелла – род одноклеточных зелёных водорослей, относимый к отделу Chlorophyta. Имеет сферическую форму, от 2 до 10 мкм в диаметре, не имеет жгутиков [7]. Хлорелла является активным продуцентом биомассы и содержит полноценные белки, жиры, углеводы и витамины. Благодаря наличию хлореллы в составе, биопластик до застывания имеет более густую консистенцию, после застывания образует более плотный материал.

Глицерин добавляют в качестве дополнительного пластификатора. Глицерин – органическое соединение, представитель трёхатомных спиртов с формулой $C_3H_5(OH)_3$ [8]. Благодаря своей вязкости глицерин придает застывшей пленке биопластика дополнительную эластичность, снижает хрупкость.

Биопластик готовили и исследовали следующим образом.

Этап 1: подготовка смеси. Сначала приготовили три смеси различного состава для получения биопластика. Компоненты предварительно взвешивали на весах Shimadzu ATX224. Процентный состав каждого образца представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Образцы биопластика

№	Материалы	Процентное соотношение
1	19,9 г геля хитозана + 1,04 г сухой биомассы хлореллы	95% геля хитозана + 5% сухой биомассы хлореллы
2	19 г геля хитозана + 1 г глицерина	95% геля хитозана + 5% глицерина
3	9 г геля хитозана + 0,5 г глицерина + 0,5 г сухой биомассы хлореллы	90% геля хитозана + 5% глицерина + 5% сухой биомассы хлореллы

Этап 2: нанесение смеси на подложку. Далее смесь наносили на глянцевую поверхность в виде квадратов 10x10 см, толщиной до 5 мм. Полученный гель застынет в течении некоторого времени, превращаясь в пластиковую пленку. Пленки биопластика перед застыванием представлены на рис. 1.

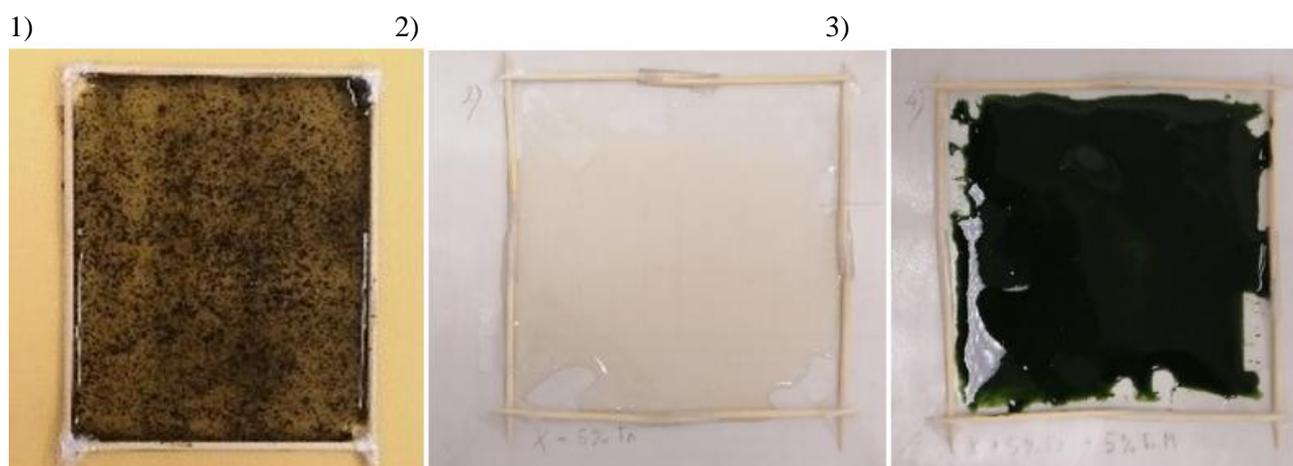


Рис. 1. Полимерная пленка на основе хитозана состава:

- 1 – 95% геля хитозана + 5% сухой биомассы хлореллы; 2 – 95% геля хитозана + 5% глицерина;
3 – 90% геля хитозана + 5% глицерина + 5% сухой биомассы хлореллы

Этап 3: сушка. Образцы оставили высыхать в аэробной среде без воздействия влаги при температуре воздуха 23-25°C при относительной влажности воздуха 60-40% в течении 30 дней. Высохшие образцы биопластика представлены на рисунке 2.

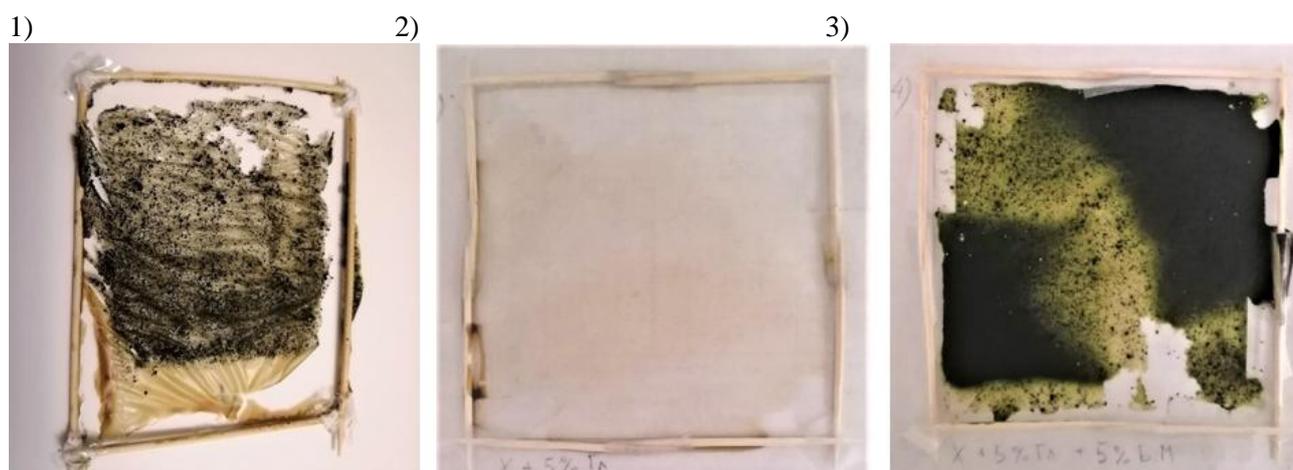


Рис. 2. Высохшие образцы биопластика:

- 1 – 95% геля хитозана + 5% сухой биомассы хлореллы; 2 – 95% геля хитозана + 5% глицерина;
3 – 90% геля хитозана + 5% глицерина + 5% сухой биомассы хлореллы

Полученные результаты показали, что состав образца биопластика влияет на свойства будущего продукта. Глицерин придает пленке из биополимеров эластичность: образец (1) без добавления глицерина более хрупкий, обладает меньшим сцеплением с поверхностью и быстрее теряет форму по сравнению с образцами (2) и (3).

Этап 4: изучение способности материала к биоразложению. Чтобы изучить способность полученного пластика к биологическому разложению, высушенные образцы помещают на поверхность почвы при температуре воздуха 23-25°C при относительной влажности воздуха 60-40% и орошают водой каждые 2 дня. Результаты этого опыта по истечению 7 дней представлены на рисунке 3.

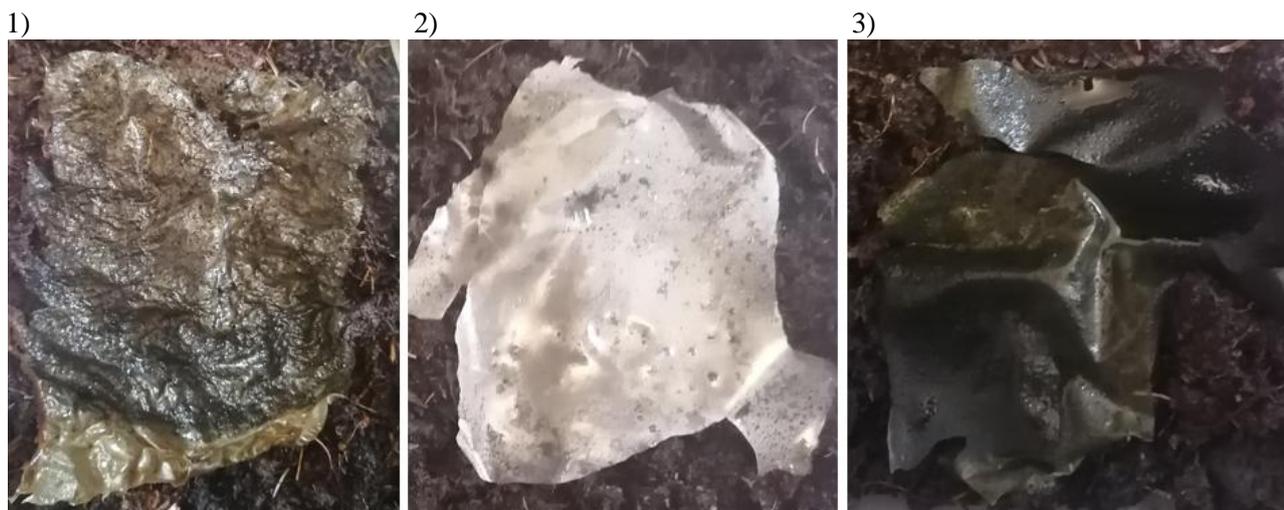


Рис. 3. Образцы биопластика на влажной почве:

- 1 – 95% геля хитозана + 5% сухой биомассы хлореллы; 2 – 95% геля хитозана + 5% глицерина;
3 – 90% геля хитозана + 5% глицерина + 5% сухой биомассы хлореллы

Из рис. 3. видно, что присутствие биомассы хлореллы в составе пластика способствует ускорению процесса биоразложению материала. Так, образцы (1) и (3) подверглись разложению сильнее, по сравнению с образцом (2). При застывании материала биомасса распределяется неравномерно по всему объему материала, биопластик получается неоднородным, что значительно снижает его прочность. Образец без добавления глицерина (1) лучше впитывает воду, что так же способствует увеличению способности к биоразложению.

Таким образом, в ходе проведенного эксперимента были получены образцы биоразлагаемого пластика на основе геля хитозана. Для увеличения эластичности биопластика в состав смеси при получении необходимо добавить глицерин. Для увеличения скорости биодegradации материала в состав следует добавить биомассу хлореллы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Denafas G., Ruzgas T., Martuzevičius D., et al. Seasonal variation of municipal solid waste generation and composition in four East European cities. *Resources, Conservation and Recycling*. 2014. Volume 89. pp. 22-30. DOI: 10.1016/j.resconrec.2014.06.001
2. Молодкина Л.М., Андрианова М.Ю., Чусов А.Н. Влияние ультразвукового и ферментативного воздействия на биодеструкцию средне- и медленноразлагаемых отходов. *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета*. 2010. № 2-2 (100). С. 44-50.
3. Орлова А.М., Попова М.Н. *Современные проблемы твердых бытовых отходов*. Изд-во: МГСУ, 2010 г. 216 с.

4. Свергузова С.В., Лупандиная Н.С., Василенко Т.А., Ольшанская Л.Н. Промышленная экология: учебно-практическое пособие. Изд-во: БГТУ, 2017 г. 125 с.
5. Тер-Акопов С.Г., Гусев А.А., Балыбин Д.В. Современное состояние, проблемы и тенденции развития отрасли производства биополимерных лигнинсодержащих материалов. Вестник Тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки. 2013 г. №5-3. С. 2940-2945.
6. Козырева Е.В., Абрамов А.Ю., Шиповская А. Б. Особенности физико-химических свойств растворов хитозана. Известия саратовского университета. Новая серия. Серия: химия. Биология. Экология. Саратов. 2011. № 2. С. 25–31.
7. Музафарова А.М., Таубаева Т.Т. Культивирование и применение микроводорослей. Изд-во: ФАН Узбекской ССР, 1984 г. 122 с.
8. Горбов А.И., Менделеев Д.И. Глицерин, способ определения. Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона. СПб, 1907 г. 1055 с.

УДК 628.473.25

В.А. Иванова, А.В. Рагозина, П.С. Брехов, М.М. Сперанский, Е.Ю. Негуляева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ КАЛИФОРНИЙСКИХ ЧЕРВЕЙ В ПРОТОЧНОМ ВЕРМИКОМПОСТЕРЕ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ

В составе твердых коммунальных отходов доля органических фракций может составлять до 50%, в зависимости от различных факторов, в том числе потребляемых продуктов [1-3]. Централизованная система раздельного сбора органических отходов в настоящее время в российских городах не практикуется. В то же время очевидны отрицательные последствия смешивания пищевых отходов с другими фракциями. На полигонах эти отходы плотно утрамбовывают, способствуя запуску анаэробных процессов разложения. В результате в свалочной массе развиваются процессы гниения, выделяются оксиды серы, сероводород, меркаптаны и метан, ответственные за неприятные запахи и воспламенение свалок [4]. С другой стороны, органические фракции отходов, в том числе пищевые отходы предприятий общественного питания, имеют большой неиспользуемый потенциал как сырье для производства удобрений, улучшающих качество почвы.

Удобрения, изготовленные из органических материалов природного происхождения, являются хорошей альтернативой химическим удобрениям. Они могут снизить риск накопления токсичных химикатов, что соответствует стратегии устойчивого развития и экологической безопасности почв сельского хозяйства и садово-парковых городских территорий. Вермикомпостирование является быстрым и эффективным методом для восстановления углерода и азота в грунте и уменьшения количества патогенных бактерий после переработки органических отходов [5].

Существуют различные виды органических удобрений. К ним относится биогумус, являющийся продуктом переработки органических отходов красными калифорнийскими червями. Биогумус имеет более высокое качество по сравнению с фабричным компостом [6]. Некоторые специалисты применяют комбинированный метод компостирования-вермикомпостирования для переработки органических веществ с помощью микроорганизмов (термофильных бактерий) и червей [7].

Проект по переработке органических отходов была начат на базе ФабЛаб Политех осенью 2020 года. Цель данной работы состояла в анализе условий обитания красных калифорнийских червей (*Eisenia andrei*) в вермикомпостере проточного типа при переработке ими пищевых отходов.



Рис. 1. Проточный вермикомпостер

Калифорнийские черви были куплены у заводчика. Вермикомпостер проточного типа [8] представляет собой приподнятый на высоту около 1 м прямоугольный контейнер, разделенный на два отсека (550x400x50 мм каждый, см. рис. 1). Кормовой субстрат добавляется сверху, а конечный продукт (биогумус) удаляется снизу с помощью виброножей либо вручную. Преимущество такой системы в том, что черви не подвергаются механическому воздействию: корм поступает регулярно сверху, при этом биомасса червей мигрирует в кормовой субстрат.

Первоначально черви были приобретены в ящике с субстратом суммарным объемом 20 л, объем популяции был неизвестен. Для подсчета червей выработана следующая методика. Определенный объем грунта с червями выкладывали в прямоугольный

контейнер, перемешивали, взвешивали и разделяли на 16 частей по объему. Две части из 16 просеивали через сито с отверстиями 3 мм, крупных червей отбирали путем промывки под струей воды. Оставшуюся часть популяции собирали в сачок (мешок) из ткани с ячейками 0,25 мм или в сито с ячейками 0,5 мм. От полученного количества брали 2/16 части по объему, делали подсчет червей в кювете с водой при помощи лупы и лампы. После данные пересчитали на весь объем вермикомпостера, что составило 2240 червей.

Для определения скорости поглощения органических отходов проводились эксперименты с пшеном на основе фотофиксации и взвешивания. В 4 мерных стакана с грунтом посажено по 10 червей в каждый стакан, и затем добавлено сухое пшено. Было измерено количество пшена, съеденного червями за 3 дня. Получено, что 1 г червей съедает за сутки примерно 0,33 г пшена.

Немаловажным фактором для оценки условий обитания червей является достаточное содержание кислорода в почве. Субстрат может содержать кислород как в газовой фазе, (проникающий через порыв в грунте), так и растворенный в воде. Количество доступного для червей кислорода будет коррелировать с количеством почвенного воздуха, а оно, в свою очередь, с плотностью субстрата.

Для определения плотности грунта брали пластиковую трубку диаметром около 5 см, погружали ее в субстрат, затем извлекали трубку, придерживая торец. Трубку распиливали на равные отрезки, взвешивали содержимое каждого отрезка до погружения в воду и после, и на основе этого рассчитывали плотность грунта и содержание в нем воздуха на разной глубине.

Ожидаемый рост плотности грунта наблюдается лишь в нижней части (15 см и глубже, см. рис. 3). При этом возникает аномальный рост содержания воздуха с глубины 21 до 26 см, что может быть связано с внеплановым перемещением в отделение с измеряемым объемом нескольких особей красных калифорнийских червей (обнаружены 2 экземпляра вблизи дна при получении образца), жизнедеятельность которых могла значительно изменить пористость грунта в нижних слоях.

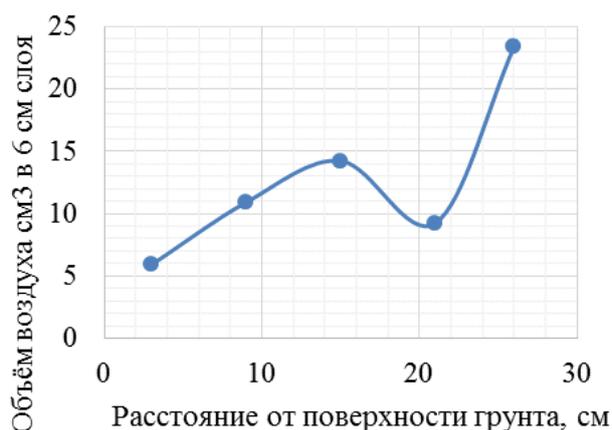


Рис. 2. Содержание воздуха в слое 6 см на глубине

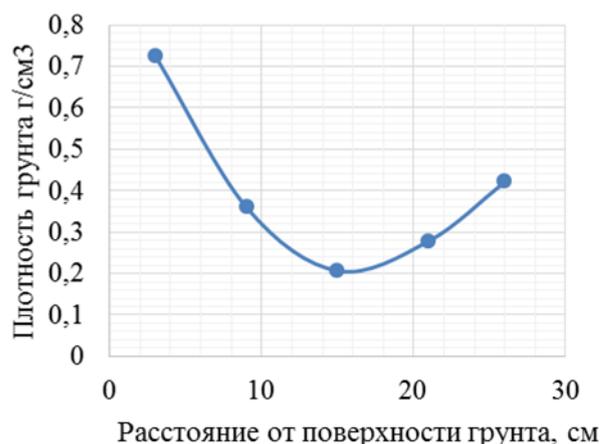


Рис. 3. Плотность грунта на глубине

Таким образом, в результате проведенного эксперимента отработаны процедуры культивирования калифорнийских червей в проточном вермикомпостере, предложена методика подсчета их биомассы. Предложена методика оценки скорости усвоения органических отходов червями с использованием пшена; методика может быть скорректирована с учетом биомассы червей и длительности измерения. Планируется разработка модульного образца вермикомпостера и проведение исследований по утилизации органических отходов различного состава, подбору оптимальных условий обитания червей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Denafas G., Ruzgas T., Martuzevičius D., et al. Seasonal variation of municipal solid waste generation and composition in four East European cities. *Resources, Conservation and Recycling*. 2014. Volume 89. pp. 22-30. DOI: 10.1016/j.resconrec.2014.06.001
2. Chusov A., Neguliaeva E., Romanov M. Optimization of the solid waste management system in Saint-Petersburg based on the morphological composition study. *MATEC Web of Conferences*. 2018. p. 02037.
3. Молодкина Л.М., Андрианова М.Ю., Чусов А.Н. Влияние ультразвукового и ферментативного воздействия на биодеструкцию средне- и медленноразлагаемых отходов. *Научно-технические ведомости СПбГПУ*. 2010. № 2-2 (100). С. 44-50.
4. Иванкин А.Н., Неклюдов А.Д., Тарасов С.М., Жилин Ю.Н. *Инженерная экология. Переработка органических отходов*. М.: Издательство Московского государственного университета леса, 2016.
5. Gomez-Rosales S., de Lourdes Angeles M., Mariscal-Landín G., et al. Effect of the carbon: nitrogen relationship on the chemical and microbial composition of composts and wormcomposts made with pig manure. *The 1st International Electronic Conference on Animals – Global Sustainability and Animals: Science, Ethics and Policy session Climate change and effects on the sustainability of animal systems, 2020*, doi:10.3390/IECA2020-08835
6. Cholilie I.A., Sari T.R., Nurhermawati R. Production of compost and worm casting organic fertiliser from lumbricus rubellus and its application to growth of red spinach plant (*Altenanthera amoena* V.). *Advances in Food Science, Sustainable Agriculture and Agroindustrial Engineering (AFSSAAE)*, 2019, no. 2(1)
7. Esmailia A., Khoramb M.R., Gholamic M., Eslamid H. Pistachio waste management using combined composting-vermicomposting technique: Physico-chemical changes and worm growth analysis. *Journal of Cleaner Production*, 2020, no. 242
8. Титов И.Н. *Вермикультура: технологии рециклинга бытовых, сельскохозяйственных и промышленных органосодержащих отходов. Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: достижения, проблемы, перспективы.* – Минск. 2013. С. 226.

УДК 621.31

А.И. Овчинникова, В.В. Елистратов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ОТОПЛЕНИЯ ЧАСТНОГО ДОМА

С ростом потребления традиционных энергоресурсов увеличиваются затраты на единицу производства данной энергии и экологическая нагрузка на окружающую среду. В связи с этим возникает необходимость в развитии альтернативных источников энергии.

Одним из перспективных направлений в этой области является использование низкотемпературных источников энергии на основе применения тепловых насосов (ТН) в системе теплоснабжения здания. В настоящее время данные установки представляют собой бурно развивающийся сегмент рынка. По данным [1] в 2019 г. в странах Евросоюза было продано 1,3 млн. ТН при среднем ежегодном увеличении их количества на 12% (начиная с 2015 г.). Установленная мощность тепловых насосов в 2019 г. составила 22,8 ГВт [2].

Целью данной работы является проведение комплексного анализа систем отопления частного дома, использующих в качестве источников энергии традиционные и альтернативные виды топлива.

Задачи работы:

- выбрать источник первичной энергии в соответствии со схемой ТН;
- провести технико-экономическое сравнение систем теплоснабжения частного дома с применением различных видов топлива;
- оценить эффективность использования теплового насоса в системе отопления.

Для решения поставленных задач использованы следующие методы: обзор литературы, сравнительный анализ.

Тепловой насос – тепловая машина, работающая на принципе преобразования тепловой энергии от источника с низким потенциалом (с низкой температурой) в энергию теплоносителя с высокой температурой и переносу ее к потребителю.

В качестве источников низкопотенциальной тепловой энергии можно рассматривать: водоемы, грунтовые воды, окружающий воздух, грунт поверхностных слоев земли, а также вторичные энергетические ресурсы – сбросное тепло, сточные воды, вентиляционные выбросы зданий, сооружений и др.

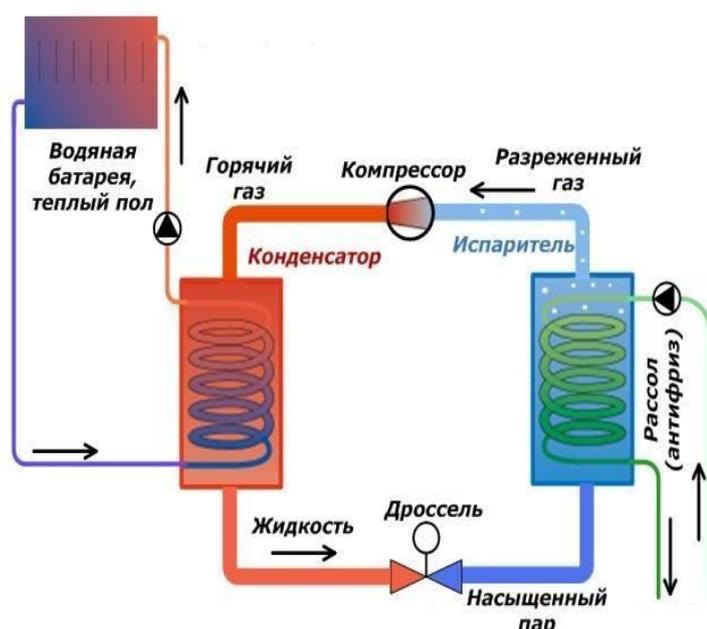


Рис. 1. Схема геотермального теплового насоса

В климатических условиях России наиболее целесообразным является применение парокомпрессионных геотермальных ТН, преобразующих низкопотенциальную энергию грунта. Схема системы теплоснабжения с ТН парокомпрессионного типа представлена на рис. 1.

Тепловые насосы отличаются высокой энергоэффективностью, которая достигается за счет большого коэффициента преобразования (COP) ТН (от 400 до 500%), что обеспечивает получение на 1 кВт затраченной электроэнергии 4-5 кВт тепловой энергии и тем самым способствует низким эксплуатационным затратам [3].

В работе выполнен сравнительный анализ систем отопления, использующих разные виды топлива, в том числе теплового насоса, для коттеджа в Московской области. Для этого выполнены технико-экономические расчеты для системы отопления в течение жизненного цикла проекта в 20 лет.

Исходные параметры здания:

1. Регион строительства – Московская область;
2. Продолжительность отопительного периода ($t_{\text{ср.сут}} \leq 8^\circ\text{C}$) [4]: $t_{\text{от.сезон}} = 214$ сут;
3. Отапливаемая площадь помещений $S_{\text{от}} = 200 \text{ м}^2$, площадь ограждающих конструкций $S_{\text{ог}} = 340 \text{ м}^2$;
4. Здание имеет класс энергоэффективности В;
5. Удельный расход тепловой энергии за отопительный период согласно [5]: $q^{\text{req}} = 75 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot \text{год}/\text{м}^2$;
6. Удельная величина тепловых потерь за сутки: $q_{\text{сут}} = \frac{q^{\text{req}}}{t_{\text{от.сезон}}} = \frac{75 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot \text{год}/\text{м}^2}{214 \text{ сут}} = 350 \text{ Вт} \cdot \text{ч} \cdot \text{сут}/\text{м}^2$;
7. Теплотери дома за сутки: $Q_{\text{сут}}^{\text{теп}} = q_{\text{сут}} S_{\text{ог}} = 350 \text{ Вт} \cdot \text{ч} \cdot \text{сут}/\text{м}^2 \cdot 340 \text{ м}^2 = 119 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot \text{сут}$;
8. Капитальные вложения, К: 30 000 руб. – газовый котел, 500 000 руб. – прокладка газовой магистрали, 10 000 руб. – монтаж газового котла; 40 000 руб. – котел на дизельном топливе, 10 000 руб. – бак для топлива; 15000 руб. – монтаж котла на дизельном топливе; 50 000 руб. – электрокотел, 10 000 руб. – монтаж электрокотла; 600 000 руб. – тепловой насос, 300 000 руб. – установка грунтовых зондов, 60 000 руб. – монтаж ТН.

Последовательность расчетов:

1. Требуемая мощность системы отопления: $P_{\text{сист.}} = \frac{Q_{\text{сут}}^{\text{теп}}}{t_{\text{раб.}(12\text{ч})}} = \frac{119 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot \text{сут}}{12 \text{ ч}} = 9,9 \text{ кВт}$;
2. Потребление энергии за час: $Q_{\text{ч}} = \frac{P_{\text{сист.}}}{\text{КПД}}$, [кВт · ч];
3. Потребление энергии за сутки: $Q_{\text{сут.}} = Q_{\text{ч}} t_{\text{раб.}}$, [кВт · ч];
4. Потребление энергии за отопительный сезон: $Q_{\text{сез.}} = Q_{\text{сут.}} t_{\text{от.сезон}}$, [кВт · ч];
5. Эксплуатационные издержки на работу системы отопления:
 $I_{\text{экс}} = \frac{Q_{\text{сез.}} T}{v_{\text{уд}}(\text{для газ./жид.топлива})}$, [руб.], где T – тариф на энергию, $v_{\text{уд}}$ – удельная теплота сгорания топлива (для газа – $8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$; для дизельного топлива – $10,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{л}$);
6. Затраты за срок продолжительности проекта ($t_{20} = 20$ лет): $Z_{\text{пол}} = I_{\text{экс}} t_{20} + K$, [руб.], где K – капитальные вложения;
7. Себестоимость производства тепловой энергии: $c = \frac{Z_{\text{пол}}}{Q_{\text{сез.}} \text{КПД} t_{20}}$, [руб./кВт].

Результаты расчетов приведены в таблице. Как видно из таблицы, наибольшие первоначальные затраты на оборудование имеет система теплоснабжения с применением геотермального теплового насоса. Наименьшими полными затратами обладает система на газовом котле (1,02 млн. руб.) и система с тепловым насосом (1,7 млн. руб.). Самые высокие затраты за срок продолжительности проекта в 20 лет показывает система отопления с электрокотлом, а самые низкие – с газовым. Себестоимость производства тепловой энергии –

самые высокие затраты у системы с электродкотлом (6,14 руб./кВт), самые низкие у системы с газовым котлом (1,99 руб./кВт) и ТН (3,31 руб./кВт). Кроме того, стоит учитывать, что система с тепловым насосом практически безопасна для дома и является экологически чистым способом отопления из-за отсутствия вредных выбросов.

Таблица – Техничко-экономические показатели систем отопления с различными видами топлива

	Котел на газе	Котел на дизельном топливе	Электродкотел	Тепловой насос
КПД	90%	88%	95%	400%
Тарифы на первичную энергию (2021 г.) [6]	6,76 руб./м ³ – на газ	36 руб./л – на дизельное топливо	5,73 руб./кВт·ч – на электроэнергию	5,73 руб./кВт·ч – на электроэнергию
Потребление энергии домом в час	11 кВт	11,3 кВт	10,4 кВт·ч	2,5 кВт·ч
Потребление энергии домом в сутки	132 кВт·ч	135,2 кВт·ч	125,3 кВт·ч	29,8 кВт·ч
Потребление энергии домом за отопительный сезон	28 290,8 кВт·ч	28 932,8 кВт·ч	26 814,2 кВт·ч	6 377,2 кВт·ч
Эксплуатационные издержки на работу системы отопления, И	23 905,7 руб.	101 124,3 руб.	153 645,4 руб.	36 541,4 руб.
Затраты за 20 лет, З	1 018 114 руб.	2 087 486 руб.	3 132 908 руб.	1 690 828 руб.
Себестоимость производства тепловой энергии, с	1,99 руб./кВт	4,1 руб./кВт	6,14 руб./кВт	3,31 руб./кВт

Выводы:

- повышение энергоэффективности зданий с помощью работающих на основе ВИЭ технологий, в частности, геотермальных ТН, является одним из перспективных направлений в решении проблем эффективного и рационального отопления;
- увеличение производства тепловых насосов, их экологичность, высокая энергоэффективность и, как следствие низкие эксплуатационные затраты способствуют развитию применения данных установок в системах отопления зданий;
- расчеты показали, что за 20 лет эксплуатации полные затраты на систему с ТН будут составлять 1,7 млн. руб., а на систему с газом – около 1 млн. руб. С точки зрения себестоимости тепловой энергии тепловой насос является конкурентоспособным котлу на дизельном топливе и электродкотлу и близок по эффективности с котлом на газе.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Renewables 2020. Global status report // с/o UN Environment Programme. REN21 Secretariat. 2020. URL: [gsr_2020_full_report_REN21.pdf](https://www.ren21.net/Reports-and-Documents/Publications/2020/03/2020-Full-Report-REN21.pdf) (дата обращения: 26.03.2021).
2. Report from the commission to the European parliament and the council on progress of clean energy competitiveness // Clean Energy Transition – Technologies and Innovations. European commission. 2020. Part 4/5. URL: [SWD\(2020\)953/F1-EN](https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&plugin=1) (europa.eu) (дата обращения: 23.03.2021).
3. Никитин А.А., Крылов В.А., Рябова Т.В., Василенок А.В. Экономические и экологические аспекты использования геотермальных технологий в народном хозяйстве / Экономика и экологический менеджмент. 2015. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskie-i-ekologicheskie-aspekty-ispolzovaniya-geotermalnyh-tehnologiy-v-narodnom-hozyaystve> (дата обращения: 24.03.2021).
4. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-0199* (с Изменением N 2). М. Минрегион России. 2013. 109 с.
5. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изменением N 1). – М. Минрегион России. 2012. 96 с.
6. Тарифы на электроэнергию 2021 год – Энерго-24. Новости энергетики [Электронный ресурс]. URL: <http://energo-24.ru/tariffs/electro/2021-electro.html> (дата обращения: 24.03.2021).

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИНЦИПОВ СОЛНЕЧНОЙ АРХИТЕКТУРЫ
ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Цель работы – классифицировать принципы солнечной архитектуры для внедрения в малоэтажное строительство.

Задачи работы: 1. определить актуальность проблем энергетики для малоэтажного строительства; 2. выявить и классифицировать принципы солнечной архитектуры; 3. определить процент сокращаемого энергопотребления при внедрении принципов солнечной архитектуры в малоэтажное строительство.

Сложившаяся социально-экономическая ситуация в различных странах мира и тенденции ее развития показывают неуклонный рост энергопотребления. С каждым годом его объем в мире увеличивается, в то время как природные не возобновляемые ресурсы постепенно истощаются. Энергетический сектор производит 73,2% от общего количества выбрасываемого углекислого газа или приблизительно 37 млрд. т, и это количество с каждым годом увеличивается. На смену топливным генерирующим установкам должны прийти установки, которые используют возобновляемые источники энергии. По данным отчета REN21, с 2013 по 2018 гг. потребление энергии повысилось на 7,2%, в то время как энергия, выработанная ВИЭ, увеличилась на 21,5% (рис. 1), что показывает положительные тенденции в этой области источников энергии [1, 2].

Решение проблемы эффективного использования энергии является целью в области устойчивого развития ООН; признается, что использование ВИЭ и энергоэффективных технологий обеспечивает возможности достижения устойчивого доступа к энергии для населения планеты. Меры по их внедрению потенциально могут обеспечить сокращение выбросов углерода, а количество инвестиций, которые вкладываются в ВИЭ, является доказательством актуальности их использования и развития (рис. 2) [2, 3].

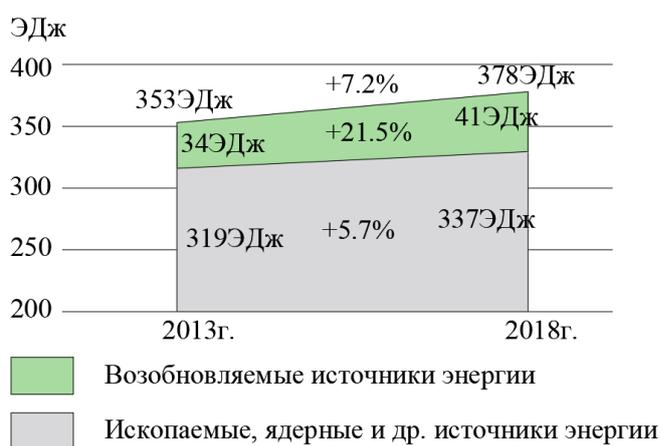


Рис. 1. Общее потребление и покрытие энергии разными источниками с 2013 по 2018 гг. [2]

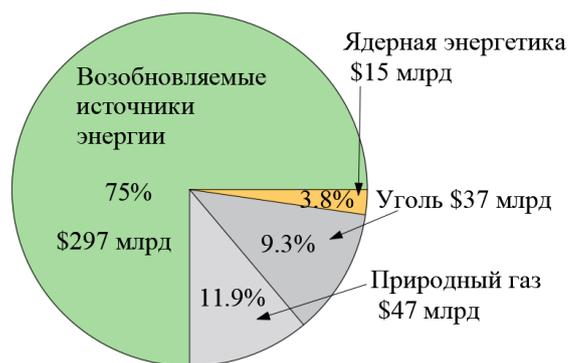


Рис. 2. Инвестиции в новые энергогенерирующие мощности на 2019 г. [2]

На жилой сектор приходится порядка 12% или 48 ГДж от общего производства энергии в мире. Согласно данным Росстата в 2020 г. введено 41 млн. м² малоэтажного жилья, что составляет более 50% от общего числа новых жилых площадей. Это говорит о спросе у населения в малоэтажном жилье и необходимости развития энергоэффективных мероприятий

в этой области. Для малоэтажных зданий существуют доступные варианты энергоэффективных мероприятий и внедрения локальных ВИЭ [4, 5].

Одним из вариантов повышения эффективности использования энергии в домах и полной или частичной независимости от внешних источников энергии является внедрение принципов солнечной архитектуры. Солнечная архитектура – архитектурный подход в построении зданий, которые используют солнечную энергию и энергоэффективные технологии. Существует два принципа использования концепции солнечной архитектуры – пассивный и активный. Также к принципам солнечной архитектуры можно отнести внедрение энергосберегающих и энергоэффективных мероприятий [6].

Концепция пассивной солнечной архитектуры – архитектурное формирование облика и ориентации здания, которое позволяет максимизировать возможность использования солнечной энергии. Она может использоваться для отопительных нужд здания круглосуточно и внутреннего освещения в дневное время. Она реализуется на следующих конструкциях и аспектах: разумная ориентация здания, светопрозрачная конструкция, абсорбер с высокой термической массой (например, черная стена/пол), контроль поступления солнечного света (например, свес кровли). Такими системами и устройствами может быть реализована оптимизация микроклимата внутри помещения круглосуточно [7].

В основе активной солнечной архитектуры лежит трансформация солнечной энергии с помощью активных систем преобразования в тепловую и электрическую энергию. В основном к ней относят солнечные фотоэлектрические системы (солнечные панели) и солнечные тепловые коллекторы. Солнечные панели производят основную энергию дома – электричество, в то время как коллекторы используются для отопления и теплого водоснабжения. Встречаются комбинированные системы – гибридные фотоэлектрические термальные системы. Эта технология повышает эффективность солнечной панели, охлаждая ее, в тоже время нагревает теплоноситель. Гибридная панель занимает в два раза меньше места, чем при установке солнечных панелей и коллекторов по отдельности, и в тоже время увеличивает ресурс солнечной панели. Также существуют интеграции фотоэлектрических ячеек в светопрозрачные конструкции (витражи, прозрачные навесы) [8].

Концепция солнечной архитектуры предусматривает внедрение энергосберегающих мероприятий и техники для освещения и обогрева помещения, и одновременно с этим ограждающие конструкции должны иметь высокую энергоэффективность. Внедрение системы «умный дом» позволит контролировать вентиляционное и осветительное оборудование. Тепловые насосы могут быть дополнением к солнечным тепловым коллекторам и обогревать здание благодаря ВИЭ.

Доля малоэтажного строительства велика по всему миру, и обеспечивать эффективность этого сектора нужно посредством государственного стимулирования в целях сокращения общего энергопотребления. Благодаря инвестициям в развитие ВИЭ, стоимость их внедрения постепенно снижается. В тоже время потребитель меньше вкладывает в энергообеспечение своего дома с помощью использования технологий и одновременно с этим уменьшает выбросы углекислого газа, которые бы произошли для обеспечения энергией его дома.

В результате внедрения принципов солнечной архитектуры можно сократить от 30 до 100% потребляемой энергии путем внедрения энергосберегающих технологий в зависимости от качества материалов, работ и местности, что может приравнять проектируемый дом к «пассивному» или «нулевому».

Основным фактором, ограничивающим использование энергоэффективных технологических решений в строительной отрасли, является недостаточная информированность населения о важности внедрения таких технологий, а также высокая цена оборудования, и в тоже время отсутствие государственной стимуляции в этой области.

В соответствии с принципами солнечной архитектуры, можно классифицировать некоторые технологии ВИЭ, которые могут быть внедрены в малоэтажное строительство. Возможная классификация и разделение технологий отражены в табл. 1.

Таблица 1 – Технологии использования возобновляемой энергии в малоэтажном строительстве в соответствии с принципами солнечной архитектуры

Пассивная солнечная архитектура	Активная солнечная архитектура	Энергоэффективные и энергосберегающие технологии
<ul style="list-style-type: none"> – ориентация здания; – высокая теплоизоляция ограждающих конструкций; – расположение теплоэффективных светопрозрачных конструкций преимущественно на южной стороне здания; – поглощение солнечной энергии с последующей отдачей (например, стена Тромба); – использование солнечных туннелей для освещения; – контроль солнечного тепло-поступления свесами в теплое время года. 	<ul style="list-style-type: none"> – использование солнечных фотоэлектрических панелей и солнечных тепловых коллекторов в дополнение к ограждающим конструкциям; – интеграция фотоэлектрических элементов в светопрозрачные конструкции. 	<ul style="list-style-type: none"> – использование энергосберегающей техники и освещения; – интеграция системы Умный дом; – использование приточно-вытяжных клапанов и вторичное использование тепла вентилируемых выбросов; – использование тепловых насосов; – использование дождевой воды.

Выводы:

1. Проблема развития и внедрения ВИЭ и энергосберегающих технологий актуальна на сегодняшний день, это доказывают неуклонный рост потребления энергии и вкладываемых инвестиций в ВИЭ;
2. Классифицированы принципы и передовые современные технологии, используемые в рамках концепции солнечной архитектуры;
3. В малоэтажном строительстве внедрение принципов солнечной архитектуры позволяет сократить от 30 до 100% потребляемой энергии;
4. Выявлены основные факторы, ограничивающие использование энергоэффективных технологических решений в строительной отрасли.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ritchie H., Roser M. Emissions by sector / Our World in Data [Электронный ресурс], 2020. <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector> (дата обращения 29.03.2021)
2. REN21 Renewables 2020 Global Status Report, 2020. С. 367. ISBN 978-3-948393-00-7
3. Цели в области устойчивого развития / [Электронный ресурс]. <https://www.un.org/sustainabledevelopment> (дата обращения 29.03.2021)
4. Key world Energy Statistics 2020 // IEA [Электронный ресурс], 2020. <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2020> (дата обращения 30.03.2021)
5. Статистика // Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. <https://rosstat.gov.ru/statistic> (дата обращения 30.03.2021)
6. Kabir E., Kumar S., Adelodun A.A., Kim K.H. Solar energy: Potential and future prospects / Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018. №82. С. 894-900
7. U.S. Department of Energy (DOE), Passive Solar Design for the Home / Energy Efficiency and Renewable Energy. 2001. С. 1-8
8. Al-Waeli A.H.A., Sopian K., Kazem H.A., et al. Photovoltaic/Thermal systems: Status and future prospects / Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017. № 77. С. 109-130.

ANALYSIS AND COMPARISON EFFICIENCY OF SHADING AND DOUBLE SKIN
CLIMATE ADAPTIVE FACADE SYSTEMS

Adaptive facades are building envelopes that can control occupant's visual and thermal comfort along enhancing energy savings. However, to achieve this purpose, an appropriate control strategy is needed, in which automatic control strategies facilitate effective utilization of daylight penetration in indoor spaces. In addition, these control strategies are potentially responsible for improving an occupant's productivity and well-being by preventing discomfort risks while keeping energy in control.

Climate adaptive facade systems play one of the main roles in decreasing amount of pollution casted to the environment and creating comfortable conditions for microclimate. Beyond doubt energy use is the main determinant of a building's global environmental footprint, considering its total life span [1]. Since buildings are responsible for 40% of our energy consumption and 30% of greenhouse gas emissions due to EU research, the main aim for engineers nowadays is to design construction that can be energy efficient in every climate and also can be provided with renewable energy technologies. Further the course work will be concentrated on energy efficient side of buildings acquired by development climate adaptive facade system [2].

The problem we are facing exploring the façade most of the time is heat loss in cold climate and space cooling in hot climate. Finding problem solution will reduce level and even prevent energy emissions. Moreover, climate adaptive facade systems have direct economic influence through saving money on heating in winter and conditioners in summer.

The aim is to analyze and compare two types of climate adaptive facade systems and identify the possibility of using them in collaboration to reduce the bad impact on people inside the buildings in cold climate. To achieve this purpose, the following tasks will be undertaken:

1. Formulate the mathematic model of efficiency double skin glazed facades and using shading technology separately in cold climate.
2. Explore the efficiency of two technologies working together.

The results of the study. The shading, either fixed or adaptable to seasonal sun path, can disallow shortwave irradiance transmittance and avoid heat flows from the glass pane across the façade. Some scenarios recognize this measure as the most effective measure, especially in areas with high CDD and high solar radiation. Although adding shading significantly reduces the cooling demand in buildings, it might perform counterproductively due to reduced daylighting and solar radiation during the winter. Exterior shading devices are more successful than the internal shading in reducing solar heat gains. Unlike internal shadings, they do not cause overheating due to trapped heat in the summer. However, manual internal shading in offices and educational buildings allows the control of glare by the occupants. In this regard, adding internal shading is reported to reduce cooling demand by 12%, while 70% energy demand reduction for space cooling can be achieved by adding both external and internal shading [3].

The mathematical model of calculating the efficiency was created using MatLab based on average data for northern Russia, graphic in fig. 1 and 2 shows that heat gain using shading in comparison without it is lower 2 times during summer and winter [4].

Adding a layer of glazing (single or multiple layers) from the outside to the current façade (mostly the equator-facing) that leaves an air cavity in between, allows the collection of solar radiation, reduction of convective heat loss from the room, and decrease of heating demand. During the winter days, this system collects the heat gains in the air cavity to be used for heating. During the winter nights, the air vents are closed to prevent the cold air from entering the room. In contrast, the

air cavity is opened during summer days to allow ventilation, and the air vents are closed to avoid the gained heat from entering the room. However, during summer nights, opening the air cavity and vents allows the natural airflow to cool down the building [5].

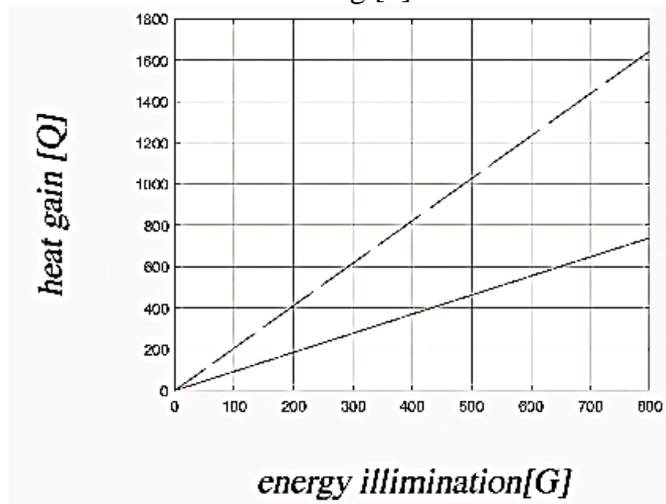


Fig. 1. Dependence of heat gain on energy illumination with and without shading for facade facing south during day on the 21st of June

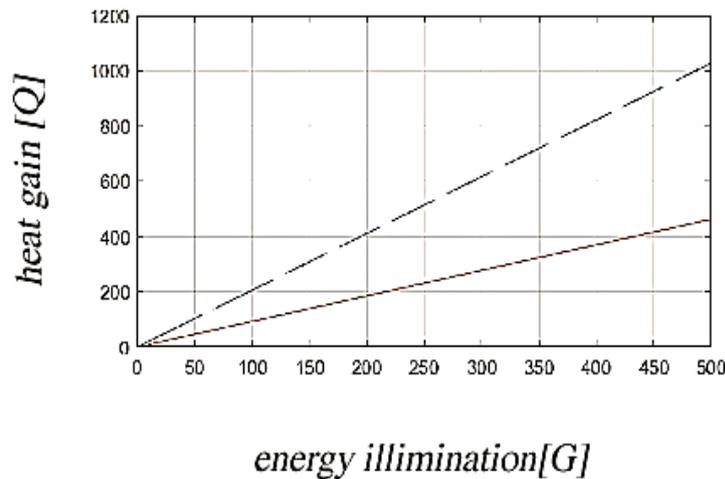


Fig. 2. Dependence of heat gain on energy illumination with and without shading for facade facing south during day on the 21st of December

This measure performs very effectively in severe climates with high HDD values. Studies in retrofitting a brick-walled building in a cold climate with high HDD values in Sweden shows that adding a layer of glazing to the south and east and west facades can result in a 5.6-25.3% decrease in heating demand. A similar study recognized this measure as an effective solution for retrofitting an office building in HD climate of Copenhagen. This solution reduced the energy demand for space heating by 48-59% [5].

For analyzing the efficiency of the double skin glazed facade, the mathematical model using Matlab was created for average data in the north of Russia that shows dependence of heating gain on air specific heat for interior as air specific heat is different during the year (0,1013...0,1005 for -30 °C...+20 °C) in fig. 3. Also, the dependence of efficiency on air specific heat for interior is presented in fig. 4. The heat gain is higher in winter and the efficiency of using this technology is higher during winter.

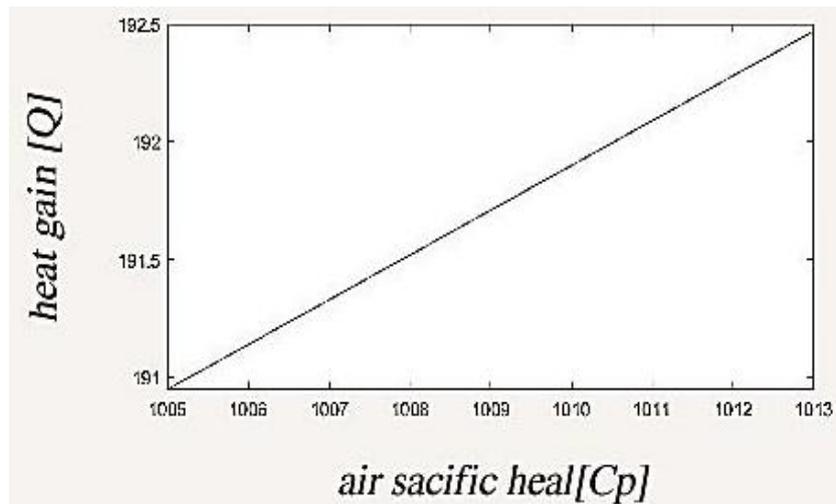


Fig. 3. Dependence of heating gain on air specific heat for interior

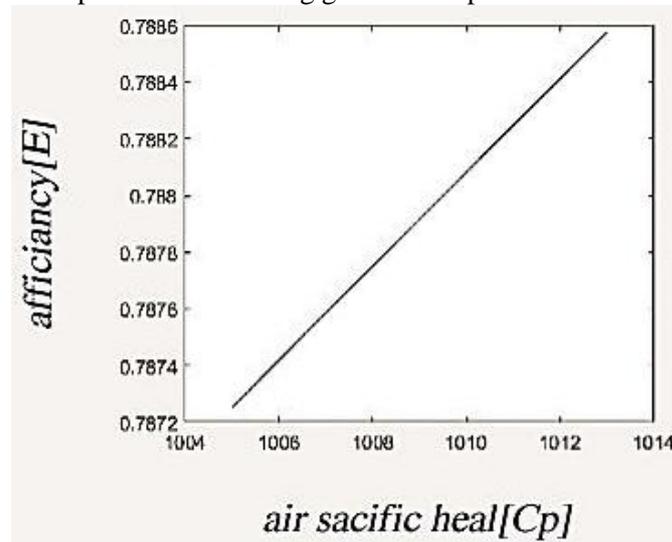


Fig. 4. Dependence of efficiency on air specific heat for interior

Conclusions

Comparison the shading and double skin glazed facade systems and analysis of the graphics shows:

1. Shading is more effective during summer, late spring and early autumn.
2. Double skin glazed facades are better to be used in winter and early spring and late autumn as the amount of the sun radiation drops.
3. Collaboration of two systems can create more efficient building during whole year in cold climate and reduce heat gain from about 90%.

REFERENCES:

1. Forooraghi M., Xu Y. Climate-adaptive facade. A modular facade for office building. 2015.
2. Aelenei D., Aelenei L., Vieira C. Adaptive Facade: Concept, Applications, Research Questions. 2016. Vol. 91.
3. Sarihi S., Mehdizadeh Saradj F., Faizi M. A Critical Review of Façade Retrofit Measures for Minimizing Heating and Cooling Demand in Existing Buildings. 2019. Vol. 64.
4. SP 370.1325800.2017 Sun-protection device for buildings. Design rules.
5. Cherecheș N.-C., Popovici C.G., Cîrlan V.V., and Hudișteanu S.V. Solar protection influence on dynamic insulation efficiency of double skin facades. 2019.

ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЗДАНИЯ
НА ОСНОВЕ BIM-МОДЕЛИ ДЛЯ ЗЕЛЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Строительная отрасль является одним из самых крупных потребителей энергии и природных ресурсов, а также известна своим неблагоприятным воздействием на окружающую среду [1-3]. На потребление энергии в строительном секторе приходится около 40% глобальных выбросов CO₂ и 40% потребления природных ресурсов [4].

Энергопотребление в зданиях приводит к прямым и косвенным воздействиям на протяжении всего жизненного цикла здания. Факторы, влияющие на структуру энергопотребления в здании, включают тип здания, климатическую зону, в которой оно расположено, уровень экономического развития и современные технологии, которые исследуют различные свойства и возможности строительных материалов

Таким образом, важно применять новые стратегии, такие как «зеленое» строительство, рациональное использование материалов и интегрированные системы возобновляемых источников энергии, чтобы снизить потребление энергии и повысить энергоэффективность в сторону более энергоэффективных зданий.

Цель работы – разработать схему оценки неблагоприятных воздействий здания на окружающую среду путем интеграции BIM (Building Information Modeling) и методологии LCA (Life Cycle Assessment) на этапе проектирования.

Для достижения поставленной цели была предложена схема по оценке жизненного цикла на основе BIM, представленная на рис. 1. В Autodesk Revit построена информационная модель здания, которая в дальнейшем будет использована как основа. Элементам модели были заданы параметры свойств материалов и тепловые характеристики ограждающих конструкций. Также были внесены данные о назначении здания и его местоположении (климатические данные).

Внесенные данные в модель далее используются для энергетического анализа в приложении Green Building Studio, в котором выполняется расчет энергопотребления для здания. Для использования данных модели из Revit используется формат gbXML. Результатом расчета являются эксплуатационные показатели здания, которые необходимы в дальнейшем в качестве исходных данных.

Оценка воздействий на окружающую среду выполняется в приложении Tally, которое является надстройкой для Revit. В нем выполняется детальное назначение материалов элементам модели из базы данных приложения. Далее для каждого материала добавляется информация о дальности транспортировки до объекта строительства, что также влияет на оценку факторов воздействия на окружающую среду. Указываются данные по энергопотреблению здания и длительность жизненного цикла.

Результатом расчета в Tally является отчет с количественными показателями факторов, влияющих на окружающую среду, включающий графические элементы в виде диаграмм с делением по типоразмерам из BIM-модели (рис. 2). Основные показатели влияния на окружающую среду (потенциал глобального потепления, окислительно-восстановительный потенциал, потенциал эвтрофикации, потенциал образования смога, количество не возобновляемой энергии) в Tally рассчитываются по методологии европейского стандарта BS EN 15978:2011 [5].

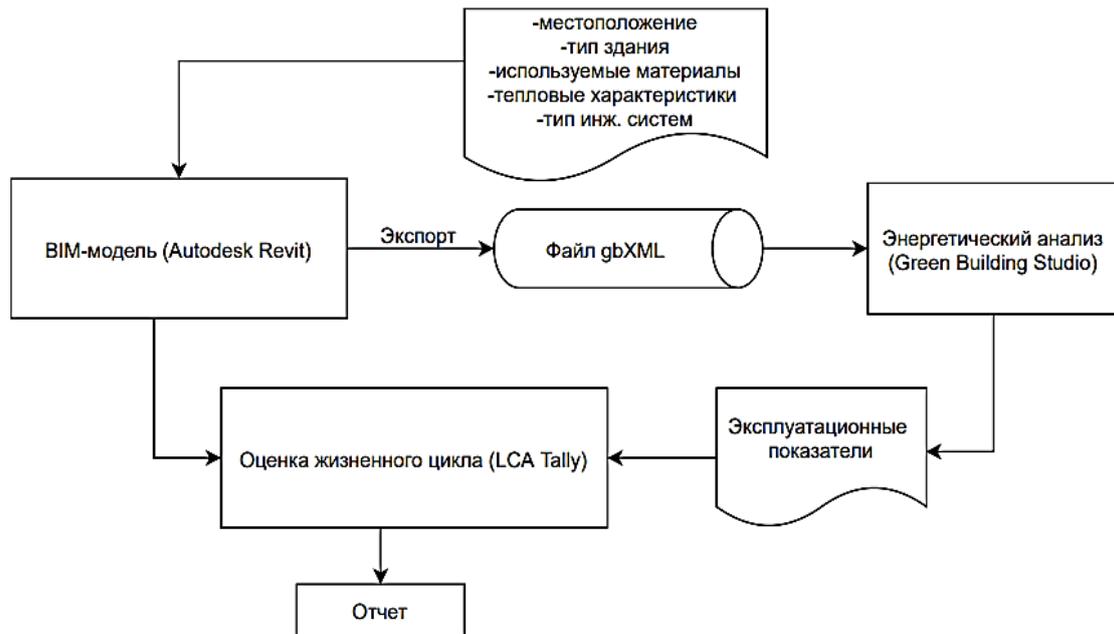


Рис. 1

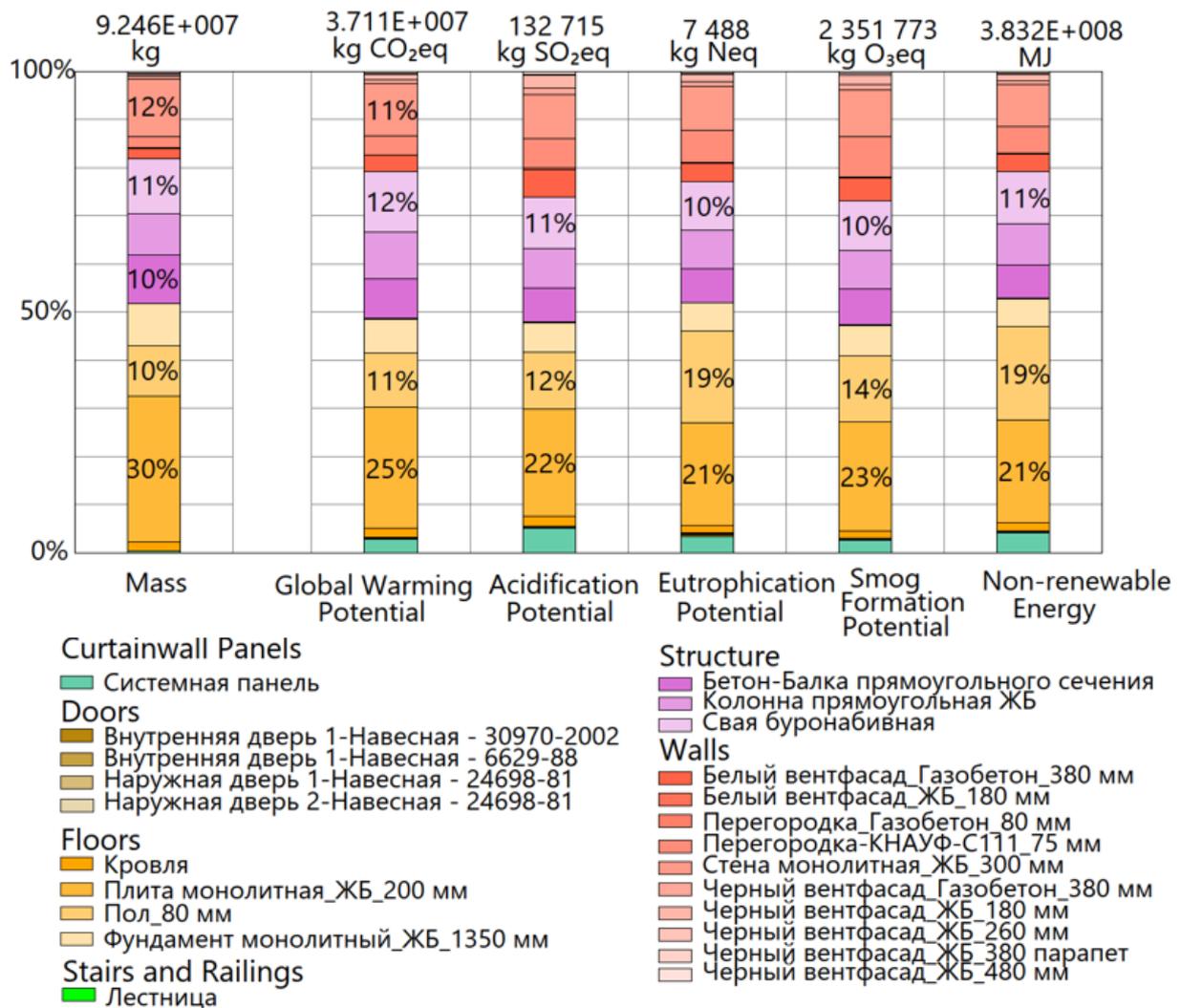


Рис. 2

Выводы. В работе приведена схема оценки неблагоприятных воздействий здания на окружающую среду на основе информационной модели и методологии LCA. Использование данной схемы на этапе проектирования позволит пересмотреть состав строительных материалов, а также проектных решений в сторону зеленого строительства. Для исследуемого объекта рекомендуется использовать сборный железобетон для колонн, вместо монолитного, что не только уменьшит шумовые и пылевые нагрузки, но и сократит расходы электроэнергии, воды и материалов на этапе производства. Для плит перекрытий следует рассмотреть возможность снижения плотности армирования путем уменьшения диаметра нижней фоновой арматуры до 8 мм (вместо 10 мм). Минеральную вату в вентилируемом фасаде следует заменить более экологичным аналогом – гидрофобизированным утеплителем из базальтовых компонентов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Lasvaux S. Study of a Simplified Model for the Life Cycle Analysis of Buildings, Paris Institute de Technologie, 2010.
2. Zabalza I., Aranda-Usón A., Scarpellini S. Life cycle assessment in buildings: state-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification, Build. Environ. 2009. 44 2510-2520.
3. Menoufi K.A.I., Life Cycle Analysis and Life Cycle Impact Assessment methodologies: A State of the Art, Universitat de Lleida, 2011.
4. Kwok Wai Wong J, Zhou J. Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: A review. Autom Constr 2015;57: 156–65.
5. British Standards Institution, BS EN 15643 Sustainability of Construction Works – Assessment of Buildings in Part 2: Framework for the Assessment of Environmental Performance, British Standards Institution, London, 2011.

УДК 697.1

М.С. Васильева

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ЖИЛОГО ФОНДА В РОССИИ

Жилищно-коммунальный сектор занимает второе место после обрабатывающей промышленности по величине потребления энергии и использует порядка 45% процентов всего энергопотребления в России. Поэтому жилой фонд имеет огромный потенциал для энергосбережения.

Целью работы является анализ возможностей проведения и перспектив развития мероприятий по повышению энергоэффективности и энергосбережению жилого фонда в условиях Российской Федерации и сравнение их с опытом других стран.

Под энергоэффективными или энергоэкономичными домами мы будем понимать здания, обеспечивающие снижение тепловых потерь за счет утепления ограждающих конструкций, усовершенствования инженерных систем, оптимизации архитектурных решений и других мероприятий, направленных на сокращение энергопотерь. В отличие от энергоактивных и энергопассивных зданий, энергоэффективные не используют энергию природной среды (т. е. альтернативных источников энергии) [1].

До 80% жилого фонда России составляют здания советского периода, которые считаются наиболее неэнергоэффективными. Такие здания проектировались с расчетным сроком эксплуатации около 25 лет, и основной целью тех времен было построить как можно больше жилых зданий в максимально короткие сроки [2]. Это сборные панельные здания, несущие элементы которых выполнены из сборных элементов заводского изготовления – стеновых

панелей. Панели, как правило, железобетонные, керамзитобетонные или выполненные из легких бетонов. В местах примыкания панелей, оконных и дверных проемов, перекрытий образуются так называемые «мостики холода» – участки ограждающей конструкции с высокой теплопроводностью, из-за наличия которых значительно снижается энергетическая эффективность всего здания. Поэтому при решении такой задачи как повышение энергоэффективности здания и снижение его теплопотерь необходимо учитывать весь комплекс энергосберегающих мероприятий [3].

Перед проведением работ по ремонту и реконструкции необходимо провести энергетическое обследование, основными целями которого являются: получение объективных данных об объеме затрачиваемых энергоресурсов; определение показателей энергетической эффективности; определение потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности объекта; разработка мероприятий по повышению энергоэффективности и энергосбережению, а также анализ их экономической целесообразности [4].

Основными путями экономии энергии в жилых зданиях является повышение энергоэффективности ограждающих конструкций, архитектурно-планировочных решений, инженерных сетей, а также использование альтернативных видов энергии. В частности, активно применяются на практике следующие мероприятия: увеличение теплозащиты ограждающих конструкций стен (в том числе стыков), окон, перекрытий; уменьшение площади наружной поверхности здания; улучшение влажностного режима наружных ограждений; использование усовершенствованных систем отопления и вентиляции; пофасадное регулирование тепла; утилизация тепла вытяжного воздуха; управление микроклиматом здания и т.д. [5].

В статье [6] была разработана математическая модель для анализа тепловой защиты зданий. Она основывается на норме потребления первичной энергии. Такая математическая модель позволяет рассчитать оптимальную толщину теплоизоляции при любых климатических и экономических условиях и для любого пирога стены.

Согласно исследованиям проекта BEEN, в панельных зданиях после реконструкции можно достигнуть сокращения энергозатрат на 40-50%. Так при проведении мероприятий по повышению энергоэффективности в панельном жилом фонде в Берлине удалось достичь показателя 60 кВт·ч первичной энергии на кв. м жилой площади в год, что в два раза ниже средних показателей по Берлину [7].

В Германии с 2007 по 2020 гг. на законодательном уровне существовал стандарт EnEV или «Положение об энергосбережении», который обязывал собственников осуществлять мероприятия по модернизации отопительных систем при реконструкции здания, снижая энергопотребление как минимум до 100 кВт·ч первичной энергии на м² площади квартиры в год [5]. Сейчас этот стандарт заменен на Закон об энергообеспечении зданий – GEG, который также обязывает владельцев при проведении капитального ремонта жилого фонда включать работы по теплоизоляции и подведению источников возобновляемой энергии. Кроме того, обязательными становятся энергетические паспорта жилых объектов [8].

В странах Балтийского региона (Литва, Латвия, Эстония, Польша) с 2005 по 2007 гг. реализовывался проект «Прибалтийская сеть энергосбережения в жилищном фонде» (BENN), целью которого стала разработка инструментов и стратегий, направленных на энергоэффективную модернизацию жилого фонда в странах Прибалтики [7].

В России с 23 ноября 2009 г. действует Федеральный закон 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Ст. 12 п. 4 обязывает собственников проводить мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности [4]. Также согласно Распоряжению ГУ Государственного Строительного Надзора №1 от 24.01.2014 г. при

сдаче в эксплуатацию вновь построенных сооружений и зданий после капитальной реконструкции необходимо оформлять энергетический паспорт [9].

Несмотря на все эти меры, в настоящее время опыт повышения энергоэффективности в Российской Федерации крайне незначителен. Это происходит не столько из-за экономической целесообразности, сколько из-за реализации за счет бюджетных ресурсов программных мероприятий (установка приборов учета и регулирования, утепление фасадов за счет субсидии и др.). Согласно статистике Минрегиона РФ, на конец 2010 г. в жилищном фонде заключено 7117 энергосервисных контрактов, но подавляющее число этих контрактов представляет собой установку приборов учета энергоресурсов. Кроме того, энергосервисные компании не заинтересованы вкладывать собственные денежные средства в мероприятия по повышению энергетической эффективности жилых домов, а существующие меры государственной поддержки не стимулируют собственников жилых помещений привлекать собственные средства на эти цели [10].

В докладе [10] описывается положительный опыт проведения энергосберегающих мероприятий. Так в рамках Проекта «Передача ведомственного жилищного фонда» в г. Оренбург наибольшие показатели экономии энергии в системе горячего водоснабжения доходили до 25-30% за счет установки теплообменников с регуляторами температуры и до 10,5% в системе отопления за счет автоматизации регулирования параметров теплоносителя. Кроме того, достигнута существенная экономия воды (порядка 10%). В г. Волхов достигнута максимальная по сравнению с другими городами суммарная экономия тепла. Положительную тенденцию показали города Череповец, Рязань и Владимир.

Выводы:

1. Большая часть энергозатрат приходится на жилой фонд, и Россия имеет огромный потенциал для энергосбережения.

2. Основными путями экономии энергии в жилых зданиях является повышение энергоэффективности ограждающих конструкций, архитектурно-планировочных решений, инженерных сетей, а также использование альтернативных видов энергии.

3. В европейских странах правительство и региональные власти большое внимание уделяют территориям массовой жилой застройки, обсуждаются проблемы и их решения.

4. Опыт в проведении мероприятий по повышению энергоэффективности существующего жилого фонда в Российской Федерации пока не значителен. В то же время создана законодательная база, имеются реальные проекты реализации мероприятий по энергосбережению в ряде городов России (реконструкция строительных конструкций и оборудования инженерных систем массовой жилой застройки в городах Оренбург, Волхов, Череповец). Также запланированы крупные пилотные проекты: «Энергоэффективный город», направленный на повышение эффективности использования энергоресурсов в г. Тюмень, Апатитах, Воркуте и Казани, «Энергоэффективный квартал», направленный на модернизацию целых микрорайонов и небольших городов и в последующем распространении на всю территорию страны.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гайбуллаев, Б.Н., Тожиев И.И. Принципы проектирования энергоактивных зданий / Молодой ученый. 2016. № 7 (111). С. 55-58.
2. Ершова С.С., Филякова Е.И. Реконструкция зданий хрущевской застройки / Научный форум: технические и физико-математические науки. Сб. статей по материалам VI междунар. заочной науч.-практ. конф. 2017. С. 140-144.
3. Zemitis J., Terekh M. Management of energy efficient measures by buildings' thermorenovation / Int. Scientific Conf. on Energy, Environmental and Construction Engineering (EECE-2018). "MATEC Web of Conferences" 2018. С. 06003.
4. Федеральный закон "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 23.11.2009 N

- 261-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения: 28.03.2021).
5. Федюк Р.С. Системное проектирование энергоэффективных зданий / Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2011. С. 19-23.
 6. Terekh M., Tretyakova D. Primary energy consumption for insulating / E3S Web of Conferences 157, 06008. 2020
 7. Мельникова М. Не просто панельки. Немецкий опыт работы с районами массовой жилой застройки. 2020. С. 130.
 8. GEG: Building Energy Act comes into force on November 1st, 2020. <https://www.weka.de/architekten-ingenieure/geg/> (дата обращения: 29.03.2021).
 9. Распоряжение Главного управления государственного строительного надзора Московской области от 24.01.2014 № 1 "О реализации положений законодательства об энергосбережении и энергоэффективности". <https://gusn.mosreg.ru/dokumenty/normotvorchestvo/normativnopravovye-akty/rasporyazhenie-glavnogo-upravleniya-gosudarstvennogo-stroitel'nogo-nadzora-moskovskoy-oblasti-ot-24012014-1-o-realizatsii-polozheniy-zakonodatelstva-ob-energoberezhonii-i-energoeffektivnosti> (Дата обращения 29.03.2021)
 10. Сиваев С.Б. Создание и деятельность энергосервисных компаний и перформанс-контрактов в России. Т. 1: Энергосервис и перформанс контракты: возможности и проблемы их реализации в России / Всемирный фонд дикой природы (WWF). М., 2011.

UDC 620.91

V.D. Molodanova, V.V. Elistratov
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE SHELF WIND POWER UNIT IN THE YAMALO-NENETS AUTONOMOUS AREA

Wind energy resources are not evenly distributed over the planet, so the winds that blow on the seas and oceans have a high speed and regularity. That is why offshore power plants are more efficient due to their higher utilization rate, due to the regularity of winds in the shelf zone. The Arctic zone of the Russian Federation is rich in wind resources, which is why the installation of wind turbines on the shelf of the Yamal-Nenets region is justified from the point of view of production [1, 2].

Offshore wind energy is developing at a rapid pace, so the installed capacity at the beginning of 2021 is 31,9 GW, but because China is introducing new capacities in 2021, the total installed capacity will increase by 37% to 47,7 GW [3].

This article analyzes the wind energy resources of the wind farm construction site, and selection of the best layout of the wind farm. The wind farm is constructed for the uses of Obskiy LNG LLC; the wind farm will be used for internal uses of the LNG plant auxiliary facilities with a total design capacity of about 2,5 MW. Taking into account that the technical task stipulates the need for a power plant with a capacity of about 2,5 MW. The initial data for the WindPRO program were taken from the RP5.ru website; an observation interval of 6 years was taken from 01.01.2015 to 01.01.2021. After analyzing the initial data, the wind energy rose of the construction site was built, and the integral and differential repeatability of the wind speed were calculated (fig. 1) [4].

After analyzing the data obtained, it was found that the prevailing wind directions are SSE, WSW, W, ENE (W-West, E-East, N-North, S-South). After studying the data of the distribution of average wind speed in the average daily speed, it was found that the prevailing speed is 5,0-8,5 m/s, the repeatability which fluctuates in the range of 15,0-18,0 %. Analyzing the wind energy resources of the construction site authors obtained isofields characterizing the wind energy potential (fig. 2). The wind farm is located 8 km from the coast, as this gives a substantial gain in production, despite such a distant location of the depth of the site is only 15-20 m, which is a clear advantage for the supply of the wind turbine base on the shelf.

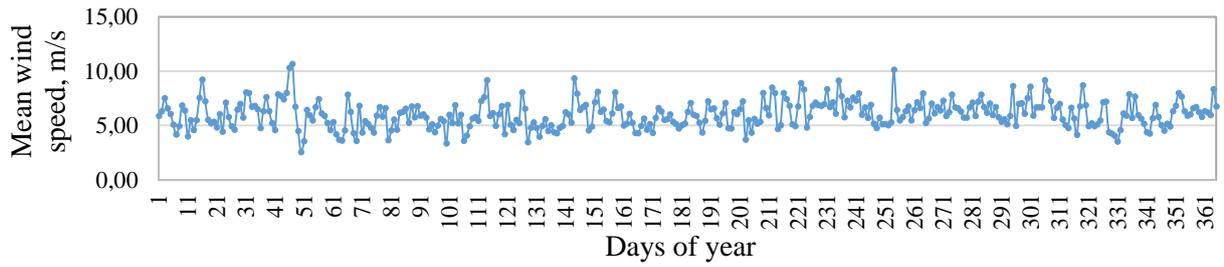


Fig. 1. Distribution of average wind speed, m/s

After analyzing the wind energy resources of the construction site in the WindPRO software package, authors proposed the layout of wind farms or a stand-alone wind turbine. According to the terms of reference, when choosing a capacity, authors had to consider layouts containing 2,5 MW, so it is possible to combine several wind turbines, or use only one of sufficient power. Since the use of a layout of two wind turbines is impractical to use with a unit capacity of 1,25 MW, authors decided to use wind turbines with a capacity of 1,5 MW (fig. 3).

The results of the calculations in the software package are presented in the table [5]. The table shows variants based on the preliminary calculations of the composition and parameters of wind turbines, 2 options are accepted for detailed study: first option with one wind turbine and second option – with two wind turbines. Parameters of the wind turbines of both variants are presented in the table.

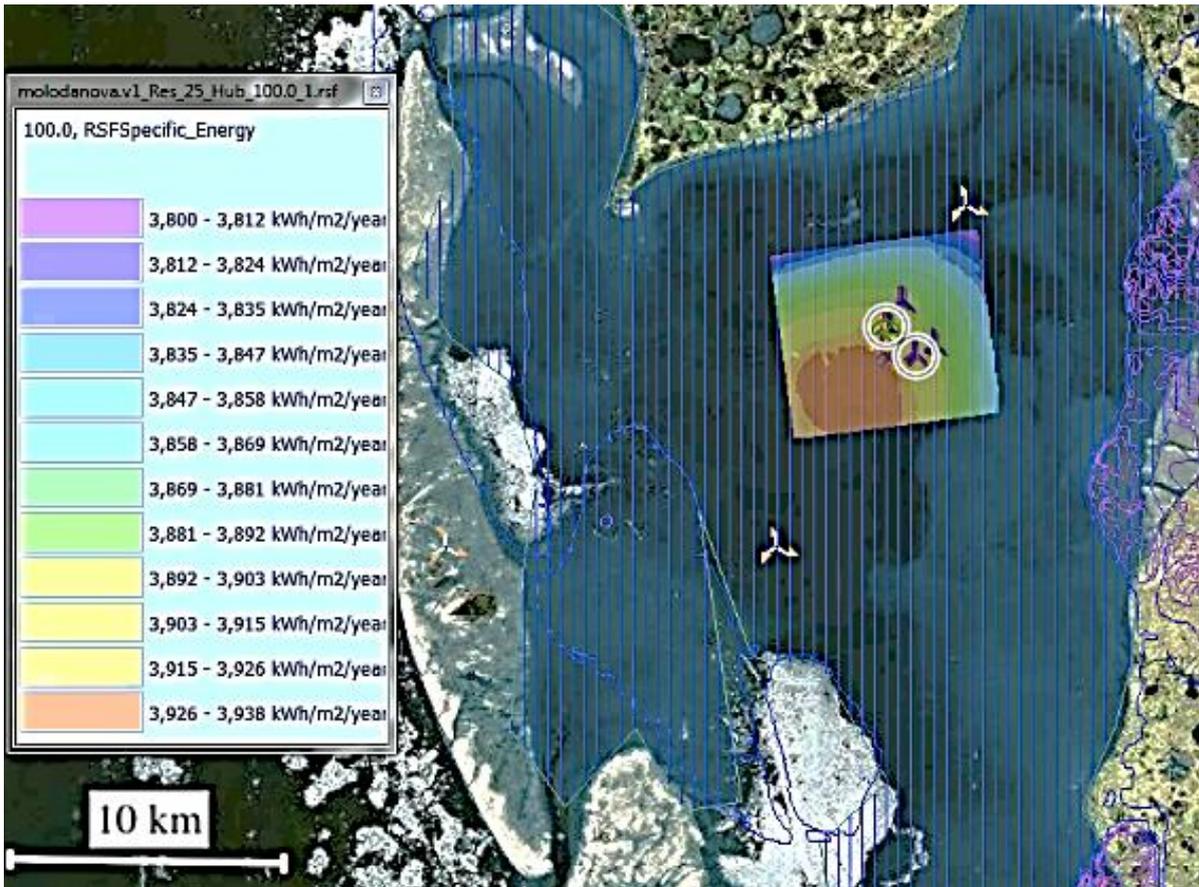


Fig. 2. Map of the construction site

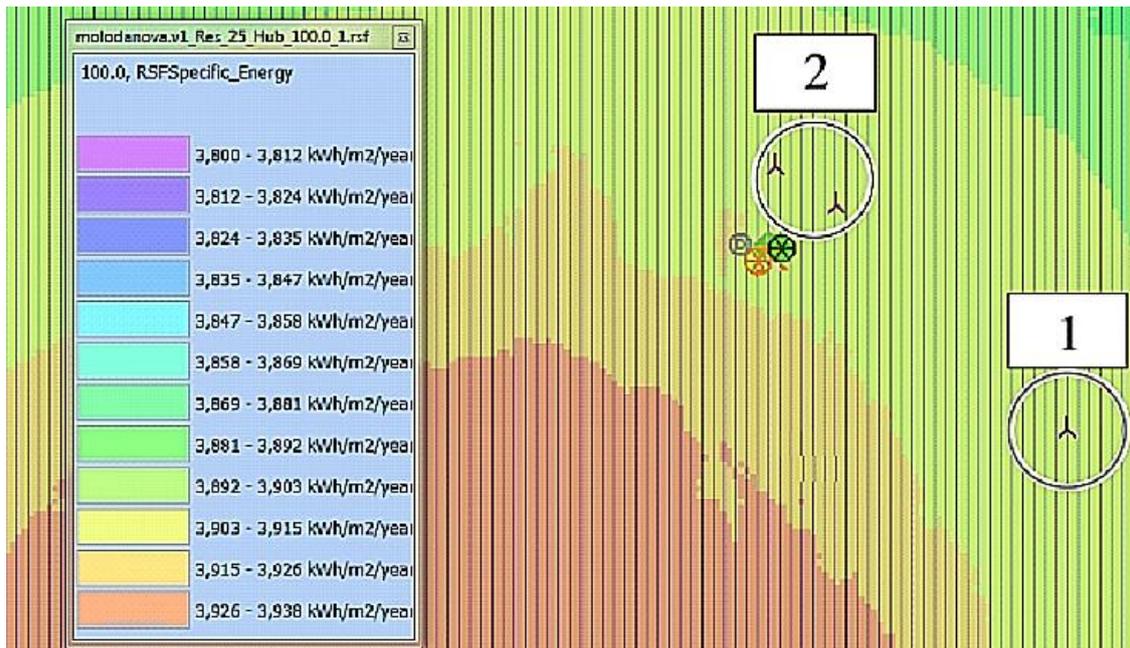


Fig. 3. Specific wind energy, W/m^2 : 1 – Layout 1; 2 – Layout 2

Table – Results of calculations of the production of wind farms

Parameter	Unit	Layout 1	Layout 2
Result park	MWh/y	8987,9	11337,0
Result – 10 %	MWh/y	8089,1	10203,3
Capacity factor	%	36,9	38,8
Mean WTG result	MWh/y	9089,1	5101,6
Full load hours	h/y	3,236	3,401
Mean wind speed	m/s	7,3	7,3
Number of WT		1	2
Type generator		GW100/2500-2.6	NM82/1500-1.500/903
Manufacturer		Goldwind	NEG MICON
Power rated	kW	2500	1500
Rotor Diameter	m	100	82
Hub height	m	100	100

Conclusion

1. After analyzing the wind energy potential of the wind turbine installation area, it was found that the most efficient layouts are 1 and 2.
2. The annual output of layout 1 is 8987,9 MWh/year; layout 2 is 11337,0 MWh/year.
3. Layout 1 is a stand-alone unit Goldwind GW100 / 2500-2.5 2,5 MW, layout 2 is a wind farm of two NEG MICON NM82 / 1500-1.500 / 900 wind turbines 1,5 MW.
4. As a result of justifying the parameters of wind power unit, since the conditions of the construction site are harsh, it is impractical to build two wind turbines, which give an insignificant gain in production; we decided that it would be most efficient to build one wind turbine of 2,5 MW.

REFERENCES:

1. Elistratov V.V. Renewable energy. SPb.: Polytechnic University, 2016.
2. Owens B.C., Griffith D.T., Hurtado J.E. Modal Dynamics and Stability of Large Multi-megawatt Deepwater Offshore Vertical-axis Wind Turbines: Initial Support Structure and Rotor Design Impact Studies //32nd Asme Wind Energy Symposium. 2014. C. 0518.

3. GWEC Global Wind 2020 Report. Global Wind Energy Council 2020 Annual Report. Electronic resource [URL]. Access mode: <http://gwec.net/policy-research/reports/>
4. Rp5.ru Weather archive in Seyakh. Electronic resource [URL]. Access mode: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Сеяхе
5. Elistratov V.V., Panfilov A.A. Design and operation of unconventional and renewable energy installations. Wind power plants. / SPb.: Polytechnic university, 2011.

УДК 621.311.25

О.А. Соколовская, И.Г. Кудряшева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ КОТТЕДЖНОГО ПОСЕЛКА В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Энергосистема Архангельской области (за исключением Ненецкого АО) входит в состав Объединенной энергосистемы Северо-Запада (ОЭС Северо-Запада). Энергосистема Архангельской области объединяет электростанции и электрические сети, принадлежащие ГУ ОАО «ТГК-2», ОАО «ФСК ЕЭС», филиалу ОАО «МРСК Северо-Запада» «Архэнерго» и другим владельцам электростанций и электрических сетей. С учетом текущих планов предприятий по расширению генерации электроэнергии к 2030 г. в Архангельской области возникнет значительный дефицит электроэнергии. Устранение разрыва между производством и потреблением электроэнергии в области потребует реализации ряда приоритетных проектов в электроэнергетике [1, 2].

Цель работы – оценка природно-ресурсного потенциала Архангельской области для обеспечения энергоснабжения коттеджного поселка на основе возобновляемых источников энергии.

Для решения поставленной цели задачи реализуются следующие задачи:

- Расчет потребления электроэнергии в проектируемом поселке;
- Анализ природно-климатических характеристик Архангельской области;
- Изучение ресурсов возобновляемых источников энергии в Архангельской области;
- Расчет поступления солнечной энергии на энерго-ориентированную поверхность;
- Оценка ветроэнергетического потенциала Архангельской области.

Прогнозируемое к 2030 г. электропотребление секторов экономики и населения Архангельской области в базовом сценарии развития составит более 19 млрд. кВт·ч в год, тогда как планы существующих предприятий сектора предусматривают увеличение генерации до 8 млрд. кВт·ч в год (рис. 1) [3]. Для решения данной проблемы предлагается использование возобновляемых источников энергии с целью увеличения выработки электроэнергии в регионе.

Ветроэнергетика в Архангельской области пока не получила широкого распространения, несмотря на наличие высокого потенциала на морском побережье. За последние годы было немало неудачных попыток эксплуатации ветроустановок. В 2008 г. в Мезенском районе были установлены несколько ВЭУ зарубежного производства, проработавшие менее года по причине конструктивных недоработок, неправильно подобранных накопителей энергии и проблем с обслуживанием. Этот опыт показал, что необходима более глубокая проработка проектов и их адаптация к арктическим условиям. С 2014 г. эксплуатируется ветроэнергетическая установка на острове Мудьюг недалеко от Архангельска мощностью 1,5 кВт, используемая для освещения рыболовно-туристического комплекса.

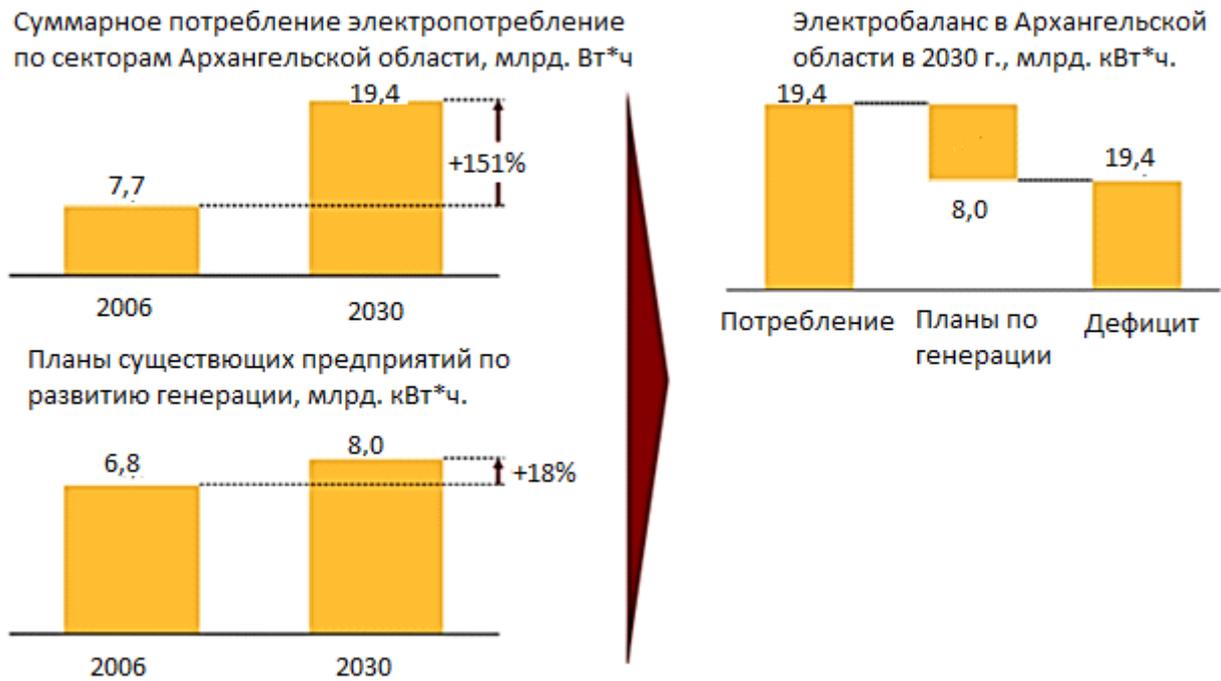


Рис. 1. Стратегия развития Архангельской области на перспективу до 2030 г.

Комбинированные ветро-солнечные станции малой мощности начали появляться в области с 2014 г., когда компания «Архангельскавтодор» участвовала в международном проекте Varents Free Way (в рамках программы Kolarctic). Всего в 2014-2015 гг. было смонтировано 11 комбинированных установок для освещения дорог в г. Архангельске и близлежащих районах [4].

Для оценки солнечного потенциала был проведен расчет поступления солнечной энергии на энерго-ориентированную поверхность.

Для определения характеристик солнечного излучения, поступающего на ориентированные поверхности, необходимы следующие исходные данные:

- географическая широта места $\varphi_m = 64,23^\circ$ с. ш.,
- географическая долгота места $\lambda_m = 41,65^\circ$ в. д.,
- средний расчетный день второго месяца года $n = 46$.

В настоящее время в гелиотехнике большое распространение получили неподвижные наклоненные под оптимальным углом к горизонту и непрерывно следящие за Солнцем фотоэлектрические установки. Ориентация приемных поверхностей таких установок отлична от горизонтальной и должна быть обоснована для максимального использования поступающего солнечного излучения. Следует отметить, что прямая составляющая солнечного излучения, падающего на ориентированную поверхность, чаще всего увеличивается вследствие уменьшения угла падения лучей, диффузная же составляющая для всех поверхностей, отличных от горизонтальной, уменьшается, так как уменьшается угол её обзора. В то же время на ориентированные поверхности падает отраженное от Земли излучение. Таким образом, полное солнечное излучение определяется как сумма трех слагаемых: прямого, диффузного и отраженного от Земли излучения [5].

Расчетные значения месячной солнечной энергии в Архангельской области:

- при отсутствии атмосферы: $W_{\text{гор}_j}^0 = 151,2$ МДж/м²;
- при чистой атмосфере: $W_{\text{гор}_j}^{\text{полн}_ч} = 145,40$ МДж/м²;
- в условиях реальной облачности: $W_{\text{гор}_j}^{\text{полн}_ч} = 64$ МДж/м².

Оценка ветро-энергетических ресурсов и среднегодовой выработки ВЭУ проводится в программе WindPRO. Для этого используются данные многолетних измерений направлений и скоростей ветра и данные баз реанализа «MERRA-2» и «CFSR-E» [6]. Схема размещения ВЭУ в районе с наибольшими ветро-ресурсами приведена на рис. 2. Высота башни принята равной 37 м.

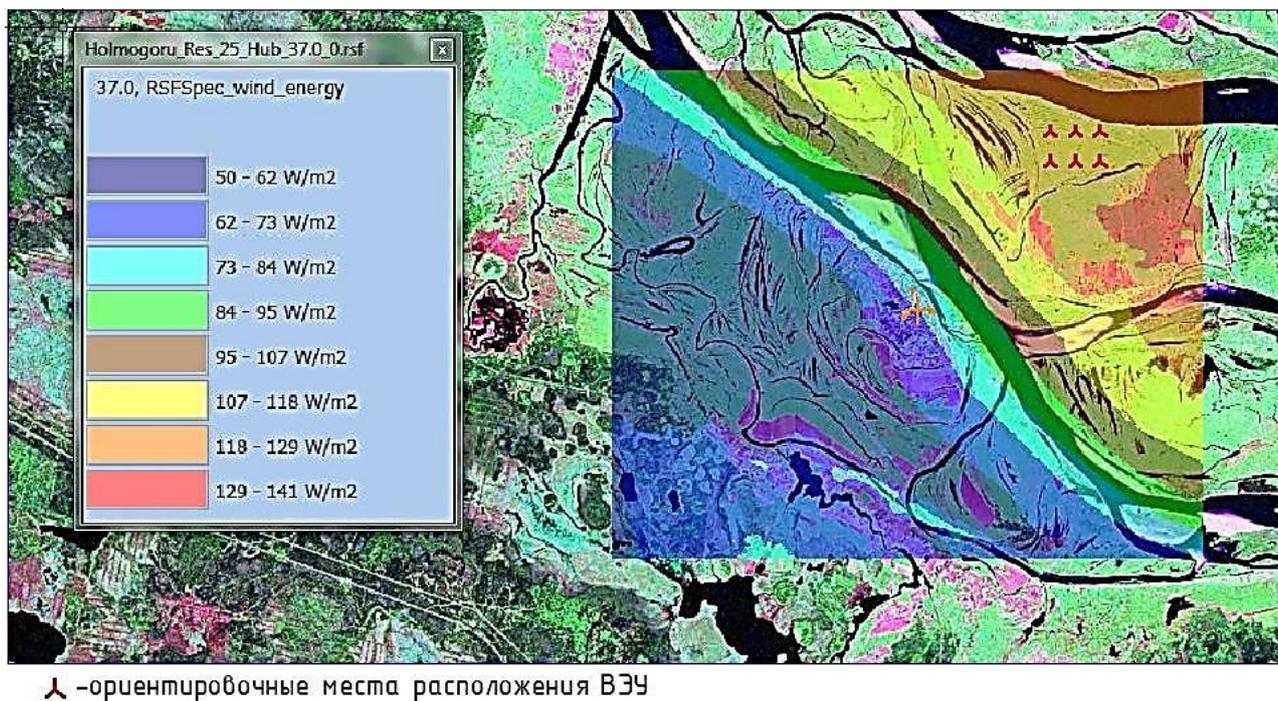


Рис. 2. Данные распределения энергии ветра и схема размещения ВЭУ

Выводы. Ветро-солнечная энергетика в Архангельской области имеет большой потенциал, не достаточно используемый в настоящее время. В данной работе приведены расчетные данные поступления солнечной энергии на энерго-ориентированную поверхность для проектирования солнечных фотоэлектрических панелей и определены значения месячной солнечной энергии в Архангельской области: при отсутствии атмосферы: $W_{горj}^0 = 151,2$ МДж/м²; при чистой атмосфере: $W_{горj}^{полнч} = 145,40$ МДж/м²; в условиях реальной облачности: $W_{горj}^{полнч} = 64$ МДж/м².

Проведена оценка ВЭР и среднегодовой выработки ВЭУ, рассчитан природный и технический ветроэнергетический потенциал предполагаемого места строительства ВЭУ в программном комплексе WindPro. Расчетная годовая энергия ВЭУ составила 158,8 МВт·ч/год, с учетом потерь (10%) – 142,9 МВт·ч/год; средняя скорость ветра на высоте 37 м – 5,3 м/с.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Елистратов В.В., Кузнецов М.В. Теоретические основы нетрадиционной и возобновляемой энергетики. Ч. 1. Определение ветроэнергетических ресурсов региона. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003.
2. Elistratov V., Kudryasheva I. Regimes, management and economics of energy complexes on the basis of renewable energy sources for autonomous power supply / E3S Web of Conferences. Int. Scientific and Technical Conf. Smart Energy Systems, SES 2019. С. 04023.
3. Elistratov V., Kudryasheva I. Stability and reliability of power system operation due to use of renewable energy resources. 21st Int. Scientific Conf. on Electric Power Engineering, EPE 2020, 9269222
4. Бердин В.Х., Кокорин А.О., Юлкин Г.М., Юлкин М.А. Возобновляемые источники энергии в изолированных населенных пунктах Российской Арктики. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2017.

5. Елистратов В.В., Грилихес В.А., Аронова Е.С. Оценка поступления солнечного излучения. СПб. Изд-во Политехн. ун-та. 2009.
6. Сливканич М.А., Дюльдин М.В., Елистратов В.В. Использование данных баз реанализа для повышения достоверности оценки ветроэнергетических ресурсов / Сб. тезисов Междун. Конгресса «Возобновляемая энергетика XXI век: энергетическая и экономическая эффективность» REENCON-2015. М.: ОИВТ РАН-ВШЭ, 2015, с. 304-309.

УДК 620.92

В.В. Тафинцев

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Целью работы является создание трехмерной параметрической модели ветроэнергетической установки.

В ходе работы были рассмотрены ветроэнергетические установки и по их основным параметрам построена трехмерная модель в программе Autodesk Revit. Основная особенность Revit заключается в возможности постоянного контроля изменений и поддержания целостности. Нет необходимости вручную обновлять чертежи или другие компоненты.

На рис. 1 изображена модель, которая соответствует своему реальному аналогу Vestas V90 мощностью 2 МВт, высотой 80 м и диаметром лопастей 90 м.

Преимуществом такой модели является гибкость использования в процессе проектирования [1]. Параметрическая модель на примере башни ВЭС представлена на рис. 2, показаны выбранные для моделирования изменяемые параметры: высота башни, толщина стенок башни, радиус основания и вершины башни, используемые для создания трехмерной модели.

Применение параметризации позволяют создавать библиотеки стандартных элементов. Затраты на создание схемы параметризации окупаются многократным использованием библиотек [2-4]. Данная трехмерная модель будет служить основой для расчета в ANSYS и подбора оборудования ВЭУ при установленной мощности [5]. В перспективе планируется создание библиотек стандартных элементов ВЭУ.

В процессе исследования были найдены и проанализированы параметрические зависимости основных геометрических размеров ВЭУ от гидрометеорологических условий, энергетических характеристик и режимов работы оборудования, в частности, связь и зависимость номинальной мощности от высоты ступицы (рис. 3) [4].

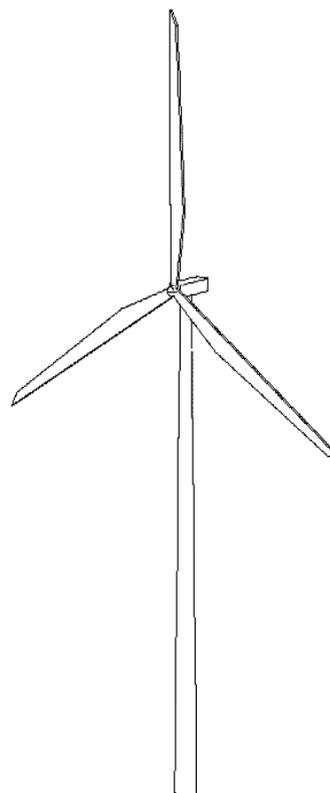
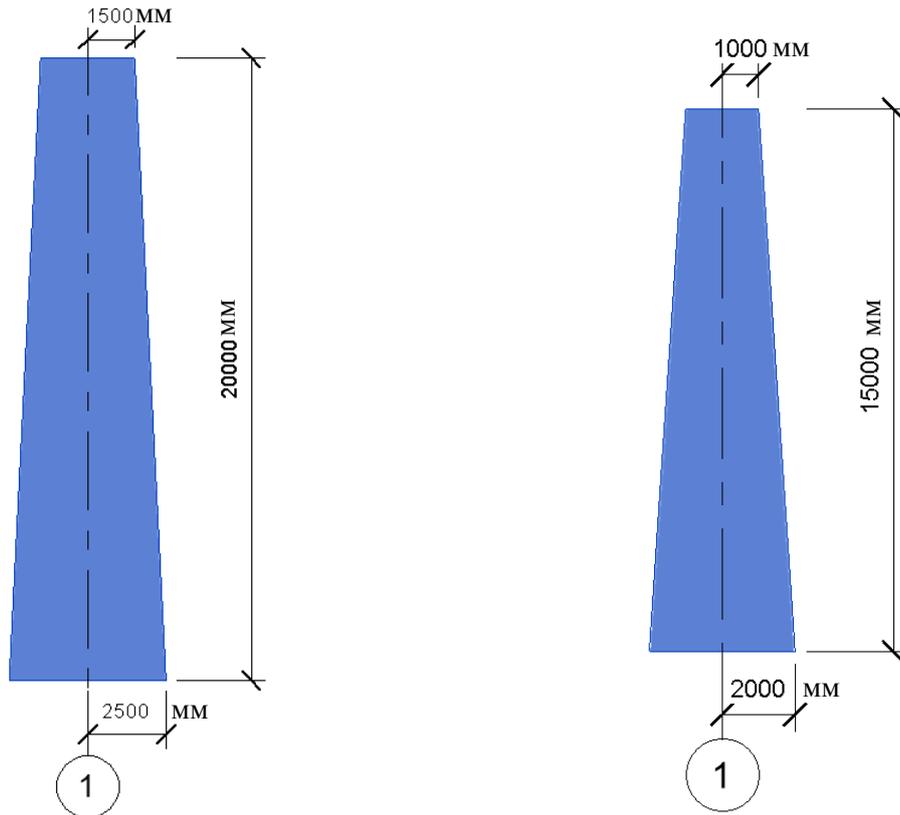


Рис. 1. Трехмерная модель ВЭУ



Размеры	
Высота башни	20000.0 мм
Радиус верхней части ба...	1500.0 мм
Радиус нижней части ба...	2500.0 мм
Толщина стенки башни	30.0 мм
Объем	7.484 м ³

Размеры	
Высота башни	15000.0 мм
Радиус верхней части ба...	1000.0 мм
Радиус нижней части ба...	2000.0 мм
Толщина стенки башни	50.0 мм
Объем	6.950 м ³

Рис. 2. Фасад башни

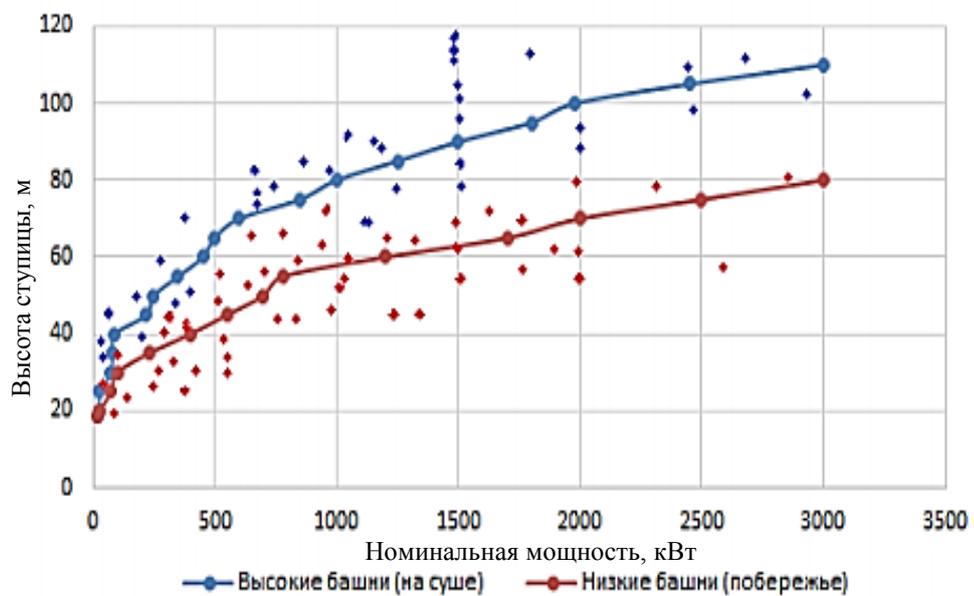


Рис. 3. Зависимость номинальной мощности от высоты ступицы

Выводы. По итогам проведенной работы получена трехмерная параметрическая модель, которая является основой для дальнейших исследований и будет использована для расчета в ANSYS и подбора оборудования для ВЭУ установленной мощности. Получены и проанализированы параметрические зависимости основных геометрических размеров ВЭУ от гидрометеорологических условий.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Применение трехмерного параметрического моделирования в проектировании ветроэлектрической станции в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс]: магистерская диссертация: 08.04.01/ В.В. Попко; СПбПУ Петра Великого, ИСИ; науч. рук. А.А. Панфилов. Электрон. текстовые дан. (1 файл : 3,38 МБ). – СПб, 2016. – Загл. с титул.экрана. <http://elib.spbstu.ru/dl/2/v16-2840.pdf>
2. Википедия [Электронный ресурс]: Параметрическое моделирование. – Электрон. дан. – Режим доступа: https://wikiorg.ru/wiki/Параметрическое_моделирование
3. Журнал САПР [Электронный ресурс]: О том, как твердое тело может быть слишком твердым, или Взгляд на параметризацию сбоку. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://sapr.ru/article/6646>
4. Атов А.А. Анализ современного состояния опорных конструкции ВЭУ. Неделя науки СПбПУ. Инженерно-строительный институт. СПбПУ. 2015. С. 283-285.
5. Елистратов В.В., Кузнецов М.В. Теоретические основы нетрадиционной и возобновляемой энергетики. Ч. 1.Определение ветроэнергетического потенциала региона: учебное пособие. СПб, Изд. СПбГПУ, 2004.

УДК 692.232.7

П.М. Иванова, Д.В. Немова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЫСОТНЫЙ БИЗНЕС ЦЕНТР С КОНСТРУКЦИЯМИ ДВОЙНЫХ ФАСАДОВ С БУФЕРНЫМИ ЗОНАМИ

Цель работы – проанализировать эффективность применения двойных фасадов с буферными зонами.

Для достижения поставленной цели было разработано здание бизнес центра. Для здания предложено использование конструкции двойного фасада с буферными зонами.

В работе рассмотрены два варианта ограждающих конструкций высотного бизнес центра, проанализировано применение стеклянного двойного фасада и классического остекления.

В первом варианте в качестве классического остекления выбрано структурное фасадное остекление ALT F-50 SG. Системная ширина – 50 мм; внешняя видимая ширина – 20 мм; глубина стоек и ригелей – 12-270 мм; заполнение – 6-56 мм (рис. 1). Приведенный коэффициент сопротивления теплопередаче данной конструкции – $0,61 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Во втором варианте ограждающая конструкция – стеклянный двойной фасад (рис. 2). Конструкция двойного фасада с буферными зонами – система, состоящая из наружного остекления, воздушной прослойки и внутреннего остекления, при этом ширина буферной зоны – 600 мм. Приведенное сопротивление данной конструкции $R_{\text{отр}} = 1,1 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Сопротивление, полученное в результате моделирования [1, 2].

Одна из особенностей двойного фасада является устройство вентиляции (рис. 3). Выбран вариант с организацией буферной зоны – это герметичное пространство, приток воздуха в которое осуществляется в нижней части фасада через рекуператоры. Далее он поднимается благодаря естественной тяге и отводится через специальные отверстия у кровли.



Рис. 1



Рис. 2

Буферная система

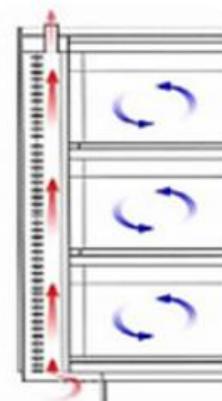


Рис. 3

Секции, расположенные во внутренней части фасада, имеют рамную конструкцию, при этом рамы могут отклоняться в сторону офисных помещений (открывается каждый второй элемент на оси) при помощи поворотных створок для естественной вентиляции офисных помещений.

В буферных зонах на каждом этаже устанавливаются горизонтальные рассечки – решетки, регулирующие потоки воздуха. Это позволяет оптимизировать скорость воздушных потоков. Также важную роль играют ставни-жалюзи или рафшторы, которые снижают тепловые потери.

В работе произведен расчет теплотерь типового этажа через ограждающие конструкции для города Санкт-Петербург по нормативным документам [3-5], анализ и сравнение энергетической модели с использованием классического остекления и модели с применением двойных фасадов. Для создания энергетических моделей использовался модуль Autodesk Insight и Autodesk Green Building Studio.

В результате посчитана таблица потерь теплоты для помещений типового этажа, проанализированы теплотери на 1 м^2 для двух вариантов конструкций.

Суммарные теплотери типового этажа через ограждающие конструкции при использовании классического фасадного остекления составили – 75770 Вт. Теплотери на квадратный метр – 41 Вт/ м^2 . Суммарные потери при использовании в качестве ограждающей конструкции двойного фасада составили – 30550 Вт. Теплотери на квадратный метр – 17 Вт/ м^2 . Класс энергетической эффективности с классическим остеклением С+. Класс энергоэффективности здания, оснащенного системой двойного остекления, был повышен до класса В+.

В результате можно сделать вывод – применение конструкции двойного фасада с буферными зонами является эффективным решением при проектировании высотного бизнес центра. К основным преимуществам данной конструкции можно отнести:

- различные вариации работы (кондиционирование, сохранение тепла и т. д.). В ночное время экономия энергии достигается за счет уменьшения излучения от поверхности внутреннего остекления двойного фасада;
- превосходные показатели звукоизоляции, снижение автотранспортного шума;
- применение в различных климатических районах;
- защита фасадов от атмосферных осадков и агрессивных сред, а, следовательно, увеличение срока службы фасада здания;
- уменьшение ветрового воздействия, возможность открывать окно на любой высоте при любой погоде на желаемую ширину даже при большой высотности здания;

- внутри двойного фасада располагаются также регулируемые устройства солнцезащиты, которые уменьшают поступление тепла от солнечной радиации в помещения и, как следствие, снижению расхода холода в системе кондиционирования воздуха в тёплое время года. В холодное время, в теплое время ночью, когда температура окружающего воздуха снижается, они играют роль экрана, уменьшающего поток теплового излучения, что уменьшает энергопотребление [6].

Кроме этого, существует ряд недостатков данного фасада:

- высокая стоимость относительно классического остекления;
- в связи с нехваткой нормативной базы, отсутствия методик расчета теплотехнических характеристик данного фасада, для каждого здания необходимо делать индивидуальный расчет, подбирать систему вентиляции и кондиционирования;
- высокие капитальные и эксплуатационные затраты, связанные, например, с трудностью и очистки внутренних поверхностей фасадов;
- необходимость детального исследования на этапе проектирования на возможность выпадения конденсата в воздушной прослойке на элементах и поверхностях. Чаще явление возникает в холодное время года, когда влажный и тёплый воздух из помещений попадает во внутреннее пространство двойного фасада, при этом температура на внутренней поверхности внешней части фасада становится ниже температуры точки росы. Необходимо предусматривать интенсивное вентилирование внутреннего пространства фасада наружным воздухом.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Oesterle E., Lieb R-D., Lutz M., Heusler W. Double Skin Facades – Integrated Planning. Prestel Verlag: Munich, Germany. 2001. 208 p.
2. Бородач М., Шилкин Н. Стекланные двойные фасады//Здания высоких технологий, 2008, с. 32-45.
3. ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
4. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.
5. СП 131.13330.2018 "Строительная климатология".
6. Семенова Е.Я., Лебедев Д.Я. Первичное исследование двойных фасадных систем остекления / Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2016. № 1 (22), с. 206-214.

УДК 620.9

А.В. Ванина, С.Д. Черкасов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПОТЕНЦИАЛ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЯХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Одним из наиболее энергоемких секторов экономики Российской Федерации является жилищно-коммунальное хозяйство, которое требует не только внедрения инновационных технологий, способствующих сокращению потребления топливно-энергетических ресурсов, но и модернизацию исторических зданий. Санкт-Петербург может стать передовым центром внедрения энергосберегающих технологий при модернизации исторических зданий для повышения их энергоэффективности. При этом решаются задачи сокращения потребления энергоресурсов, уменьшения выбросов углекислого газа, а также повышения качества жизни населения [1-5].

Целью данной работы является исследование применения солнечной энергии для уменьшения потребления топливно-энергетических ресурсов историческими зданиями в Санкт-Петербурге.

Для достижения вышеуказанной цели были поставлены следующие задачи:

- 1) анализ правовой основы энергетической модернизации исторических зданий;

- 2) количественная оценка фонда исторической застройки Санкт-Петербурга;
- 3) расчет стоимости электроэнергии, получаемой от солнечных модулей.

На первом этапе исследований выполняется анализ федеральной и региональной законодательной и нормативно методической базы в области энергосбережения и охраны объектов культурного наследия Российской Федерации, а также использования возобновляемых энергетических ресурсов в системах энергоснабжения объектов жилищно-коммунального хозяйства.

Основным региональным документом, осуществляющим регулирование в сфере реконструкции объектов, представляющих историко-культурную ценность, на территории Санкт-Петербурга является закон № 820-7 «О внесении изменений в Закон Санкт-Петербурга «О границах зон охраны объектов культурного наследия на территории Санкт-Петербурга и режимах использования земель в границах указанных зон и о внесении изменений в Закон Санкт-Петербурга «О Генеральном плане Санкт-Петербурга и границах зон охраны объектов культурного наследия на территории Санкт-Петербурга» от 07.07.2016, который вводит понятие «историческое здание», устанавливает зоны охраны и зоны регулирования застройки и хозяйственной деятельности.

На втором этапе создается база данных по объектам исторической застройки в городских районах, содержащая показатели: месторасположение, состояние, архитектурно-планировочные, конструктивные, потребление энергоресурсов, систем отопления и вентиляции др.

Основными документами, устанавливающими требования по энергетической эффективности зданий, являются следующие нормативные акты:

1. Федеральный закон №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009, который не распространяется на объекты культурного наследия.

2. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».

3. РМД 23-16-2012 «Рекомендации по обеспечению энергетической эффективности жилых и общественных зданий».

Можно отметить, что исторический центр занимает около 10% территории Санкт-Петербурга, а его жилищный фонд составляет 18,9% от общей жилой площади города. Количество жилых построек, которые были возведены до 1917 г. включительно, в центральной части составляет около 90%, причем большая часть из них является объектами культурного наследия, а оставшаяся доля принадлежит к историческими зданиям и может входить в их охранные зоны [6]. С каждым годом число жилых построек в центре города уменьшается, так как многие из них находится в аварийном состоянии.

Срок окупаемости строительства нового здания с сохранением лицевого фасада исторического сооружения и применением энергосберегающих технологий составляет не менее 50 лет с учетом экологических последствий и выбросов углекислого газа на протяжении всего жизненного цикла здания. Модернизация же существующей исторической постройки позволит сократить потребность в электроэнергии примерно на 30% и на 87% уменьшить выбросы углекислого газа, что свидетельствует о необходимости проведения мероприятий по обеспечению энергоэффективности [7]. Осуществление комплексных мероприятий позволяет достичь наибольшего сокращения потребляемых объемов энергетических ресурсов.

Перспективным видом возобновляемой энергии и возможным для применения на территории исторической застройки Санкт-Петербурга является солнечная. С учетом географической широты и природно-климатических условий, суммарная величина годовой солнечной радиации, приходящейся на горизонтальную поверхность, составляет 840 кВт·ч/м². Рассмотрим возможность использования ее потенциала при энергетической модернизации исторических зданий. Например, наибольшее суммарное значение энергопоступления от монокристаллических солнечных модулей площадью 1 м² MSW-240 мощностью 240 Вт и

КПД, равным ~15%, составляет 123 кВт·ч, причем при оптимальном угле наклона солнечного модуля к горизонту, который равен 35°, обеспечивающем наибольшее количество вырабатываемой энергии в малоснежный период (с 1 апреля по 1 октября) и минимальные потери при затенении в течение дня, что указано в работе [8].

По состоянию на 01.01.2021 размер тарифа на 1 кВт·ч электроэнергии при одноставочном тарифе для жителей города составляет 4,82 рубля. Экономия денежных средств с каждого 1 м² солнечного модуля MSW-240, установленного в Санкт-Петербурге, представлена в табл. 1.

Таблица 1

Угол наклона к горизонту, град	С 1 апреля по 1 октября	
	Производство электроэнергии, кВт·ч	Итоговая экономия денежных средств за период, руб.
35	123	593,47

Кроме того, использование солнечных модулей в качестве дополнительного источника электроэнергии имеет положительный экологический эффект. Например, при производстве 1 кВт·ч энергии необходимо 123 г условного топлива при 100% КПД, однако в реальных условиях его наибольшее значение составляет 40%. Следовательно, в неидеальных условиях 308 г условного топлива требуется для производства 1 кВт·ч энергии, а для выработки 123 кВт·ч необходимо 37,88 кг условного топлива.

При сжигании 1 тонны условного топлива (газ) выделяется 1,76 тонн CO₂-эквивалент [9]. Очевидно, что при сжигании 37,88 кг условного топлива (газ) образуется 66,67 кг CO₂-эквивалент. Доход от продажи квот безэмиссионной энергии с 1 м² солнечных модулей составит около 60 руб. при продаже 1 тонны CO₂-эквивалент за 10 евро.

Таким образом, итоговая выручка денежных средств с 1 м² солнечного модуля составит 653,47 руб. в год с учетом дохода от продажи выбросов углекислого газа. Сроки окупаемости 1 м² данного устройства находится в интервале от 7,5 до 13 лет, что зависит от его КПД, срока службы и метеорологических факторов. Принимая во внимание площадь кровель исторической застройки, можно сделать вывод, что может быть достигнута значительная экономия денежных средств за счет использования потенциала солнечной инсоляции. Например, устройство 100 м² солнечных модулей может принести около 65347 рублей в год.

Выводы

В работе проанализирована нормативно-правовая документация, использование которой способствует проведению энергетической модернизации исторических зданий в Санкт-Петербурге, а также дана количественная оценка старого жилого фонда. Кроме того, определена предварительная оценка экономии денежных средств с 1 м² солнечных модулей, срок окупаемости которых варьируется от 7,5 до 13 лет.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Higgins C., Miller A. Deep Energy Savings in Existing Buildings. ASHRAE Transactions. 2015. Vol. 121. No.1. Pp.1-15.
2. Giombini M., Pinchi E.M. Energy Functional Retrofitting of Historic Residential Buildings: The Case Study of the Historic Center of Perugia. Energy Procedia. 2015. Vol. 82. Pp. 1009-1016.
3. Blumberga A.; Blumberga D., Burinskiene M., et al. Thermal insulation alternatives of historic brick buildings in Baltic Sea Region. Energy Build. 2014. Vol. 78. Pp. 35-42.
4. El-Enein A.O., El-Rayes G., Mostafa M., Refaey M.M. Energy Efficiency in Historic Buildings: A Strategy to Increase the Sustainability of the Built Environment. Port-Said Engineering Research Journal. 2015. Vol. 19. No.1. Pp. 31-41.
5. Murgul V. Methodology to Improve Energy Efficiency of Residential Historic Buildings in St. Petersburg. MATEC Web of Conferences. 2016. Vol. 53. DOI: 10.1051/mateconf/20165301046.

6. Коршунова Е.М. Особенности жилищного фонда исторического центра Санкт-Петербурга / Микроэкономика. 2012. №3. С. 130-134.
7. Berg F., Fuglseth M. Life cycle assessment and historic buildings: energy-efficiency refurbishment versus new construction Norway. Journal of Architectural Conservation. 2018. Vol. 24. No.2. Pp. 152-167.
8. Aronova E., Murgul V., Radovanovic Z., et al. Energy-Efficient Modernization of the Nobel's Mansion in Saint Petersburg: Solar Energy Supply Potential. Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 725-726. Pp. 1-8.
9. Распоряжение Минприроды России от 16.04.2015 №15-р «Об утверждении методических рекомендаций по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах РФ [Электронный источник] / http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_256422/ (Дата обращения: 01.04.2021).

UDC 691.12

Sh. Mishra, A.F. Aminov, M.V. Romanov
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

SUITABILITY OF USING STRAW BALE IN CONSTRUCTION AS AN ECONOMICAL ALTERNATIVE

According to Food and Agricultural Organization of United Nations (FAO), more than 700 million tons of rice has been produced each year in the last decade, as a result we get a byproduct in the form of straw bales which is almost equal to the amount of rice produced [1]. In this paper we have made an economic comparison between a load bearing wall constructed with traditional materials like cement, bricks etc. and its counterpart built by using straw bales. In this way we saw a cost saving of around 35-45% in the total construction cost and in the long run some other savings regarding total energy consumption.

Agriculture around the world has so many challenges, one of which is that farmers have to fight with the problems of remains of their harvest. Most of the remains are used as fodder but Rice straw isn't suitable to feed cattle's in all the seasons so, more than fifty percent of it is burnt as it can't decompose quickly which results in the production of carbon monoxide. So, the alternative that is being suggested is to use it as building material. We have proof from the history where it had been used in roofs and walls of the building which shows that it can last many decades if taken care of [2]. In order to get the best result as a construction material, straw bales must be dried with a moisture content below 20% of the total weight of the bale [3]. It has to be free from seeds, else it can attract insects and rodents, and must be compact so as to remain stiff when loads are applied.

We have considered Load bearing structure commonly known as Nebraska style.

A case study based on a comparison between straw bale load bearing walls versus clay brick walls: The motive behind this case study is to analyze the cost and economics behind building a unit in Indian conditions by using straw bales and compare it with construction done with clay bricks. The prices are in Ruble (1Rs = ~1 Ruble) [4]. The dimensions of 3,5×4×3 m (height) has been chosen with walls being load bearing with one floor. In case of straw bale unit plain concrete foundation has been used, while in case of clay brick unit reinforced concrete foundation has been used.

Description of the load bearing units. Clay brick unit: a) the standard dimension of a clay brick is 19×9×9 cm; b) q slab of 15 cm thickness of reinforced concrete with four beams on all the four sides with a size of 22,5×22,5 cm; c) the foundation has a reinforced concrete beam of dimensions 22,5×22,5 cm. Cost analysis of clay brick unit has been done in table 1.

Straw bale unit: a) the standard compressed straw bale unit is used which has 1,0 m length, 0,5 m width and 0,4 m of depth; b) the roof is designed with wood with main beam which is longitudinal and transversal beam has same dimensions of 6,5×10 cm. And on the top of these beams a plywood board is used with 3,2 cm of thickness; c) the foundation has plain concrete beams of dimensions 50×50 cm. Cost analysis of straw bale unit has been done in table 2.

Table 1 – Cost analysis of clay brick unit

S. No.	Type of work	Dimension			Volume, m ³	Cost			
		Length, m	Width, m	Height, m		Number	Material	Cost details (in Ruble)	Total Cost (in Ruble)
1	Surface of the building	3,5×4×3				1000	Clay Bricks	10000	2920×42 = 122640
						5 bags	Cement	1650	
						1 m ³	Sand	9000	
							Labour	3000	
						Total Cost per m ² = 2920			
2	Reinforce Concrete (Slab and Beam)	3,5	4	0,15	2,1	1 m ³	Coarse Aggregate	5000	12450×2,1 = 26145
						100 kg/m ³	Steel	4800	
						1 m ³	Cement	496881	
							Labour	800	
							Ratio is 1:2:4		
							The price of RCC per cubic meter = 2450		
	Reinforce Concrete (Foundation)	3,5×2	0,225	0,225	0,354				12450×0,7643 = 9515,535
		4×2	0,225	0,225	0,41				
Total Cost for using clay bricks as bearing walls of dimension (3,5×4×3 m)								158300,5	

Table 2 – Cost analysis of straw bale unit

S. No.	Type of work	Dimension			Total			
		Length, m	Width, m	Height, m		Unit	Cost (in Ruble)	
1	Rice Straw Bale in walls	4×3×[2 walls] = 24 m ²			45 m ²	Dimension of one straw bale = 1×0,5×0,4 m		
		3,5×3×[2 walls] = 21 m ²				Number of bales required for walls = 45/0,5 = 90 units.		
	Cost Calculation for straw bales					Unit	Cost (in Ruble)	10550
		Compressed bale + Transportation of unit bale				1	50	
		Compressed bale + Transportation of unit bale				90	4500	
Cost of steel mesh				45×2×45	4050			
Miscellaneous Cost				P 2000				
2	Cost of Timber roof	Type of support = Load bearing						
		Length, m	Width, m	Height, m				
		3,5	4	0,4				
		Cost of wooden beams				Longitudinal	14700	41500
						Transverse	8800	
Cost of four plywood boards				8000				
Labour Charge				10000				
3	Cost of Plain Concrete Foundation	Length, m	Width, m	Height, m	Volume, m ²			
		4×[2walls]	0,5	0,5	2,0		26250	
	3,5×[2walls]	0,5	0,5	1,75				
Total Cost of Plain Concrete						3,75×7000 = 26250		
Total Cost of Construction of dimension (3,5×4×3 m)								P78300

Cost Analysis

a) *Clay bricks*: 1000 clay bricks is equal Ruble 10000, 1 bag of cement (50 kg) is equal 330 Rubles. We used 5 bags of Cement is equal 1650 Rubles, 1 m³ of sand is equal 9000 Rubles, Labor charge is equal 3000 Rubles. Total charge is equal Ruble 23650 1000 bricks of dimension 19×9×9 cm are equivalent to 8,1 m² when the wall thickness is 19 cm. So, The clay brick wall per square meter is equal 2920 Rubles (max).

b) *Reinforced concrete*: Cost of 1 m³ of coarse aggregate is equal 5000 Rubles. Currently, cost of 1 ton of steel in Indian market is equal 44000 Rubles. It took almost 100 kg of steel in 1 m³ of concrete. So, 100 kg steel is equal 4800 Rubles. We considered M15 grade of concrete and according to standards the concrete mixture should be in the ratio 1:2:4 (cement:sand: coarse aggregate) [5]. 1 m³ of cement is almost equal to 1505,74 kg. So, in 1 m³ of concrete there is 0,14 m³ of cement, 0,29 m³ of sand and 0,57 m³ of coarse aggregate. Labor charge is equal 800 Rubles.

So, the price for reinforcement concrete per cubic meter is equal Rubles 12450.

c) *Plain concrete*: We considered the simplest kind of mix i.e. 1:2:4. So, in 1m³ of plain concrete there is 0,14 m³ of cement, 0,29 m³ of sand and 0,57 m³ of coarse aggregate. Labor charge is equal 1000 Rubles. So, the price for plain concrete per cubic meter is equal 7000 Rubles.

d) *Straw bale unit*: It's not very widely used as a construction material but with some references and articles we concluded that, compression and transportation of each bale is equal 50 Rubles.

e) *Cost of steel Mesh*: The approximate cost for the steel mesh per square meter is equal 30 Rubles, Labor charge per square meter is almost equal to 15 Rubles. So, total cost of steel mesh is equal approx. Rubles 45-50/m².

f) *Cost of timber roofing*: Dimension of wooden longitudinal beam is equal 6.5×10 cm. Cost for every 0,5 m is equal approx. 2100 Rubles. Dimension of wooden transverse beam is equal 6,5×10 cm. Cost every 0.5m is equal approx. 1100 Rubles. We used 4 waterproof plywood boards of thickness 3,2 cm. Dimension of each board is equal (2,44×1,23 m). Cost, of 4 boards is equal 8000 Rubles (max). Labor charge is equal 10000 Rubles.

Direct and Indirect Cost Saving when we use straw bales in construction: The direct cost saving for the construction area of 3,5×4×3 m of 1 floor building with load bearing wall is known from table 1 and 2 which is equal 80000,535 Rubles.

Above result concludes that we can have a saving of around 50% if we construct our building using straw bales. And this is completely excluding indirect savings.

Conclusion

1. Straw bales should be considered as a great construction material with a tremendous amount of potential in the future, which can generate huge profit.

2. As a result of burning we can literally see and feel air pollution in and around the capital city of India, which results in other health issues, which must be checked.

3. Straw bales can be great material as it has great life cycle if taken care.

4. In this paper we have showed a direct cost saving of around 50% in comparison to traditional material.

REFERENCES:

1. Information on <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>
2. Information on foodforest.com
3. Goodhew S., Griffiths R., Woolley T. An investigation of the moisture content in the walls of a straw-bale building, *Building and Environment* 34 (2004), pp. 1443-1451
4. Information on <https://www.google.com/finance>
5. Information on pmaygis.gov.in

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛОГО МОДУЛЯ
НОВОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «ВОСТОК»

Целью работы является анализ энергопотребления жилого модуля новой антарктической станции «Восток» и разработка предложений по повышению его энергоэффективности.

Для достижения заявленной цели поставлен и решен ряд задач. Оценены метеорологические характеристики района строительства, проведен анализ проекта новой станции «Восток», составлен энергетический паспорт, на основе опыта строительства в условиях Антарктиды и Арктики, с учетом метеорологических характеристик местности подобраны альтернативные энергоэффективные конструктивные и объемно-планировочные решения. Данные энергоэффективные меры необходимы для максимального уменьшения удельной потребности в тепловой энергии на отопление здания. В перспективе рассматривается частичное замещение энергетических установок на основе дизель генератора на установки с использованием возобновляемых источников энергии [1]. В качестве объекта исследования был выбран жилой модуль В станции «Восток» (рис. 1).

С точки зрения объемно-планировочного решения модуль В имеет простую структуру и представляет собой прямоугольный в плане объем с размерами в осях 12-25 и А-Д 32 040 м x 12 190 мм (рис. 2). Высота блока 17,47 м, что составляет 4 этажа здания, наименьшей единицей из которых является металлический контейнерный модуль. Данная структура опирается на фундаментный стол. Несущими элементами контейнеров являются стоечно-балочная система, выполненная из стальных швеллеров, выполненных из стали 09Г2С категории 3. Фундаментный стол переопирается на опоры. Модуль В имеет десять опор, оснащенных электровинтовыми домкратами, это позволяет при необходимости поднимать здание, что весьма эффективно в условиях Антарктиды, так как защищает здание от снежных заносов.

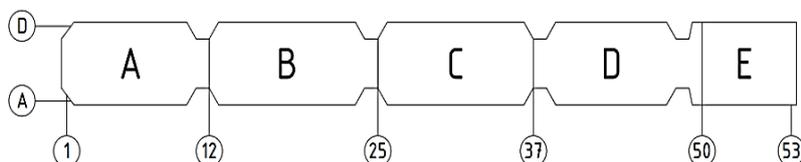


Рис. 1. Схема расположения блоков новой Антарктической станции «Восток»



Рис. 2. Новая станция «Восток».
Монтаж в г. Гатчина 2020 г.

Форма модуля имеет скосы, что также способствует защите от снежных заносов (рис. 3). Между собой модули соединены переходами, выполненными в виде тамбуров.

Стены станции представляют собой сложную систему утепления: каждый отдельный модуль по периметру изнутри утепляется двумя слоями минераловатного утеплителя, заполняющего все пустоты в конструкции модуля, и единого утепления снаружи всех блоков тремя слоями минераловатного утеплителя

Rockwool. Суммарная толщина наружных стен 650 мм (рис. 4). Утепление покрытий и перекрытий составляет 720 мм. Стены с наружной стороны облицованы фасадными панелями, с внутренней – негорючие стекломатные листы. В стенах имеются оконные и дверные проемы, выполненные посредством устройства конструктивных проемов в контейнерах.

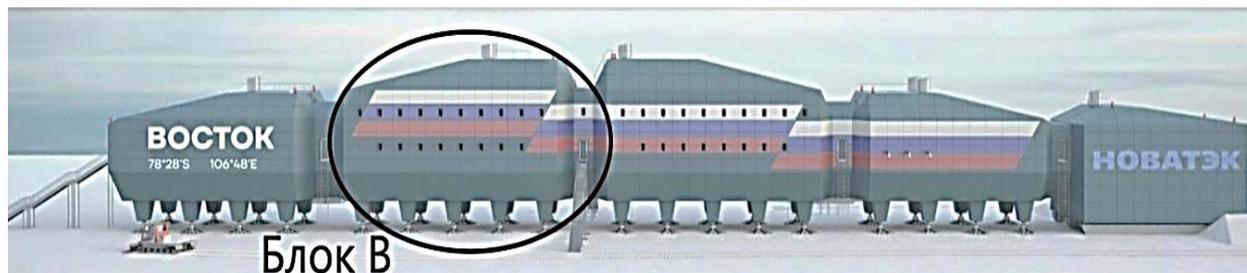


Рис. 3. Главный фасад новой станции «Восток»

Модуль В расходует наибольшее количество энергии в сравнении с другими модулями новой станции «Восток». На основании энергетического паспорта [2], удельная потребность в тепловой энергии на отопление здания составляет $953,8 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2/\text{год}$, что в несколько раз превосходит нормируемую.

При составлении энергетического паспорта были рассчитаны следующие параметры:

- коэффициент остекления фасада здания составил 0,03;
- показатель компактности здания – 0,59;
- приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений:
 - для стен – $13,47 \text{ м}^2\cdot\text{°C}/\text{Вт}$ [3];
 - для перекрытий – $15,48 \text{ м}^2\cdot\text{°C}/\text{Вт}$;
 - для окон – $0,54 \text{ м}^2\cdot\text{°C}/\text{Вт}$;
- общий коэффициент теплопередачи здания составил 1,093.

На основании составленного энергетического паспорта, анализа-объемно планировочных решений, а также объектов-аналогов сделаны выводы:

- показатель компактности здания 0,59 превышает нормируемый 0,43, так как выбрана прямоугольная в плане форма здания. Однако никаких изменений вносить не следует, так как наилучшая форма здания в плане компактности – в виде сферы [4] имела неудачный опыт эксплуатации на станции Амундсен-Скотт [5], а также не позволяет оптимально разместить солнечные панели на здании;
- сопротивление теплопередаче соответствует нормируемому, но необходимо изменить состав утеплителя стен и перекрытий для его увеличения и сокращения потребности в тепловой энергии;
- необходимо произвести замену двухкамерного стеклопакета на трехкамерный с большим сопротивлением теплопередаче;
- площадь остекления оставить прежней, она во много раз меньше нормируемой 0,25 и полностью соответствует требованиям энергоэффективности для данной местности
- в дальнейшем изменить угол скосов модуля в соответствии с необходимым углом для установки солнечных панелей;
- заменить наружные лестницы на лестницы с внутренним исполнением по типу станции Хуан Карлос I [6].

В качестве альтернативного утеплителя предлагается использовать комбинированную схему из минеральной ваты Rockwool и аэрогеля. На рис. 4 и 5 представлены исходная и предлагаемая схема утепления на примере стен.

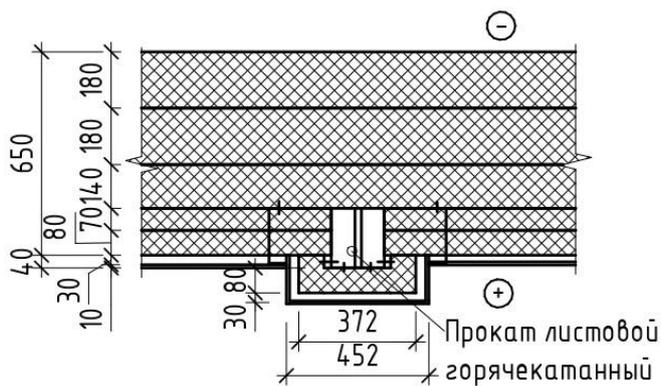


Рис. 4. Исходная схема утепления стен модуля В

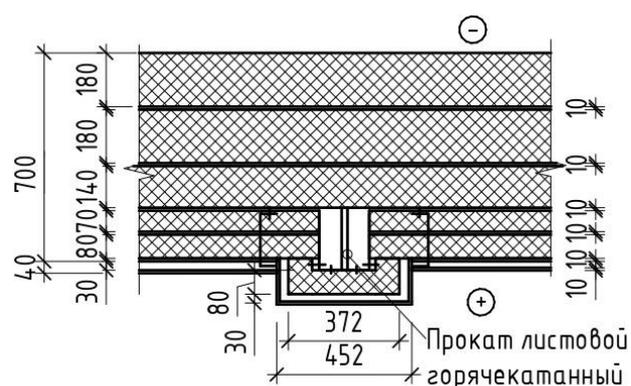


Рис. 5. Предлагаемая схема утепления стен модуля В

Выводы:

1. Проведен расчет энергетического паспорта модуля, показавший, что удельная потребность в тепловой энергии на отопление здания составляет $953,8 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2/\text{год}$, что выше нормируемой и требует дополнительных энергосберегающих мероприятий.

2. В результате внедрения мероприятий удалось сократить общий коэффициент теплопередачи здания до 1,082, тем самым были снижены общие теплопотери через ограждающую оболочку здания за отопительный период с 982 497,5 до 972 580 кВт·ч/год.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Елистратов В.В., Аверьянов В.К., Мележик А.А. Повышение энергоэффективности зданий в северных условиях за счет использования возобновляемых источников энергии. Мат-лы Междунар. форума «Возобновляемая энергетика: Пути повышения энергетической и экономической эффективности REENFOR-2014». М.: ОИВТ РАН. 2014, с. 146-151
2. Приказ Минэнерго России от 30.06.2014 N 400 (ред. от 13.01.2016) Об утверждении требований к проведению энергетического обследования и его результатам и правил направления копий энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования
3. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с изменением)
4. Калинина Н.Д., Шуватова И.А. Поиск оптимального подхода к повышению энергоэффективности зданий крайнего севера / II Междунар. научно-техн. конф.. Секция молодых ученых Сб. трудов: Изд-во БГТУ. 2017.
5. Амундсен-Скотт <https://ru.wikipedia.org/wiki/Амундсен-Скотт> (дата обращения 20.03.2020).
6. Juan Carlos I Antarctic Base / <https://www.bornay.com/en/cms/juan-carlos-i-antarctic-base> (дата обращения 20.03.2020).

UDC 620.91

E.A. Lebedev, V.V. Elistratov
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

ASSESSMENT OF SOLAR ENERGY INFLUX ON VERTICAL AND INCLINED SURFACE OF A BUILDING IN URBAN CONDITIONS

Every day, modern society pays more and more attention to the negative effect of using traditional energy sources, which raises the question of options for using alternative energy sources. One of them is the integration of renewable energy systems into the building to improve energy efficiency and offset some of the energy costs. In an urban environment, the most applicable source are facade solar systems in view of the ease of integration, architectural attractiveness, lack of impact on the surrounding buildings and the comfort of people operating the building [1, 2].

The purpose of the work is to determine the most effective configuration of facade solar photovoltaic systems in urban development, to calculate the efficiency of the system.

The object of the research is the business center "Raduga", located at the address of St. Petersburg, st. Kantemirovskaya, 12 with average monthly energy consumption 180.000 kWh. A facade solar PV system, each panel with a size of 900x1700 mm, with a total surface area of the panels of 654 m² (fig. 1), was taken as a surface for calculating the amount of incoming energy. The efficiency of "Hevel" panels is taken equal to 23,5%. The panels were placed at 90° (vertical placement), 75° and 60° to compare the energy input. The panels are located on the southern facade from the 7th to the 20th floor (+30.400-78.000 m in the Baltic system of heights). The research was carried out in Autodesk Insight software. To take into account the influence of the surrounding buildings on the density of solar radiation, a plot was modeled at the location of the business center with dimensions of 800x600 m. The heights of the surrounding buildings are consistent with Google Earth satellite imagery. The influence of weather conditions is taken into account in the Insight software by random distribution of days with a proportionally reduced value of the solar radiation density in accordance with the average number of cloudy days during the year in the region under consideration.

To compare the annual arrival of solar energy on the surface of the panels at different angles, the date range was chosen from 01.01.2021 to 31.12.2021 with a frame rate of 1 hour. The study period is set in accordance with the time of sunrise and sunset on each of the days taken into account in the analysis. Based on the analysis results, a heat map of solar radiation density was generated (fig. 2).

Angle	Average insolation, kWh/m ²	Max insolation, kWh/m ²	Annual insolation, kWh
90°	712	815	465 942
75°	768	951	501 837
60°	788	1117	513 604

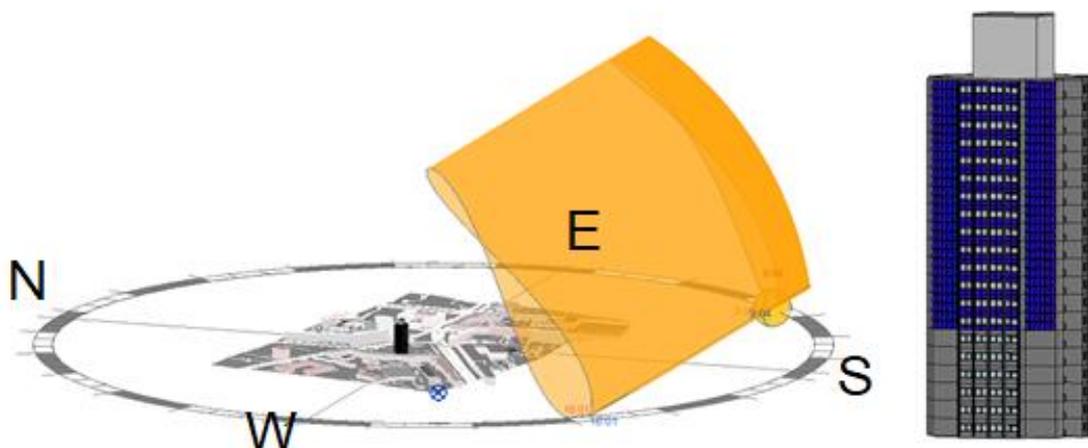


Fig. 1. Object of study

According to the results, it can be concluded that by applying inclined panels system has a less uniform distribution of the density of the incident radiation, in connection with which there are obvious shadow areas on the panels. Also, as a result of changing the angle by 30° relative to the vertical position, the system gains an increase in annual energy production in the amount of 10%.

For a clearer understanding of the distribution of the amount of energy received, the calculation of system configurations was carried out for each month of 2021. Based on the calculation results, a graph of monthly changes in the arrival of solar energy was formed (fig. 3).

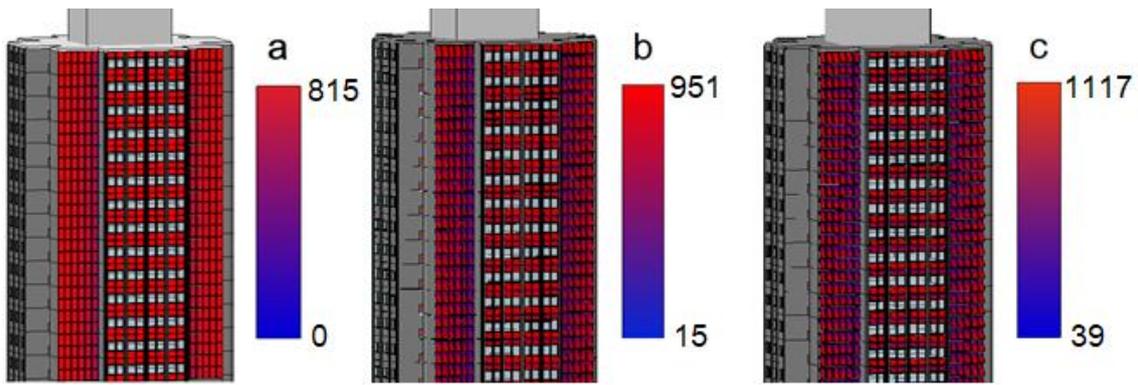


Fig. 2. Heatmap of panel configuration: $a - 90^\circ$, $b - 75^\circ$, $c - 60^\circ$

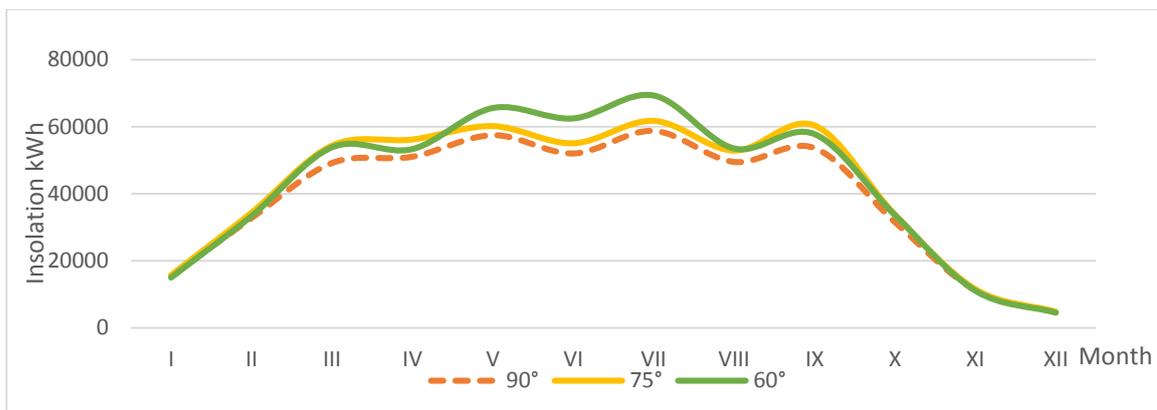


Fig. 3. Change in the income at variously oriented sites throughout the year

According to the results of the analysis, a significant increase in energy was noted in March – September: in total, in the 7 listed months, about 80% of the energy is supplied. This is due to an increase in the amount of incoming solar radiation on the surface of the earth and the panel in the region under consideration. Despite the fact that June has the biggest solar activity [2, 3], the rate of generated energy in this month is not the highest due to the fact that in May and July the angle between the panels and the sun's rays is closer to normal [4].

The most difference between the vertical position and the slope of 60° is observed in June: about 20%, while in the winter period of the year the maximum difference was 5%. Thus, the results show an increase in the summer period of the year and minor differences during the winter period.

In view of the fact that the solar panel system is designed to provide energy supply to one of the engineering systems, an increase in the income of solar radiation on the panels in the summer months is not advisable, because the energy production of the solar system should be as uniform as possible throughout the year, and its increase in certain periods will not ensure uninterrupted any supplying system operation in the future [5].

As a result of the calculations performed and the use of the proposed solar modules with an average monthly consumption of the business center "Raduga" of 180.000 kWh, the use of solar panels can provide replacement of energy consumption from 0,6% in December to 7,5% in July. The average solar PV energy supply is 5%.

Conclusions

1. The annual arrival of solar energy on variously oriented surfaces of the panels is determined. According to the analysis results panels at an angle of 75° receive 7,7% more solar energy per year than vertically installed modules, panels at an angle of 60° receive 10% more.

2. For aesthetic reasons, the most suitable option is panels installed at a 90° angle, which allows the system to be used as a ventilated facade.

3. The average monthly rate of energy supply to the building due to the installation of vertically oriented panels is 5%.

REFERENCES:

1. Elistratov V., Petrov V. Design of a facade-integrated photovoltaic power supply system for buildings for the southern regions of the Russian Federation / Don Agrarian Science Bulletin, Vol. 2, № 38, 2017, pp. 51-59.
2. Elistratov V., Petrov V., Alihodzic R. Building-integrated solar systems for independent energy supply of buildings. Journal of Applied Engineering Science. 2014. Vol.12. №3. pp.233-242
3. Average Solar Radiation. Electronic resource [URL]. Access mode: <https://www.pveducation.org/pvc/drom/properties-of-sunlight/average-solar-radiation#>
4. Arpino F., Cortellessa G., Frattolillo A. Experimental and numerical assessment of photovoltaic collectors performance dependence on frame size and installation technique. Sol. Energy, 2015, 118, pp.7-19.
5. Visa I., Moldovan M., Comsit M., Neagoe M., Duta A. Facades integrated solar-thermal collectors- Challenges and solutions. Energy Procedia 2017, 112, pp.176-185.

УДК 504.75.05

Д.М. Жумалиев

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Современные условия индустриального развития Республики Казахстан сопровождаются необходимым совершенствованием электроэнергетического комплекса, в том числе с использованием возобновляемых источников энергии. Одной из основных задач в этой сфере до 2030 г. является внедрение технологий и инфраструктуры использования ветровой и солнечной энергии.

Производство электроэнергии за 9 месяцев 2020 г. в Республике Казахстан составило 77 756 млн. кВт·ч, что на 1,3% (1 021,9 млн. кВт·ч) больше, чем аналогичного периода 2019 г.

Выработка электрической энергии по типам электрических станций:

- тепловые электростанциями – 61 628,4 млн. кВт·ч, что составляет 79,3% всей производимой в Казахстане электроэнергии;
- гидроэлектростанции – 7 316,8 млн. кВт·ч, что составляет 9,4% всей производимой в электроэнергетики;
- газотурбинные электростанции – 7 037,1 млн. кВт·ч, что составляет 9,1% всей производимой электроэнергии;
- ветровые электрические станции – 739,4 млн. кВт·ч, что составляет 1,0% всей производимой электроэнергии;
- солнечные фотоэлектрические электростанции – 1 030,7 млн. кВт·ч, что составляет 1,3% всей вырабатываемой электроэнергии;
- биогазовые установки – 3,6 млн. кВт·ч, что составляет 0,005% всей производимой электроэнергии [1].

В Республике Казахстан принята Программа развития возобновляемой энергетики и нормативно-правовая база поддержки ВИЭ «Об определении расчетно-финансового центра по поддержке ВИЭ» (ППРК № 1281 от 29.11.2013 г.).

По состоянию на конец июня 2020 г. в Казахстане действует 101 объект ВИЭ, в том числе: ВЭС – 22, СЭС – 37, ГЭС – 37, БиоЭС – 5 (рис. 1).

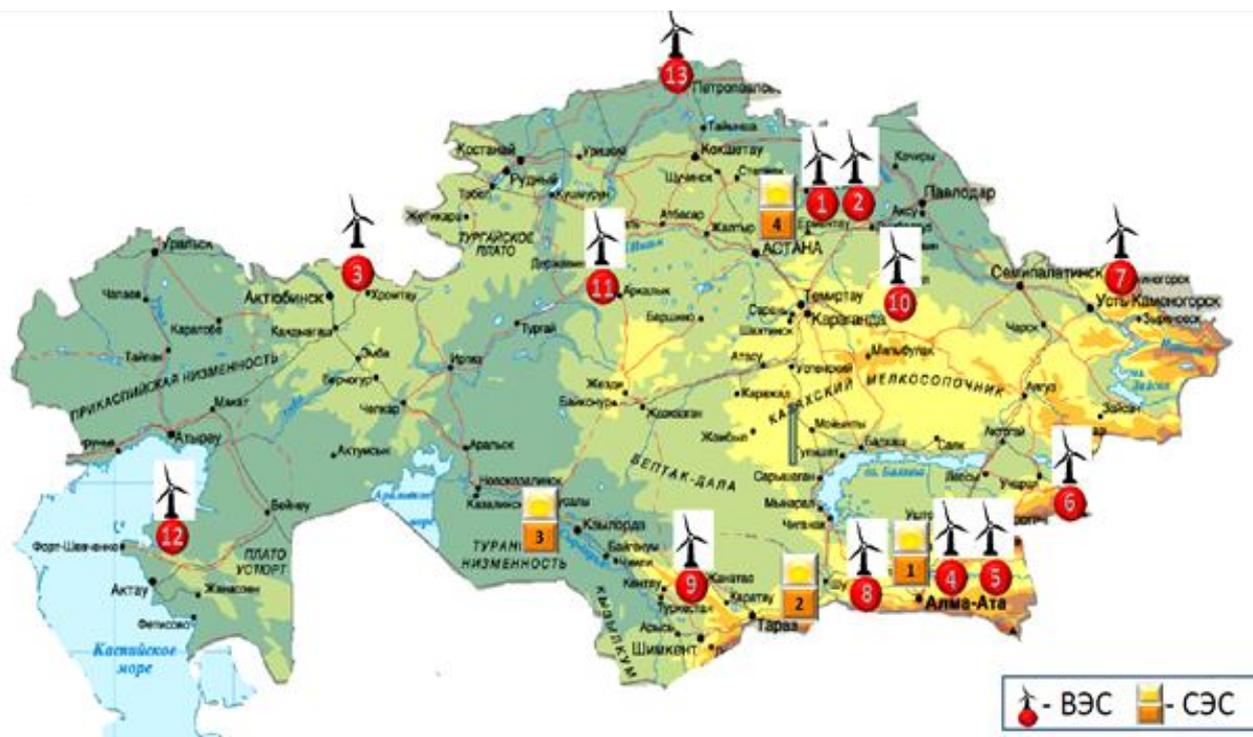


Рис. 1. Крупные объекты на основе ВИЭ Республики Казахстан

Общая установленная мощность на 1 квартал 2020 г. составила 1414 МВт, в том числе: ВЭС – 383,9 МВт; СЭС – 797,6 МВт; ГЭС – 224,6 МВт; БиоЭС – 7,82 МВт. В 2020 г. по сравнению с 2019 г. наблюдался рост производства электроэнергии на основе ВИЭ: солнечной, ветровой и биогазовой [2].

Казахстан имеет значительный потенциал для развития возобновляемых источников энергии. В большей степени это гидро-, ветро- и солнечная энергия. Ресурсный потенциал ВИЭ в Казахстане [3] представлен в (табл. 1).

В Казахстане потенциал ветровой энергии является наиболее значительным. Примерно на 50% территории Казахстана скорость ветра составляет 4-5 м/с на высоте 30 м. Наиболее высокий ветровой потенциал имеется в районе Каспийского моря – Атырауской и Мангистауской областях, а также на севере и юге Казахстана.

В Республике Казахстан принято постановление (приказ Министерства энергетики Республики Казахстан от 24 февраля 2017 г. №68 [4]), согласно которому планируется строительство ВЭС (табл. 2).

Согласно концепции перехода Республики Казахстан к «зеленой» экономике к 2030 г. планируется увеличить долю использования ВИЭ до 10% от общего объема производства электроэнергии.

Таблица 1 – Ресурсный потенциал ВИЭ в Республике Казахстан

	Валовый потенциал, млрд. кВт·ч/ год	Используемый потенциал, млн. кВт·ч/год
Ветроэнергетика	920	739,4
Солнечная энергетика	62	1 030,7
Гидроэнергетика	2,5	7 316,8

Таблица 2 – План размещения объектов ВЭС

Область, район, местоположение	Установленная мощность, МВт
Акмолинская область, Аршалынский район	256
Акмолинская область, Ерейментауский район	130
Актюбинская область, Каргалинский район	96
Восточно-Казахстанская область, Аягозский район	100
Костанайская область, Костанайский район	50
Алматинская область, Енбекшиказахский район	187
Жамбылская область, Кордайский район	76,2

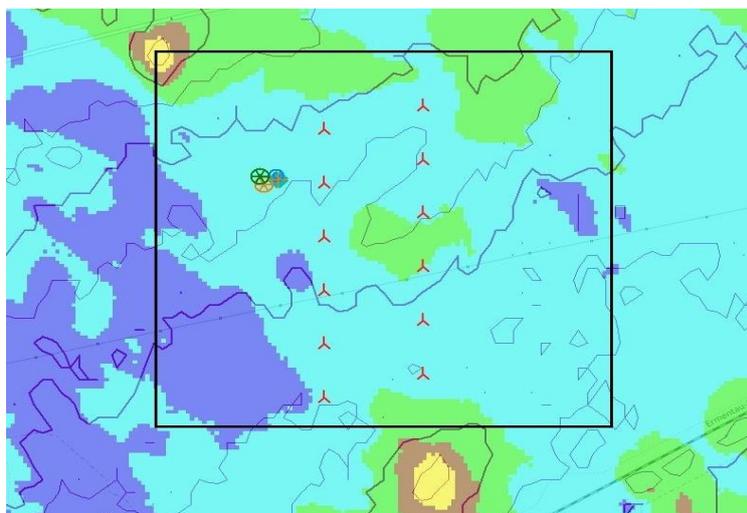


Рис. 2. Место расположения ВЭС

Для предполагаемого участка размещения ветропарка мощностью 50 МВт в Аршалынском районе, являющегося одним из наиболее выгодных для строительства в Казахстане [5], построена карта распределения среднегодовых скоростей. Среднегодовая скорость ветра на высоте 105 м в районе размещения ВЭС составляет 10,24–10,70 м/с. Построена карта распределения ветровых ресурсов на высоте 105 м и выбрано место расположения ВЭС (рис. 2).

Выводы:

1. На основе анализа состояния энергетики Казахстана определены масштабы внедрения ВИЭ мощностью 3 ГВт, в том числе ВЭС – 895 МВт.
2. В рамках ВКР была выбрана ВЭС мощностью 50 МВт в Аршалынском районе. Определен потенциал ветровой энергии на площадке для ВЭС, который составляет от 879 – до 992 Вт/м².
3. Рассчитаны параметры оптимального размещения ветропарка в программе WindPro, выбрано ВЭУ в количестве 12 единиц типа Vestas V150-4.2 MW IEC IIIВ.
4. Определена среднегодовая выработка ВЭС – 349 240 МВт·ч/год и годовое число часов использования установленной мощности ВЭС – 6236 ч.

Работа выполнена под руководством д.т.н. профессора Елистратова В.В.

ЛИТЕРАТУРА:

1. АО «Казахстанский оператор рынка электрической энергии и мощности», «Квартальные отчеты» [Электронный ресурс], – Режим доступа: https://www.korem.kz/rus/analitika/kvartalnye_otchety/.
2. Комитет по статистике МНЭ РК «Статистика энергетики и товарных рынков» [Электронный ресурс], – Режим доступа: <https://stat.gov.kz/official/industry/30/statistic/7>.
3. Руководство для инвесторов по реализации проектов возобновляемых источников энергии в Казахстане. [Электронный ресурс], Веб – сайт: <https://almaty-region.invest.gov.kz/upload/iblock/7a5/7a54b323b34a085789bbd5f5be005024d.pdf>.
4. Министерство Энергетики Республики Казахстан [Электронный ресурс], – Режим доступа: <https://www.gov.kz/memleket/entities/energo/documents/details/30018?lang=ru>.
5. Проект ПРООН/ГЭФ и Правительства Казахстана «Оценка энергосистемы для целей развития ветроэнергетики в Казахстане» [Электронный ресурс], Режим доступа: <http://libed.ru/knigi-nauka/441777-1-programma-razvitiya-oon-proekt-proon-gef-pravitelstva-kazahstana-kazahstan-iniciativa-razvitiya-rinka-vetroener.php>.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВЭС
ДЛЯ КОТТЕДЖА В НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Современные условия жизни в загрязненных мегаполисах вынуждают искать экологически чистые варианты энергоснабжения. Использование возобновляемых источников энергии в архитектуре малоэтажных жилых домов непосредственно связано с проблемой энергосбережения в жилищном строительстве [1].

В данной работе рассматриваются варианты энергообеспечения загородного коттеджа в Новосибирской области на основе использования возобновляемых источников энергии

Цель – разработка энергоэффективного загородного коттеджа и системы энергоснабжения на основе ВЭУ в условиях ограниченной климатической информации с использованием специального программного комплекса WindPRO.

В данной работе рассматривается жилой двухэтажный экокоттедж предназначенный для одной семьи, состоящей из 4-5 человек, и построенный из экологически чистых материалов, таких как газобетон и керамические блоки. Остекление южной части коттеджа позволяет использовать естественное освещение в светлое время суток и будет выполнено из стеклопакета «Heat Mirror» (тепловое зеркало), разработанного американской компанией Southwall Technologies. Данная технология разработана в Массачусетском Технологическом Институте в 70-х годах прошлого века, во времена острейшего мирового энергетического кризиса. За основу взяты новые космические технологии напыления низко эмиссионных покрытий, используемых в космической отрасли. Основной составляющей энергосберегающего стеклопакета является полимерная оптическая полиэтилентерафталатная пленка с низко эмиссионным напылением и толщиной до 0,75 мкм. Вследствие натяжения между оконными стеклами стеклопакета лишь одной такой пленки, отсекается до 70% потерь тепла, происходящего путем излучения, а также существенно уменьшается его конвекция [2].

С северной стороны предполагается создание глухой стены с буферной зоной для размещения хозяйственного оборудования, что позволит существенно снизить теплопотери дома (рис. 1). Такие проекты реализованы в Германии [3]. Солнечные лучи, попадая в здание через остекление, обуславливают нагрев помещения, при этом остекление должно быть ориентировано на юг. В качестве аккумулятора тепла используется пол и внутренние стены, выполненные из кирпича с высокой теплоёмкостью [4].



Рис. 1. Экокоттедж со стеклопакетами «HeatMirror»

Согласно нормативам потребления коммунальных услуг по электроснабжению в жилых помещениях жилых домов на территории Новосибирской области на одного человека требуется 1416 кВт·ч/чел. в год. Годовая потребляемая электроэнергия всего коттеджа составляет 7080 кВт·ч/год.

Район строительства коттеджа в Новосибирской области характеризуется отсутствием централизованного энергоснабжения. Предполагается получать электроэнергию для энергоснабжения жилого дома посредством строительства ветроэлектростанции. Для оценки потенциала ВЭР в районе строительства загородного дома используем ПО WindPRO.

Исходными данными для расчета являются: базы реанализа, основанные на спутниковых наблюдениях, определяющих параметры состояния атмосферы на геострофических высотах; метеостанция Новосибирск (Толмачево); архив погодных наблюдений за многолетний период [5].

Рассчитан ветроэнергетический потенциал предполагаемого района строительства коттеджа в Новосибирской области в условиях ограниченной климатической информации с использованием специального программного обеспечения. Ветроэнергетический потенциал площадки строительства оценивается в диапазоне 289-300 Вт/м². Среднегодовая скорость ветра находится в пределах 3-6 м/с.

При выборе ВЭУ необходимо учитывать климат Новосибирской области, характеризующийся устойчивым снежным покровом, сильными ветрами и метелями. Он значительно суровее климата районов европейского и американского континентов, находящихся на той же географической широте. Во все зимние месяцы возможны оттепели, но они кратковременные и наблюдаются не ежегодно [6, 7].

В связи с этим выбираем установку Northwind 100 Arctic, номинальной мощностью 100 кВт. Данная турбина, оснащенная лопастями с покрытием для минимизации образования льда и увеличения времени безотказной работы [8].

Помимо ВЭУ коттедж снабжен дизельным генератором FUBAG DS 68 DAC ES мощностью 50 кВт для энергоснабжения коттеджа в безветренные дни.

Выводы:

1. Использование современных передовых технологий остекления «Heat Mirror» позволит сократить тепловые потери коттеджа до 70%.

2. Выбор ВЭУ типа Northwind100 Arctic в соответствии с полученными расчетными данными для энергоснабжения коттеджа в Новосибирской области является обоснованным.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Claverton-Energy.com (2009-08-28)
2. Афанасьева О.К. Архитектура малоэтажных жилых домов с возобновляемыми источниками энергии. Дисс. работа на соис. уч. степ. канд. арх., М., 2009
3. www.oekosiedlungen.de – сайт 181 «экологических» поселковГермании, Германия, 2008
4. Лицкевич В.К. Проблемы экологичного жилища. Сб. науч. трудов. М., ЦНИИЭПжилища. 1991.
5. Архив данных по метеостанции Новосибирск (Толмачево) // [Электронный ресурс] /Режим доступа: <https://rp5.ru/>
6. Новосибирский ЦГМС-РСМЦ: Климат Новосибирска. Западно-Сибирское межрегиональное территориальное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. ГУ «Новосибирский ЦГМС-РСМЦ».
7. Полуй Б.М. Основы архитектурного формообразования в суровом климате (экологические аспекты). Уч. пособие. Новосибирск, 1989.
8. Elistratov V., Kudryasheva I. Methodology of wind-diesel power complexes parameters justification for decentralized supply of Arctic regions / Proceedings – 2018 International Ural Conference on Green Energy, UralCon 2018, 8544298, pp. 127-132.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Цель работы – разработка энергосберегающих мероприятий путём сравнения конструкции с разным типом покрытия стекол и с разным заполнением межстекольного пространства.

Для достижения цели было проведено сравнение витражной конструкции в нескольких ситуациях: использование разных типов покрытия стекол, использование различного заполнения межстекольного пространства.

Теплоэффективная архитектура дома немыслима без увеличения сопротивления теплопередачи окон, так как через них проходит от 20 до 70% всех потерь. При этом имеют значения типы остекления, виды остекленных пространств, типы теплоизоляции остекления [1].

Оконные тепловые потери здания составляют в холодный период от 30%, около 70% потерь происходит от передачи тепла отопительным приборам на оконные остекления, свободно передающие тепловую энергию. В связи с этим возникает вопрос: как уменьшить тепловые потери через оконные конструкции [2].

Одним из самых эффективных путей снижения теплопотерь является применение энергоэффективного остекления (рис. 1), теплосберегающие свойства которого во многом зависят от стекла, задерживающего тепловое излучение [3].

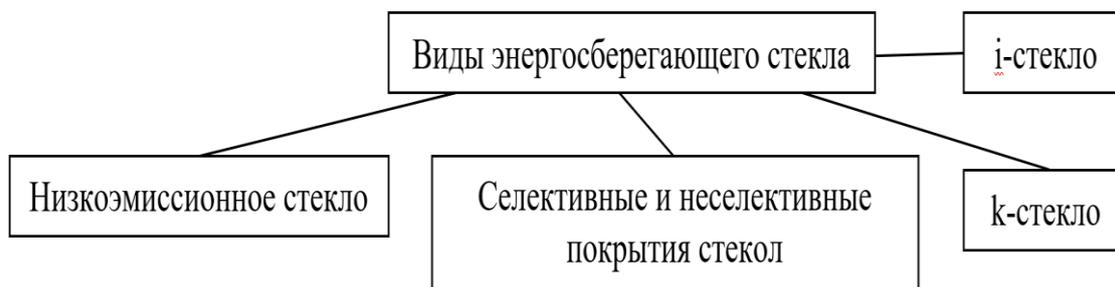


Рис. 1. Типы покрытий энергосберегающего остекления

Придание энергосберегающих свойств стеклу связано с нанесением на его поверхность низкоэмиссионных оптических покрытий, а само стекло с таким покрытием получило название низкоэмиссионного. Эти покрытия обеспечивают прохождение в помещение коротковолнового солнечного излучения, но препятствуют выходу из помещения длинноволнового теплового излучения, например, от отопительного прибора.

Солнцеотражающие покрытия делятся на две основные категории – неселективные (отражают солнечную радиацию во всем спектре солнечного излучения) и селективные (пропускают видимый свет и отражают инфракрасное излучение с длиной волны около 0,78 мкм, куда относится и тепловое излучение). Все селективные покрытия относятся к категории «мягких покрытий».

Одной из разновидностей энергосберегающих стекол является k-стекло (стекло с твердым покрытием). Такое стекло имеет покрытие на основе оксида олова – полупроводниковое покрытие. k-стекло значительно уменьшает теплопроводность окна. Стеклопакет из двух слоев такого стекла, заполненный внутри инертным газом, защитит от холода так же, как кирпичная стена толщиной в 68 см.

Следующим шагом в технологических разработках стало i-стекло (стекло с мягким покрытием). Такое стекло имеет покрытие на основе серебра, которое удерживается на стекле силами молекулярного взаимодействия. Это делается с помощью сложного и дорогостоящего оборудования в вакуумной среде; i-стекло, по сравнению с k-стеклом, обладает улучшенными показателями теплозащиты. Например, при наружной температуре $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ и температуре в помещении $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ температура на поверхности стекла внутри помещения будет у обычного стеклопакета $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, у стеклопакета с k-стеклом $+11\text{ }^{\circ}\text{C}$, а у стеклопакета с i-стеклом $+14\text{ }^{\circ}\text{C}$ [4].

Очень часто вместе с применением низкоэмиссионного стекла для улучшения теплозащиты камеры стеклопакета заполняются инертными газами – аргон, криптон, ксенон.

При выборе газа для заполнения необходимо учитывать все аспекты. Например, уровень теплоизоляции аргона значительно ниже, чем у других разновидностей газа, однако он имеет самую низкую цену и поэтому наиболее востребован (рис. 2 и 3).

Ксеноном и криптоном стеклопакеты заполняются редко, только для изготовления конструкций, требующих максимального теплоизолирующего эффекта [5].

Для сохранения свойств стеклопакета его камеры должны быть абсолютно герметичными и не допускать утечки газов.

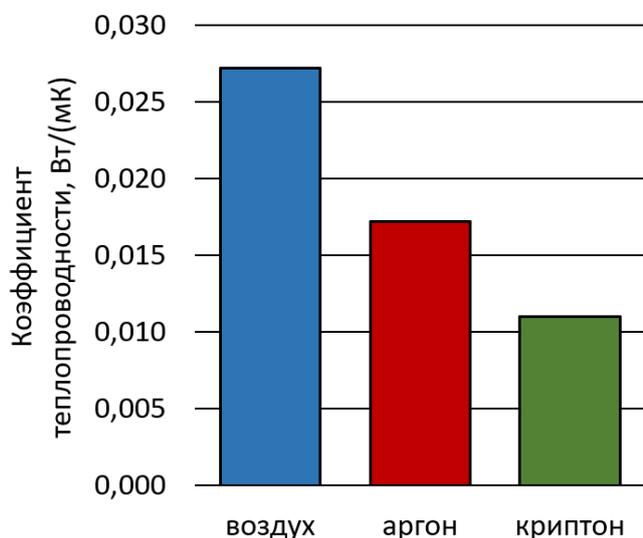


Рис. 2. Теплопроводность различных газов

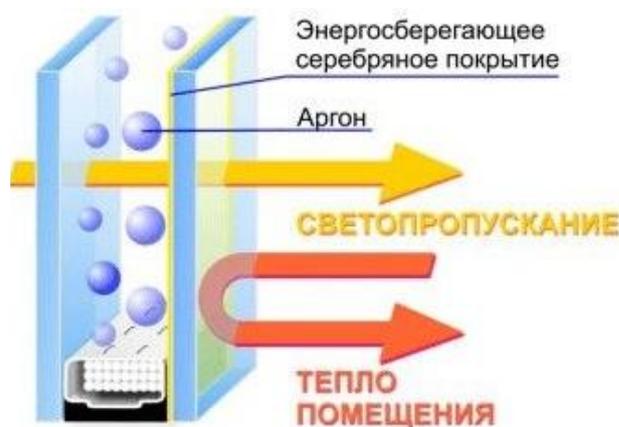


Рис. 3. Действие энергосберегающего пластикового окна

Таким образом, применение низкоэмиссионного стекла сокращает теплопотери, позволяя экономить на обогреве помещений. В частности, теплосберегающие стекла сокращают потери энергии более чем на 70% [4].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Шумаков В.О. Энергосбережение в жилищно-строительной сфере. Юго-Западный государственный университет. 2019. С. 184-188.
2. Шаяров В.Р. Низкоэмиссионное остекление. Эффективность использования. ОГУ. Оренбург. 2018. С. 120-122.
3. Морозов Р.В., Максимов Н.Э. Оценка эффективности использования низкоэмиссионного энергосберегающего остекления. Ижевский гос. техн. ун-т им. М.Т. Калашникова. 2015. С. 179-186.
4. Энергосберегающие окна / [Электронный ресурс]. <http://www.informio.ru/publications/id1984/Yenergoberegayushie-okna> (Дата обращения 28.03.2021).
5. Давлетбаев Р.Ф. Конструкции энергоэффективного остекления. Уфимский гос. нефтяной техн. ун-т. 2018. С. 216-219.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ

Целью работы является выбор наиболее экономически выгодных технологий энергоэффективности вентиляции.

Из поставленной цели вытекают следующие задачи:

- анализ оборудования (нагреватели, рекуператоры) вентсистем на энергоэффективность и определения сфер их применения;
- расчет энергопотребления высотного здания и подбор мер энергоэффективности;
- моделирование в Autodesk Insight.

Микроклимат помещений необходимо учитывать при организации офисных, жилых, складских, производственных и серверных помещениях. В общеобменных вентиляционных системах для поддержания микроклимата используются приточно-вытяжные установки, в базовый функционал которых выходит удаление отработанного воздуха, очистка приточного нагрева его до определенной температуры и параметров. Для нагрева приточного воздуха используются системы разного типа, которые подбираются исходя из значений воздухообмена и технической оснащённости объекта с целью обеспечения экономичности и полноценной работы в любое время года [1]. Системы нагрева могут различаться по способу нагрева теплоносителя: огневые, водяные, паровые, электрические.

Водяные нагреватели чаще всего используются для установки в воздуховоды квадратного или прямоугольного сечения. Нагреватель состоит из корпуса, в котором установлен контур из пластин и трубок, заполненных теплоносителем, в роли которого чаще всего выступает вода в некоторых условиях антифриз. Приточный воздух проходит через такую радиаторную батарею, забирает тепло и подается в помещение. Проходящий через теплообменник воздух должен быть предварительно очищен и не содержать веществ, способных ухудшить работы теплообменника. Водяной нагреватель является наиболее экономичным, так как устройство подключено к системе водяного отопления, и не требуется тратить энергию на дополнительный нагрев теплоносителя.

У данной системы также имеется ряд недостатков: большие габариты, сложность подведения труб с теплоносителем, сложное устройство системы изменения температуры теплоносителя. Также имеется риск обмерзания прибора при резко отрицательных температурах, так как самым распространённым теплоносителем для данной системы является вода.

Менее мощные системы вентиляции целесообразнее оснащать электрическими нагревателями. Их принцип работы основан на прохождении воздушных потоков через нагревательные элементы, обычно имеющие форму спирали. В отличие от водяных нагревателей системы контроля нагрева не требует сложного устройства, а имеют электронную систему контроля, также изменение температуры может осуществляться посредством биметаллических термовключателей. Также к преимуществам электрических нагревателей можно отнести простоту монтажа, легкий расчет требуемой мощности. Недостатками данной системы является большая инерция нагрева в спиралях накаливания и высокие затраты на эксплуатацию, которые могут выигрывать у водяных нагревателей, только в случае обслуживания небольшого помещения [2].

В системах общеобменной вентиляции с большим расходом чаще все применяются приточно-вытяжные вентиляционные установки. Совмещение оборудования двух систем в разных отсеках одной установки по мима удобства монтажа, обслуживания и автоматизации позволяет использовать систему рекуперации.

Таблица 2 – Энергетическая нагрузка с использованием рекуператоров

Показатель	Обозначение	Единица измерений	Значение показателя
Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	q	кВт·ч/(м ³ ·год)	82,14626644
		кВт·ч/(м ² ·год)	30,70062339
Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$Q_{от}^{год}$	кВт·ч/год	1151764,587
Общие теплопотери здания за отопительный период	$Q_{общ}^{год}$	кВт·ч/год	1940641,088

Выводы:

- анализ расчетов показал экономическую выгоду использования рекуператоров и систем автоматизации, а также быстрый срок их окупаемости в вентсистемах без вытяжки загрязненного воздуха;
- анализ оборудования показал сложность и дороговизну использования рекуператоров в системах с загрязненным воздухом;
- согласно результатам анализа использование роторных рекуператоров позволит сократить общие расходы теплоснабжения на отопление и вентиляцию на 45%. Срок окупаемости составит около четырех лет;
- согласно моделированию Autodesk Insight использование энергоэффективной системы вентиляции позволит сократить общие расходы на теплоснабжение на 16%.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Шарапов А.И., Мякотина Е.Ю., Пешкова А.В., Черных А.А. Экономия энергии в системах вентиляции пункта общественного питания / Энергосбережение – теория и практика: труды Девятой Междунар. школы-семинара молодых ученых и специалистов, Изд. дом МЭИ, 2018. С. 565-567.
2. Григорьева Н.А. Факторы экологичности и энергоэффективности в оценке экономической эффективности мероприятий по повышению энергоэффективности жилых зданий / Труды БГТУ. Серия 5: Экономика и управление. 2017. № 2(202). С. 80-85.
3. Быковский С.С. Обзор рекуператоров системы вентиляции / Молодежь и научно-технический прогресс: Сб. докладов XIII Междунар. научно-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Белгородский государственный технологический университет. 2020. С. 353-356.
4. Ермоц В.П. Краткий обзор рекуператоров систем вентиляции. Определение КПД рекуператоров / Точная наука. 2017. № 19. С. 9-13.
5. Гаврилястый А.В. Патент № 2487302 С2 Российская Федерация, МПК F24F 7/00. Система управления приточной вентиляционной установкой с переключателем на режим экономичного теплопотребления: № 2011134554/12; заявл. 17.08.2011; опубл. 10.07.2013

УДК 69.07

А.Д. Мельникова, К.Ю. Усанова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ ЗДАНИЕ БИЗНЕС-ЦЕНТРА С «DOUBLE SKIN» ФАСАДАМИ

Целью работы является разработка проектной документации на возведение здания бизнес-центра и оценка эффективности использования систем двойных фасадов.

Система вентилируемых фасадов может быть определена как традиционный фасад, который с внешней стороны имеет второй слой, находящийся на расстоянии от нескольких сантиметров до нескольких метров и являющийся дополнительной обшивкой. Это позволяет

воздуху циркулировать между облицовочной панелью и несущим слоем стены, что способствует улучшению влажностного состояния конструкции [1].

На основе предложенных авторами [2] новых принципов проектирования ограждающих конструкций стало возможным получить энергоэкономичные вентилируемые светопрозрачные конструкции, обеспечивающие как повышение их теплотехнических характеристик с возвратом значительной части теплового потока, ранее ушедшего в атмосферу, так и вентилирование наружным воздухом помещений через наружные ограждения, включая окна и фасады, фактически без дополнительных энергетических потерь.

На рис. 1 приведена энергоэффективная вентилируемая светопрозрачная ограждающая конструкция, практически не требующая изменений в профильных системах, здесь совмещены рамы из ПВХ профиля (одна с одинарным стеклом, вторая – со стеклопакетом), между которыми организованы основные принципы продольно-поперечной вентиляции с активной рекуперацией теплового потока за счет усиления отражения от дополнительных экранов. Это достаточно простой способ модернизации светопрозрачной конструкции, однако затратный. Тем не менее, и он окупается за незначительное время за счет резкого повышения теплотехнических характеристик окна [3].

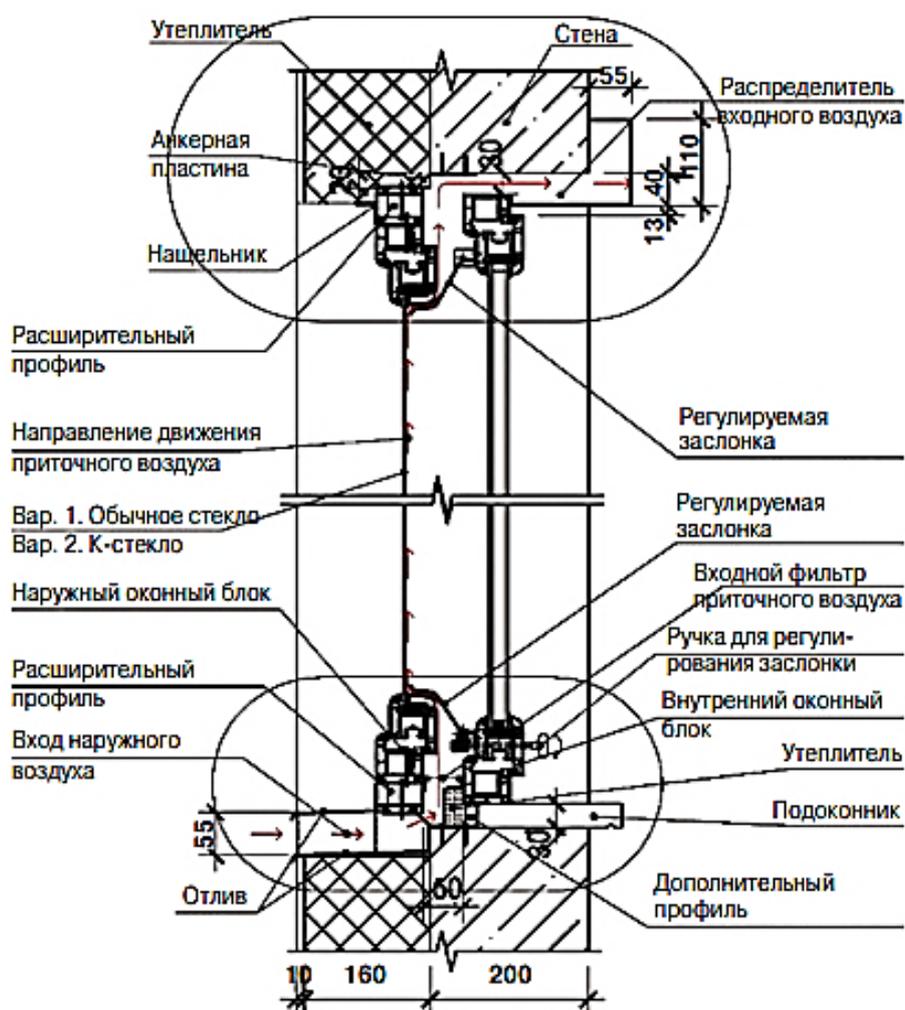


Рис. 1. Раздельный блок с использованием ПВХ-конструкций (стекло + стеклопакет)

Наблюдения испытаний конструкции двойного фасада в НИИСФ показали, что воздушная прослойка обеспечивает коэффициент приведенного сопротивления теплопередаче не более $0,3 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$. Герметичность воздушной прослойки способствует повышению в ней влажности и ее выпадению на внутреннюю поверхность внешнего слоя остекления в виде капельной влаги или наледи. Эти эффекты возникают не в критических температурных режимах, а гораздо ближе «к нулю градусов», в отличие от обычного остекления.

Высокая теплоизоляция подразумевает и защиту здания от перегрева летом. В солнечный день при температуре наружного воздуха $+28\text{°C}$, в зависимости от ориентации стеклянных фасадов температура воздуха в воздушном зазоре может достигать $40\text{--}50\text{°C}$, и минимальное охлаждение (на $5\text{--}8\text{°C}$) достигается только при 20-кратном воздухообмене [4]. Следует отметить, что именно вентиляция пространства между плоскостями двойного фасада представляет особую важность при проектировании таких конструкций.

Предложение по размещению между наружным фасадом и обслуживаемым помещением, где поддерживается оптимальный режим, промежуточной буферной зоны, не предназначенной для постоянного пребывания людей, но в которой можно разместить зимний сад, зону отдыха, является правильным для высотного здания. Параметры внутреннего воздуха в этой зоне могут отличаться от оптимальных значений с понижением температуры в холодный период и возможным ее повышением в солнечные дни в теплый период. Увеличение ширины буферной зоны, т. е. воздушной прослойки, не снижает потери тепла зданием.

Приведенный коэффициент теплопередачи двойного фасада имеет достаточно низкое значение, равное $1,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{°C})$. Кроме того, использование «тепличного» эффекта днём и снижение теплового излучения от наружной поверхности внутреннего остекления двойного фасада в ночное время обеспечивают дополнительную экономию теплоты. Даже в ранние утренние часы при температуре наружного воздуха -10°C и температуре внутреннего воздуха 21°C средняя температура внутренней поверхности двойного остекления составляет около $16,5\text{°C}$. При тех же температурных условиях в обычных фасадах с окнами, имеющими значение приведенного коэффициента теплопередачи $1,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{°C})$, температура внутренней поверхности остекления составляет $14,5\text{°C}$.

Для снижения теплопоступлений в летнее время при использовании двойных фасадов важен не только правильный выбор материалов и конструкции устройств солнцезащиты, но и их расположение во внутреннем пространстве двойного фасада. Регулируемое устройство солнцезащиты должно обдуваться потоком воздуха с боков и снизу, чтобы отводимая избыточная теплота под действием восходящих конвективных потоков «выводилась» вверх, а не проникала во внутренние помещения. Общий коэффициент проникания потока солнечной радиации через конструкцию двойного фасада составил не более $0,1$, что подтвердили натурные измерения. Такое значение показателя для фасада с одинарной оболочкой может быть достигнуто только при использовании наружных пластинчатых отражателей.

Для компенсации пиковых значений поступления тепла от солнечной радиации в зонах, примыкающих к наружным фасадам как в буферной, так и в обслуживаемой зонах, целесообразно устройство периметральных систем охлаждения, которые могут быть объединены с системой отопления применением современного оборудования типа напольных конвекторов.

Таким образом, буферная зона способна «генерировать» тепло в холодный и переходный периоды года и «сбрасывать» избыточное тепло в атмосферу при естественном проветривании без применения холодильных машин, что в свою очередь может отдать снижение почти в два раза установленной мощности холодильного оборудования.

Наиболее сложным и дорогостоящим в создании внутреннего микроклимата является обеспечение оптимальных параметров по влажности внутреннего воздуха. В холодный период года используют увлажнители, как правило, в составе приточных установок, позволяющие

повысить влагосодержание сухого наружного воздуха, подаваемого в помещение. В теплый период года при параметрах наружного воздуха, близких к расчетным, наблюдается повышенное содержание влаги. В этом случае для достижения оптимальных параметров требуется удалить избыток влаги из приточного воздуха его охлаждением до температуры 12-14 °С с последующим нагревом в калорифере второго подогрева до температуры приточного воздуха. В течение отопительного периода наружный воздух может забираться через нижние зоны фасадной конструкции [5].

В настоящее время система двойного фасада является стремительно развивающимся трендом мировой архитектуры. Этому способствует эстетическая привлекательность светопрозрачных конструкций в целом, сокращение нагрузки на тепловые сети, возможность нормирования вентиляции и улучшения звукоизоляции в шумных мегаполисах. Данные факторы значительно повышают энергоэффективность систем двойного фасада.

Выводы:

1. В холодный период более пригодны к применению узкие полости для нормирования воздушного потока и повышения температуры пространства.

2. В летний период двойные фасады должны выступать в роли экрана для притока тепла и их теплопроводности и теплоизлучения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Курицын А.О., Павлов Н.Ю., Опанасенко И.А., и др. Двойные фасады с вентилируемыми буферными зонами / *Alfabuild*. 2018. 6(7). 47-58
2. Ахмяров Т.А., Спиридонов А.В., Шубин И.Л. Энергоэффективные вентилируемые светопрозрачные и фасадные конструкции с активной рекуперацией теплового потока / *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 2015. № 7-8. С. 32-37.
3. Ахмяров Т.А., Спиридонов А.В., Шубин И.Л. Принципы проектирования и оценки наружных ограждающих конструкций с использованием современных технологий «активного» энергосбережения и рекуперации теплового потока / *Жилищное строительство*. 2014. № 6. С. 8–13.
4. Шеховцов А.В., Пантюхов Н.А. Двойные стеклянные фасады / *Строительные науки. Строительная теплофизика и энергосбережение*. 2009. №5 С. 404-405.
5. Мамутов Ф., Немова Д.В., Колесник И.М. Энергоэффективность фасадных систем с буферными зонами / *Инженерно-строительный журнал*. 2017.

УДК 697.329

Г.К. Баженов, О.В. Аверьянова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРИМЕНЯЕМОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ХЛАДОНОВ В СИСТЕМАХ С УТИЛИЗАЦИЕЙ ТЕПЛОТЫ И ИХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Цель работы – обоснование применения различных хладагентов в теплонасосных установках на примере наиболее популярных хладон.

В работах [1, 2] рассмотрено использование теплонасосных установок на территории Российской Федерации. Оценка энергоэффективности систем с тепловым насосом в этих работах производилась с помощью коэффициента преобразования (теплового коэффициента):

$$\mu = Q/N,$$

где μ – коэффициент преобразования (тепловой коэффициент), Q – полученная теплота с поверхности конденсатора, Вт; N – затраченная электрическая энергия на работу компрессора, Вт.

На первом этапе теоретических исследований можно принять коэффициент μ за меру энергоэффективности теплонасосной установки, однако, он не учитывает неизбежных потерь неупорядоченной энергии (теплоты) в контуре системы. Наиболее точным методом расчета

можно считать эксергетический подход, который вводит в рассмотрение эксергию – работоспособность тепла:

$$E_q = Q\tau_q,$$

где E_q – эксергия, Q – теплота, полученная с теплового насоса, τ_q – коэффициент работоспособности.

Коэффициент работоспособности показывает, какое количество работы может произвести данное количество энергии.

Для упорядоченной энергии (электричество):

$$\tau_q = 1.$$

Для неупорядоченной энергии (теплота):

$$\tau_q = (T - T_{oc})/T = 1 - T_{oc}/T,$$

где T – температура теплоносителя, К; T_{oc} – температура окружающей среды, К.

Таким образом, на эффективность тепловой машины влияет то, в каком диапазоне температур она работает [3, 4].

Для повышения эффективности работы теплового насоса (улучшения съема теплоты с поверхности конденсатора) необходимо уменьшать либо температуру окружающей среды, либо увеличивать температуру теплоносителя в контуре. Однако, хладоны – легкокипящие жидкости, и изменение температуры, а значит и давления в контуре критично повлияет на холодильный цикл. Следовательно, задача выбора подходящего хладона для повышения энергоэффективности актуальна и требует решения. К тому же, разные хладоны работают при разных давлениях и температурах, что создает необходимость грамотного расчета и усложняет подбор необходимого хладагента [4-6].

Выбирая путь повышения энергоэффективности теплового насоса увеличением температуры теплоносителя, приходим к необходимости определить зависимость температуры от давления у существующих хладагентов, применяемых в бытовых и промышленных теплонасосных установках. В табл. 1 приведены зависимости давления хладона от его температуры. Расчетные значения получены с помощью программы Solkane 6.0.

По данным таблицы построен график (рис. 1).

Таблица 1 – Хладоны и их теплофизические характеристики

R134a		R404a		R410a		R407C		R152a		R32	
T	P	T	P								
-15	1,64	-15	3,69	-15	4,82	-15	3,38	-15	1,49	-15	4,88
-10	2,01	-10	4,39	-10	5,75	-10	4,05	-10	1,81	-10	5,83
-5	2,43	-5	5,19	-5	6,81	-5	4,81	-5	2,2	-5	6,91
0	2,93	0	6,1	0	8,01	0	5,68	0	2,64	0	8,13
5	3,5	5	7,13	5	9,36	5	6,66	5	3,15	5	9,51
10	4,15	10	8,27	10	10,88	10	7,76	10	3,73	10	11,07
15	4,88	15	9,55	15	12,58	15	9	15	4,39	15	12,81
20	5,72	20	10,97	20	14,48	20	10,38	20	5,13	20	14,74
25	6,65	25	12,55	25	16,57	25	11,9	25	5,96	25	16,89
30	7,7	30	14,28	30	18,89	30	13,59	30	6,9	30	19,27
35	8,87	35	16,19	35	21,45	35	15,45	35	7,94	35	21,9
40	10,17	40	18,29	40	24,26	40	17,49	40	9,09	40	24,78
45	11,6	45	20,59	45	27,34	45	19,72	45	10,37	45	27,84
50	13,18	50	23,11	50	30,71	50	22,16	50	11,77	50	31,41
55	14,92	55	25,85	55	34,39	55	24,81	55	13,32	55	35,2

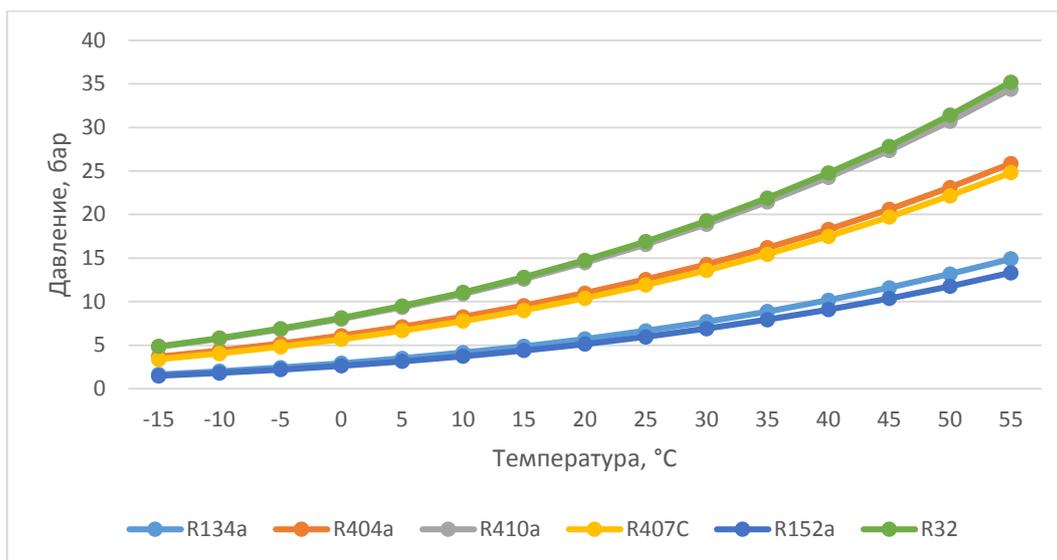


Рис. 1. Зависимость давления хладагентов от температуры

Из рис. 1 видно, что хладагенты R134a и R152a схожи по характеристикам, однако R152a не применяется в чистом виде, поскольку сильно горюч. Также схожи по характеристикам хладагенты R404a и R407C, которые можно рассматривать в дальнейших исследованиях. Для работы хладагентов R32 и R410a требуется повышенное давление, что увеличивает стоимость конструкции системы теплового насоса, поэтому их применение целесообразно только в мощных холодильных установках. В последнее время наблюдается повышенное внимание к хладагенту R32 ввиду его хороших характеристик и меньшей вредности в отличие от R410a. Для дальнейших расчетов были выбраны следующие хладагенты: R134a; R404a; R32.

Также существенную роль в выборе хладагента влияет его цена, совместимость с различными видами масел (минеральные и синтетические), экологические требования, изотропность (состав хладагента из однородного вещества или смеси разных хладагентов).

Выводы:

- рассмотрены способы оценки эффективности установок с утилизацией теплоты;
- приведены и проанализированы зависимости давления от температуры для разных хладагентов;
- определены некоторые перспективные хладагенты для дальнейших расчетов;
- показаны факторы, влияющие на выбор хладагента.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Аверьянова О.В. Методика определения энергоэффективности внутренних инженерных сетей с единым контуром теплонасосных установок / Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции: Сб. докл. VII Междунар. научно-техн. конф., 08 ноября 2018 г. М. 2019. С. 141-149
2. Шураваина Д.М., Фокина Н.Б., Аверьянова О.В. Парокомпрессионные тепловые насосы как энергоэффективные устройства преобразования теплоты / Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 10(15). С. 62-76.
3. Соколов Е.Я., Бродянский В.М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения, М.: Энергоиздат, 1981.
4. Бродянский В.М. Эксергетический метод термодинамического анализа. М.: Энергия, 1973.
5. Аверьянова О.В. Экономическая эффективность энергосберегающих мероприятий / Инженерно-строительный журнал. 2011. № 5(23). С. 53-59.
6. Аверьянова О.В., Куколев М.И. Расчёт годового энергопотребления крупного объекта с тепловыми насосами, включёнными в единый контур / Сантехника, Отопление, Кондиционирование. 2018. № 6(198). С. 70-74.

ENERGY SUPPLY OF COUNTRY HOUSE USING RENEWABLE ENERGY SOURCES

The purpose of the work is to study and analyze energy supply systems for a private residential building using renewable energy sources (RES) [1].

Currently, the main way of providing heat and energy to private houses is centralized energy supply. According to the recommendations for the cottages and country houses design [2], it is assumed that the average living area of a house for a family of 4 people is 108 m².

The basis of energy consumption in a private house is space heating during the heating season, water heating and electricity consumption throughout the year.

In accordance with the order of the Committee on Tariffs of St. Petersburg [3], the following standards for the consumption of utilities per person per month were established: electricity supply in apartment buildings and residential buildings – 59 kWh, heating – 0.0203 GCal = 23,61 kW per 1 m² of total living space, hot water supply – 3,48 m³.

Calculations showed that for a family of 4 in a private house with electric stoves in the presence of 4 or more rooms, electricity consumption will be 2,832 kWh, for heat supply 21 292 kWh (18,3 GCal) for water heating 11 693 kWh

In accordance with the order of the Committee on Tariffs of St. Petersburg for the population living in urban settlements in houses equipped in accordance with the established procedure with stationary electric stoves and (or) electric heating installations [3], the following tariffs have been adopted for: electricity 4,82 rubles/kWh, heat energy 1818,29 rubles/Gcal (including value added tax) and hot water 109 rubles/m³ (in the work, the volume of consumed water is assumed to be 167,04 m³). Calculations have shown that the total annual costs for all types of energy consumed for an individual family of 4 people will amount to 65 132,30 rubles.

Solar panels from Helios House were selected for power supply as the most suitable in terms of price, quality and performance, costing 10 thousand rubles per unit [4]. With an area of 1 m², Helios House solar panels produce 191,6 kWh of energy per year. The size of the panels used in the work is taken equal to 1,28 m² (fig.1 and 2).

For heating a private residential building, heat pumps, boilers for liquid fuel or gas, electric boilers, as well as hydrogen boilers operating on electrolysis are used [5].

Table 1 – Comparative assessment of the energy efficiency of heating devices

Heating type energy	Efficiency,%
Heat pump	63
Oil or gas boiler	86
Electric boiler	96
Hydrogen boiler	96*

*a hydrogen boiler powered by a Meyer's fuel cell.



Fig. 1. Cottage equipped with solar panels



Fig. 2. Helios House solar panel

Thus, the most efficient are electric and hydrogen boilers.

The most advantageous in terms of price, quality and productivity is the STAR-2000 hydrogen boiler (fig. 3), which costs 260 thousand rubles [6]. With a consumption of 1,1 l/h and an energy consumption of 3,3 kWh, this boiler produces up to 7 kWh of energy per hour. Rooftop solar panels are designed to generate energy for a hydrogen boiler and used for heating and water heating.



Fig. 3. STAR-2000

Calculations show that in order to produce the required amount of energy for heat supply and hot water supply, the boiler must work up to 5 hours during the warm season and up to 17 hours during the heating season. At the same time, the annual electricity consumption by the boiler per year will be 15550 kWh. The total electricity consumption for household power supply (2 832 kWh per year) and the operation of the boiler will amount to 18 382 kWh. To generate this amount of electricity, 75 solar panels will be required, which will occupy 96,00 m² of roof area. According to the recommendations for the design of cottages and country houses, the area of the base of the house is approximately 1,5 times larger than the residential one [2], so the area of the base of the house is 162 m². The roof with a slope of 30 ° has an area of 187 m². Thus, 51% of the roof will be occupied.

When using a hydrogen boiler, costing 260,000 rubles, and 75 solar panels, costing 10,000 rubles apiece (taking into account the cost of equipment for their operation), the total costs will be 1 010 000 rubles. Considering that when connected to a centralized power supply system, a family of 4 spends up to 65 132.30 rubles, the payback period for this system will be 15.5 years. With a service life of 20-25 years, this system justifies its cost.

Also, in the case of using the full roof surface, you will need to purchase another 71 panels, which will amount to 710 000 rubles of additional costs. At the same time, up to 17 412.6 kWh of additional electricity will be generated, which, at the current tariff of 4.82 rubles/kWh, could be sold to the state, thereby increasing the overall payback. Thus, using 146 solar panels, the payback will be 11.5 years.

Conclusion.

The paper presents and substantiates the calculation of energy consumption of a private residential building using renewable energy sources: solar panels and hydrogen boiler STAR-2000. The possibility of selling surplus produced energy was considered. It has been made the choice of the most efficient equipment for its power supply.

REFERENCES:

1. Elistratov V., Kudryasheva I. Regimes, management and economics of energy complexes on the basis of renewable energy sources for autonomous power supply / E3S Web of Conferences. Int. Scientific and Technical Conf. Smart Energy Systems, SES 2019. С. 04023.
2. Electronic resource. Recommendations for the design of cottages and country houses. <http://www.cvadrat.ru/info/articles/kakaya-ploshchad-doma-ili-kottedzha-budet-optimalnoy/> – (date of access 03/20/2021).
3. Order of the Committee on Tariffs of St. Petersburg dated 05.26.2020 No. 50-r "On the approval of standards for the consumption of communal resources in order to maintain common property in an apartment building on the territory of St. Petersburg".
4. Electronic resource. Helios House power plant. <https://www.helios-house.ru/solnechnye-elektrostantsii/113-elektrostantsiya-solnechnyy-dom/view-details.html> – (date of treatment 03/20/2021).
5. Comparison of a hydrogen boiler with other heating devices http://www.topclimat.ru/publications/hydrogen_heater_myths_reality_perspectives.html – (date of treatment 03/20/2021).
6. Electronic resource. Heating a house with hydrogen – <https://climanova.ru/otoplenie-doma-vodorodom.html> – (date of treatment 03/20/2021).

УДК 620.92

Е.В. Локтева

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В МИРЕ И РОССИИ

Цель работы – проанализировать перспективы развития возобновляемой и солнечной энергетики в мире и России.

Под влиянием изменений в энергетической политике и развитии новых технологий, мир, начиная с 1980 г. входит в этап энергетического перехода к широкому использованию возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и вытеснению ископаемых видов топлива. Однако темпы этих изменений и скорость перехода связаны с высокой неопределенностью, так как невозможно наверняка определить по какому сценарию будет развиваться отрасль мировой энергетики в дальнейшем.

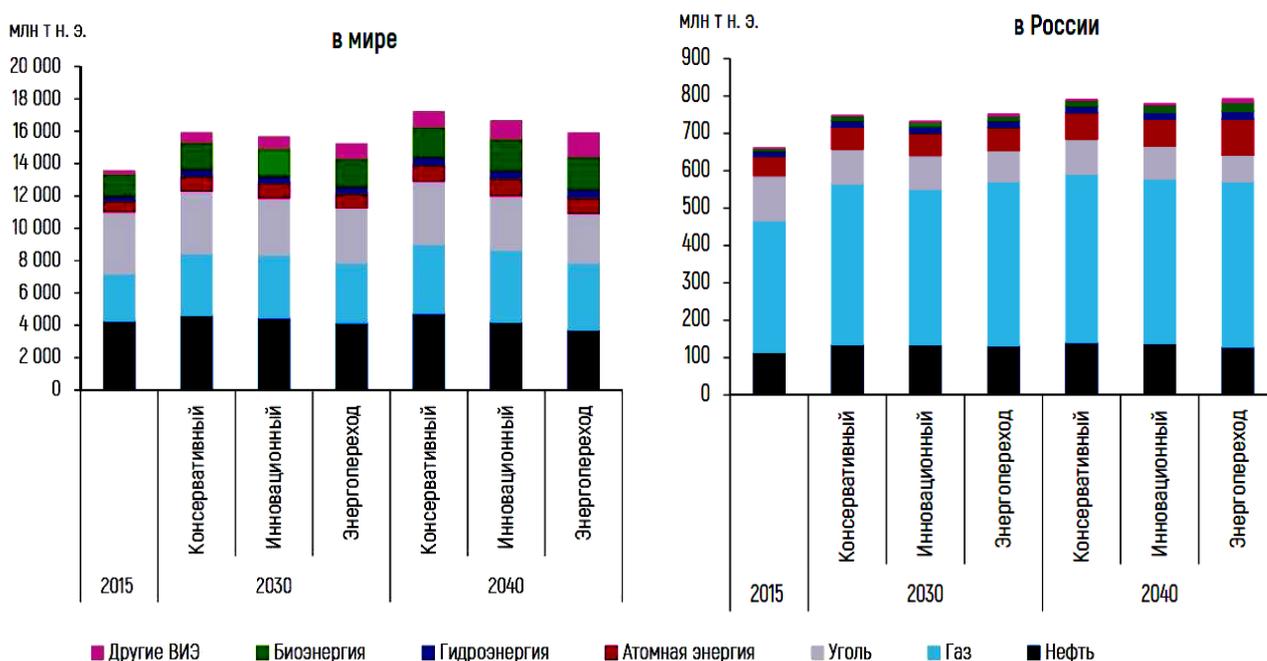
Быстрое развитие ВИЭ позволит уже к 2040 г. обеспечивать 35-50% мирового производства электроэнергии и 19-25% всего энергопотребления [1].

Потребление первичной энергии по видам топлив и по сценариям в мире и России [1] показано на рис. 1.

ВИЭ в настоящее время обеспечивают около 15% мирового первичного энергопотребления, 13% из которых приходится на гидроэнергию и традиционную биомассу. В период до 2040 г. потребление всех ВИЭ вырастет на 76-115%. Доля новых видов ВИЭ (энергия солнца, ветра, приливов, геотермальных источников, волн и пр.) пока составляет лишь 2%, однако с 2008 по 2018 гг. – они показали впечатляющую динамику развития: мощности ветроэнергетики выросли в 6 раз, а солнечной энергетики – в 8 раз. В перспективе до 2040 г. новые виды ВИЭ продемонстрируют самые высокие темпы роста среди всех рассматриваемых энергоресурсов – 6,3-8,3% в год в зависимости от сценария и именно с их дальнейшим развитием связаны самые серьезные трансформации мировой энергетики.

Объемы ВИЭ, используемых для производства электроэнергии к 2040 г. возрастут в 2,5-3,7 раза, прежде всего за счет многократного увеличения мощностей солнечной и ветровой генерации [1].

Генерация электроэнергии, вырабатываемой ВИЭ, в мире и России показана в табл. 1 (К – консервативный сценарий развития, И – инновационный, Э – энергопереход).



Источник: ИНЭИ РАН

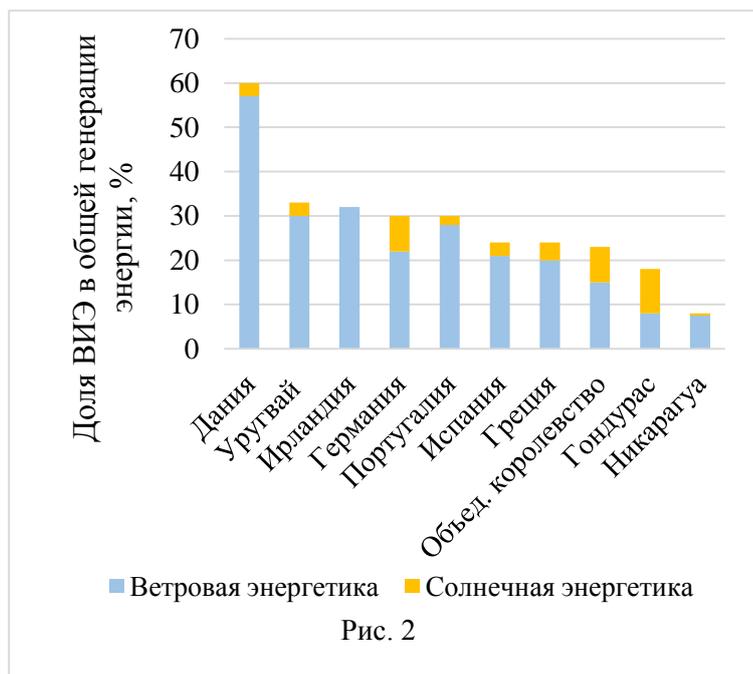
Рис. 1

Таблица 1 – Генерация электроэнергии в мире, ТВт·ч

		2015	2030			2040			Темпы роста 2015-2040, %		
			К	И	Э	К	И	Э	К	И	Э
В мире	Все энергоресурсы	24251	32736	33197	34428	39045	39842	42117	1,9	2,0	2,2
	Гидроэнергия	3890	5022	5114	5254	5640	5815	6128	1,5	1,6	1,8
	Биоэнергия	528	938	1100	1172	1232	1507	1663	3,4	4,3	4,7
	Другие ВИЭ	1195	4501	5728	7836	6856	8762	12708	7,2	8,3	9,9
В России	Все энергоресурсы	1068	1241	1241	1307	1354	1333	1556	1,0	0,9	1,5
	Гидроэнергия	170	200	200	204	210	210	240	0,9	0,9	1,4
	Биоэнергия	2	5	6	10	6	8	26	3,8	4,6	9,9
	Другие ВИЭ	1	11	13	21	25	30	64	14,8	15,6	19,2

Из табл. 1 следует, что генерация электроэнергии ВИЭ по отношению ко всем ресурсам к 2040 г. в мире составит 35,16 – 48,67%, в России – 17,8 – 21,2%; новых видов ВИЭ в мире – 22,44 – 30,17%, в России – 1,8-4,1%. Темпы роста генерации ветровой и солнечной электроэнергии в России вдвое превышают темпы роста генерации в мире.

По данным аналитиков Ember [2], за первое полугодие 2020 г. глобальная солнечная генерация выросла на 19%. Доля ВИЭ в общей генерации энергии по странам мира показана на рис. 2 [3].



Международное агентство возобновляемой энергетики (IRENA) опубликовало доклад «Будущее солнечной фотоэлектрической энергетики: развитие, инвестиции, технологии, интеграция в энергосистемы и социально-экономические аспекты» [4], в сценарии развития энергетического сектора REMap которого рост фотоэлектрической генерации к 2050 году может привести к сокращению выбросов на 4,9 гигатонн CO₂, что составит около 21% от всех предотвращенных выбросов. Ожидается, что солнечная энергетика к этому времени станет вторым источником электроэнергии в мире после ветроэнергетики и будет вырабатывать около 25%

Рис. 2

электроэнергии. Такой результат может быть достигнут при увеличении темпов строительства солнечных мощностей до 270 ГВт в год к 2030 г. и до 372 ГВт к 2050 г.

IRENA прогнозирует существенное снижение затрат на солнечные системы в течение следующих трех десятилетий, что сделает их ещё более конкурентоспособными. К 2030 г. капитальные затраты могут снизиться до 340–834 долл. за кВт, а к 2050 г. – до 165-481 долл. за кВт. Для сравнения, в 2018 г. средние капитальные затраты составляли 1210 долл. за кВт [5].

Строительный сектор потребляет около одной трети конечной энергии и выбрасывает около 28% мировых выбросов CO₂, связанных с энергетикой. Энергопотребление в этом секторе растет примерно на 1% в год, это связано с глобальным ростом населения и площадей зданий. ВИЭ являются наиболее быстроразвивающимися источниками энергии для зданий, тем не менее, в 2017 г. они удовлетворяли менее 14% от общего спроса на энергию в этом секторе.

Использование возобновляемой электроэнергии для отопления зданий быстро растет – на 5,3% в год. Электрификация отопления зданий все чаще рассматривается как эффективный и рентабельный метод для сокращения энергопотребления в зданиях [3].

Выводы

По предварительным прогнозам:

1. К 2040 г. ВИЭ будут обеспечивать 35-50% мирового производства электроэнергии и 19-25% всего энергопотребления. Объемы ВИЭ, используемых для производства электроэнергии возрастут в 2,5-3,7 раза, прежде всего, за счет многократного увеличения мощностей солнечной и ветровой генерации. Темпы роста генерации новых видов ВИЭ в мире составят 7,2-9,9%, в России – 14,8-19,2%.

2. К 2050 г. рост фотоэлектрической генерации может привести к сокращению выбросов на 4,9 гигатонн CO₂, что составит около 21% от всех предотвращенных выбросов. Солнечная энергетика станет вторым источником электроэнергии в мире после ветроэнергетики и будет вырабатывать около 25% электроэнергии.

3. К 2030 г. капитальные затраты на солнечные системы могут снизиться до 340–834 долл. за кВт, а к 2050 г. – до 165-481 долл. за кВт.

4. Строительный сектор потребляет около одной трети конечной энергии и выбрасывает около 28% мировых выбросов CO₂. Внедрение технологий ВИЭ являются наиболее быстроразвивающимся сектором производства энергии для зданий.

Работа выполнена под руководством д.т.н. профессора Елистратова В.В.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Global and Russian Energy Outlook 2019 / ed. A.A. Makarov, T.A. Mitrova, V.A. Kulagin; ERI RAS – Moscow School of Management SKOLKOVO. Moscow, 2019. ISBN 978-5-91438-029-5
2. Ember – independent climate and energy think tank focused on accelerating the global electricity transition from coal to clean / Global Electricity Analysis H1-2020. 2020.
3. Renewables 2020 Global status report / REN21 Secretariat, c/o UN Environment Programme. Paris, 2020. ISBN 978-3-948393-00-7
4. Irena International Renewable Energy Agency / Future of solar photovoltaic. 2019
5. Будущее солнечной энергетики [Электронный ресурс]; URL: https://pikabu.ru/story/budushchee_solnechnoy_yenergetiki_7059023

УДК 620.92

Д.В. Щербаков, И.Г. Кудряшева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА ПРИРОДНОГО ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ДЛЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ КОТТЕДЖНОГО ПОСЕЛКА В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

В настоящее время государственная политика России направлена на повышение энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2024 г. [1].

Необходимость использования возобновляемых источников энергии на территории Мурманской области обуславливают особенности географического положения региона, сравнительно невысокая плотность населения, «точечная» система расселения, недостаточная инфраструктурная оснащенность.

В связи с высокими логистическими издержками, расходами на топливо и его завоз тратятся значительные бюджетные средства, что указывает на то, что целесообразно использовать источники возобновляемой энергетики [2-4]. Регион является перспективным для использования ветроэнергетических установок, что видно на мировом атласе ветров.

Целью работы является разработка системы энергообеспечения, и оценка ветропотенциала с использованием программного комплекса WindPRO для коттеджного поселка, из 30 домов со средней численностью 4-5 человек в г. Полярный, Мурманской области. WindPRO – программное обеспечение на основе модулей, предназначенное для проектирования и планирования как одиночных ВЭУ, так и крупных ВЭС.

Для достижения вышеуказанной цели необходимо решить следующие задачи: обосновать объем энергопотребления, выбрать перспективную территорию для размещения ветроэнергетических установок, рассчитать энергопотенциал данного района, построить карту ветроэнергетических ресурсов района строительства ВЭС в программном комплексе WindPRO.

По нормам электропотребления в закрытом административно-территориальном образовании Александровск, где находится г. Полярный, требуется 3200 кВт·ч/чел. в год [5]. Таким образом, чтобы обеспечить электроэнергией данный коттеджный поселок потребуется 384 000 кВт·ч/год.

Затраты на трансформаторную подстанцию вне города на территории Мурманской области составляют 30,4 млн руб., что превышает в два раза стоимость ветроустановки с номинальной мощностью 200 кВт стоимостью 15 млн руб., способную обеспечить энергией

данный коттеджный поселок. Средняя ставка строительства воздушных линий электропередачи составляет в среднем 1,5 млн рублей за км [6].

В качестве исходных данных были использованы метеоданные с Интернет-ресурса RP5.ru [7], такие как дата, время, скорость и направление. Проводилась оценка качества данных, полученных метеостанцией, расположенной в г. Полярный, после этого были удалены ненужные столбцы, изменены текстовое обозначение направления ветра на числовое. Определен класс открытости метеостанции по шкале Милевского, что позволяет сделать выводы о репрезентативности станции.

Расчет в программном комплексе WindPRO выполняется, если, после выполнения расчета для определения природного ветроэнергетического потенциала на высоте ветроколеса, мощность ветрового потока удовлетворяет минимальным требованиям, то есть составляет больше 300 Вт/м^2 .

При расчете ветроэнергетического потенциала с помощью WindPRO учитывается ряд факторов: рельеф территории, шероховатость поверхности, посторонние препятствия [8, 9].

После загрузки исходных данных следует этап создания цифровой модели рельефа и шероховатости подстилающей поверхности.

Подбираем наиболее подходящую базу данных, которая лучше коррелирует с предварительными расчетами. Выбираем MERRA-2 на высоте 50 м. При помощи нее создаем карту ветроэнергетических ресурсов (рис. 1). На карте показана построенная орография на местности, горизонталы показывают рельеф, а цветные зоны соответствуют шероховатости.

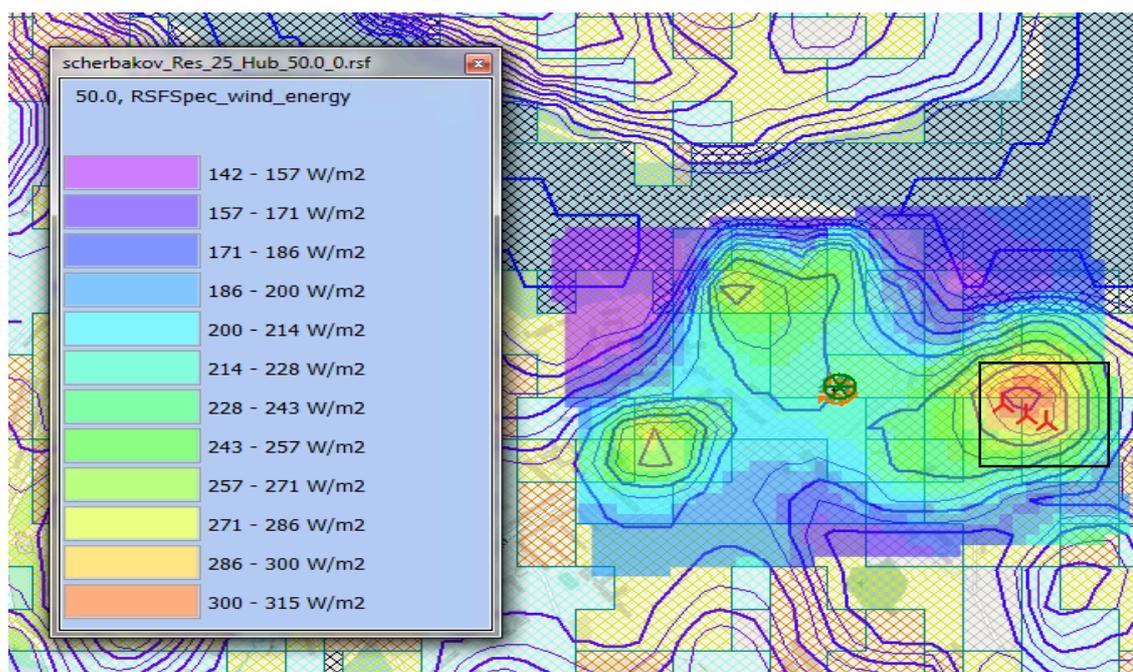


Рис. 1. Карта ветроэнергетических ресурсов

На карте ветроэнергетических ресурсов выбирается площадка с наибольшим ветропотенциалом. В данном случае выбранная зона имеет потенциал $300\text{-}315 \text{ Вт/м}^2$. Затем в программном комплексе подбираем ВЭУ с подходящей высотой ветроколеса и номинальной мощностью и их количество. В данном случае были использованы 3 установки ENERCON E-30/2.30-200 с высотой башни 50 м и диаметром колеса 30 м. Было выбрано оптимальное расположение ВЭУ так, чтобы они имели минимальные потери от окружающих препятствий и друг от друга.

Результаты показывают, что при таком расположении ВЭУ минимальные потери друг от друга и от препятствий составляют 7,9%. Ветропарк имеет валовую мощность 1817,5 МВт·ч/год, а с учетом потерь 1674,1 МВт·ч/год. Это превышает требуемую для обеспечения данного коттеджного поселка электроэнергию в более чем 4 раза, соответственно, удовлетворяет условиям, но в таком случае потребуются больше времени для окупаемости проекта, включая затраты на доставку и обслуживание оборудования. Поэтому проводилась следующая итерация расчета с использованием двух ВЭУ.

При использовании двух ветроэнергетических установок результаты расчета в программном комплексе WindPRO показывают, что при таком расположении ВЭУ минимальные потери друг от друга и от препятствий составляют 7%. Таким образом, ветроэнергетическая установка имеет валовую мощность 1129,9 МВт·ч/год, а с учетом потерь – 1017 МВт·ч/год. Полученный результат удовлетворяет требуемым условиям, и является экономически более выгодным.

Результатами выполненной работы являются:

1. Расчет требуемого энергопотребления для коттеджного поселка, расположенного в Мурманской области.

2. Выбор площадки для размещения ВЭС и определение ветроэнергетического потенциала.

3. Обоснование необходимого количества ВЭУ ENERCON E-30/2.30-200 с высотой башни 50 м и диаметром колеса 30 м.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Официальный интернет-портал Министерства энергетики РФ [Электронный ресурс]: Система государственного стимулирования хранения электроэнергии в России. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.minenergo.gov.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Постановление о стратегии социально-экономического развития Мурманской области до 2020 года и на период до 2025 года (с изменениями на: 10.07.2017).
3. Elistratov V., Kudryasheva I. Regimes, management and economics of energy complexes on the basis of renewable energy sources for autonomous power supply / E3S Web of Conferences. Int. Scientific and Technical Conf. Smart Energy Systems, SES 2019. С. 04023.
4. Elistratov V., Kudryasheva I. Stability and reliability of power system operation due to use of renewable energy resources. 21st Int. Scientific Conf. on Electric Power Engineering, EPE 2020, 9269222
5. Злобов А.А. Шкопинский И.В. Местные нормативы градостроительного проектирования закрытого административно-территориального образования Александровск Мурманской области. Т. 2. Волгоград, 2015.
6. Постановление о внесении изменения в постановление Комитета по тарифному регулированию Мурманской области от 25.12.2020 № 59/2.
7. Сервер «RP5» [Электронный ресурс]: архив данных. – Электрон.дан. – Режим доступа: <https://rp5.ru> – Загл. с экрана.
8. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. СПб.: Наука, 2013.
9. WindPRO 3.2 User Guide.

UDC 696.91

Ngambi Kennedy, I.Togo
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

ANALYSIS OF THERMAL PERFORMANCE OF TWO TYPES OF WALLING MATERIALS COMMON IN ZAMBIA

Buildings have provided human beings with the much-needed protection from harsh environmental conditions while providing thermal comfort since ancient history. Over the years, technological

advancements in building envelope design have significantly enhanced the building's capabilities of creating a thermally comfortable environment to its occupants. The Building envelope defines elements of a building that enclose conditioned spaces through which thermal energy can be transferred to or from the exterior, or to or from unconditioned spaces [1]. It includes the materials that comprise the foundation, wall system, roofing system, glazing, doors and any other penetrations.

Research has shown that, of the building elements, walls have a very high heat transfer area and hence heat losses and heat gains in the buildings depend, to some extent, on the interior and exterior surface temperatures and material composition of the wall system [2]. To this effect, the fundamental objective of this paper is to conduct an analysis of the thermal performance of two types of walling materials commonly used in Zambia. It also seeks to suggest and/or make recommendations on ways of improving the thermal performance of the walling materials in a more efficient and sustainable manner.

Thermal Performance

Energy conservation depends on the ability of the building elements, especially walls, in reducing the rate of heat exchanges from in and outside of the building. This ability is referred to as the thermal transmittance or U-value of the element or material, expressed as the transfer of heat in watts per square metre of area per degree difference in temperature ($W/m^2 \cdot K$) [3].

In this paper, two wall system typologies, each with a different wall construction material were analysed. The analysis between the walling materials was conducted through a review of different research papers, journals and articles that have been written on the topic. The walling materials compared in this analysis were hollow concrete blocks and burnt clay bricks.

Hollow concrete blocks

In thermal analysis of hollow concrete blocks, consideration was given to heat transfer mechanisms and also to the air flow in the hollow path. Changes in the hollow geometry (as can be seen in fig. 1 of the common types manufactured) of the bricks could change the heat conduction paths (thermal bridges). Also, if the hollow geometry changed, the air flow within the hollow could decrease or increase the heat transfer on the interior surfaces of the hollow [4].

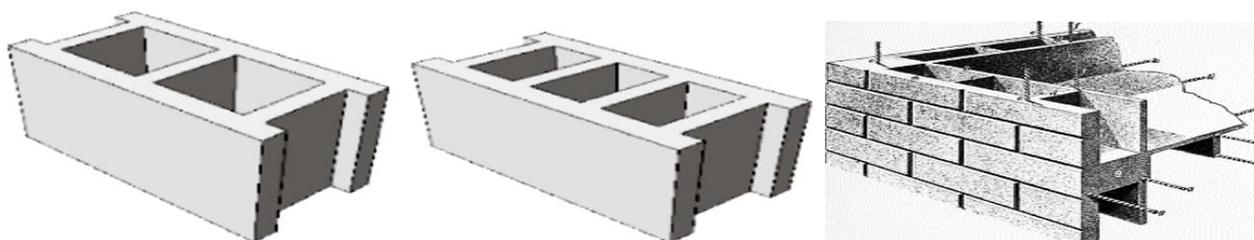


Fig. 1. Hollow concrete blocks of different number and size of cavities

Fagiatto et. al. [5], in his study of the thermal transmittance of hollow concrete blocks, demonstrated that large cavities provide higher transmittance values (Table 1) and that radiation effect also play an important role on the overall heat transfer through concrete. He concluded that one of the ways to minimize the thermal transmittance of concrete hollow blocks is reduction of the cavity length.

Table 1 – Standard values and simulation results

Block	U, $W/m^2 \cdot K$		Relative Difference, %
	Standard	Simulation	
1	5,342	5,363	0,39
2	5,597	5,510	- 1,55
3	5,185	5,255	1,35
4	5,083	5,157	1,46

Burnt clay brick

The Burnt clay bricks common in Zambia are produced according to artisanal techniques by way of compacting clay into moulds, drying and firing them in kilns. To investigate the thermal properties of clay bricks, experiments determining the thermal conductivity (λ) based on the South African standard SANS 10400XA were conducted.

Van Rooyen et. al. [6], assessed the performance of six conventional wall types most frequently used in South Africa. The experiment involved simultaneously measuring the heat flow and temperature on both faces of a sample subjected to a temperature gradient generated by two exchanger plates. The results of this research indicated that clay brick masonry cavity wall proved to be a suitable choice for universal application with the South African climatic conditions and particularly as a replacement for hollow concrete blocks which performed the least thermally.

Conclusion

The analyzed research papers, especially those from regions with climatic conditions similar to Zambia, reviewed that clay brick masonry wall constructions increased in performance as their thermal resistance increased with addition of insulation in their cavities compared to hollow concrete blocks which had the worst performance of all the six wall systems. With the inadequacy, and in most cases absence of obligatory legislation in Zambia, were use of building materials with high thermal resistance in construction is concerned, development of simply handled clay bricks and hollow concrete blocks with high thermal insulation properties becomes a necessity.

REFERENCES:

1. Sadineni S.B., Madala S., Boehm R.F. Passive building energy savings: A review of building envelope components. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, no. 8, pp. 3617–3631, 2011, doi: 10.1016/j.rser.2011.07.014.
2. Baker P. and Rhee-Duverne S., Research into the thermal performance of traditional brick walls, *English Herit. Res. Rep.*, p. 34, 2013.
3. Building Science Corporation. (March 22, 2015). The Building Enclosure [Online]. Available: http://www.buildingscience.com/documents/digests/bsd-018-the-building-enclosure_revised
4. Al-Tamimi A.S., Baghabra Al-Amoudi O.S., Al-Osta M.A., et al. Effect of insulation materials and cavity layout on heat transfer of concrete masonry hollow blocks. *Constr. Build. Mater.*, vol. 254, p. 119300, 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.119300.
5. Al-Jabri K.S., Hago A.W., Al-Nuaimi A.S., Al-Saidy A.H. Concrete blocks for thermal insulation in hot climate. *Cem. Concr. Res.*, vol. 35, no. 8, pp. 1472–1479, 2005, doi: 10.1016/j.cemconres.2004.08.018.
6. Vosloo P.P., Holm P.D., Van Rooyen N., Rice G. University of Pretoria releases energy usage study of walling in SA. 2017, [Online]. Available: <http://claybrick.org/technical-note-29-thermal-performance-comparison-walling-materials>.

УДК 697

А.О. Ерохина, А.В. Джур, М.И. Филипп
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ В РОССИИ

Цель работы – выявить основные особенности строительства энергоэффективных зданий в России, основываясь на рассмотрении законодательства Российской Федерации в сфере энергоэффективного строительства и сравнении его с зарубежными системами сертификации. Так же целью работы является анализ влияния географического положения страны и её протяженности на сферу энергоэффективного строительства.

Эффективность использования энергии – важный показатель, позволяющий оценить уровень социально-экономического и технического развития страны. Данная статья является актуальной в связи с большим резервом экономии энергоресурсов в стране [1].

Для достижения данной цели были проанализированы Федеральные Законы в сфере энергоэффективности. Федеральный закон "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" от 30.12.2009 № 384-ФЗ учитывает ряд требований, препятствующих неэффективному расходованию энергии и нормирует ряд параметров зданий: удельный расход энергоресурсов в здании, требования к влияющим на энергоэффективность функционально-технологическим, конструктивным и инженерно-техническим решениям, требования к отдельным элементам, конструкциям, материалам и технологиям, требования к технологиям, предусмотренным проектной документацией, позволяющим устранить нерациональный расход энергоресурсов в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта и эксплуатации [2].

Были выявлены основные причины неэффективного расхода энергоресурсов: низкое качество теплоизоляции ограждающих конструкций, неплотности сопряжения светопрозрачных конструкций, несовершенство нерегулируемых систем естественной вентиляции, отсутствие индивидуальных приборов учета, контроля и регулирования на системах отопления и горячего водоснабжения, отсутствие действенного механизма материальной заинтересованности энергопотребителей в ее экономии, недостаточное использование вторичных источников энергии [3].

Меры по повышению энергоэффективности зданий должны быть направлены на устранение данных причин.

В статье рассмотрены первые опыты энергоэффективного строительства в России и за рубежом. Так, первое здание в мире было построено архитекторами Николасом Исааком и Эндрю Исааком в Манчестере, штат Нью-Хемпшир, США в 1974 г., реализация данного проекта была продиктована энергетическим кризисом 1973 г., известного под названием «Нефтяное эмбарго». Резкий скачок цен на нефть привел к пересмотру приоритетов развития энергетики и дал толчок к развитию энергоэффективного строительства [4], когда в России таким проектом стали экспериментальные 17-этажные жилые дома серии 111-355 МО в московском микрорайоне Никулино-2, построенные в 2001 г. [1]. Такое отставание от мирового опыта можно объяснить следующим рядом причин: вышеупомянутый энергетический кризис не затронул СССР, так как страна была крупнейшим держателем нефтяных ресурсов и надобности к развитию данной сферы строительства не было; низкая информированность о потенциале энергосбережения на территории Российской Федерации большей части владельцев бизнеса и потребителей; инертность и коррумпированность российской экономики не позволяет сделать данную сферу строительства достаточно «прозрачной», чтобы обеспечить надлежащий контроль и своевременное реагирование на возникающие проблемы; общее устаревание оборудования и техники.

Была изучена нормативно-правовая база, согласно которой на федеральном уровне принято более 60 нормативных правовых актов в области повышения энергоэффективности. Первым шагом в данном направлении было образование Государственного комитета по энергосбережению и энергетическому надзору России в 1998 г., Федеральным законом от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» регулируются отношения в области энергосбережения. Методической основой классификации зданий по показателю удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию в настоящее время являются СП 50.13330.1012, ГОСТ 31168-2003, ГОСТ 31167-2003. Оценка энергоэффективности здания производится с помощью присвоения классов, по шкале от G (самый низкий) до A++ (самый высокий) по величине отклонения показателя удельного годового расхода энергетических ресурсов, а также требования по внедрению ключевых энергоэффективных технологий для некоторых классов энергоэффективности. Новостройкам класс энергетической эффективности должен присваиваться в обязательном порядке [5].

Начиная с 2014 года, Министерство экономического развития Российской Федерации ежегодно представляет государственный доклад «О состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации», благодаря которому можно отследить тенденцию в энергоэффективном строительстве в стране. Анализ данных по присвоению классов энергоэффективности МКД показал, что в сравнении с 2016 г. в 2019 г. процент присвоения классов вводимых в эксплуатацию зданий упал с 99% до 50%, а процент зданий с наивысшим классом (В, А, А+, А++) упал с 70% до 33% [6, 7]. Опираясь на эти данные, можно сделать вывод о неэффективности политики в сфере строительства энергоэффективных МКД.

Следующей особенностью строительства энергоэффективного жилья на территории Российской Федерации была отмечена географическая протяженность страны. Данный аспект сказывается как на особенностях региональной политики в отношении данной сферы строительства, так и на разности климатических условий. Каждый регион имеет свои специфические условия: в южных регионах основная часть энергии тратится на кондиционирование зданий, а в северных – на отопление. В связи с этим нет единой тенденции в разработке новых методов энергоэффективного строительства.

Так же следует отметить существенное различие тарифов на энергоноситель в зависимости от населенного пункта: тарифы ЖКХ на отопление к 1 июля 2020 г. в Московской области превышают Иркутские на 57,9% (2535,11 руб./Гкал для Московской обл. и 1466,72 руб./Гкал для Иркутска) [8]. При этом важно сравнить такую характеристику как градусо-сутки отопительного периода (ГСОП). ГСОП – условная единица измерения суровости климатических условий, показывающая дельту температур между улицей и помещением в течении всего сезона, т.е. чем выше ГСОП, тем холоднее климат в регионе. Для Москвы ГСОП равняется 4943 °С·сут/год, а для Иркутска – 6840°С·сут/год [9]. Такая разница тарифов ЖКХ и ГСОП делает решения по энергоэффективности для Московской области не актуальными для Иркутска с экономической точки зрения.

Выводы

На основе проведенного исследования были выделены три основные проблемы в развитии энергоэффективного строительства:

1. Недостаточное стимулирование и государственный контроль в данной сфере;
2. Особенности проектирования энергоэффективного строительства, связанные с географической протяженностью;
3. Экономический аспект, основанный на разнице тарифов ЖКХ в зависимости от региона.

Данные проблемы и особенности требуют решения, так как потребительский спрос на энергоэффективное жилье безусловно растет в связи с ростом тарифов ЖКХ: за последние 15 лет оплата за коммунальные платежи выросла на 186% [10].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Васильев Г.П. Энергоэффективный экспериментальный жилой дом в микрорайоне Никулино-2 // АВОК: вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. М.: "АВОК-Пресс", 2002.
2. Терех М.Д., Третьякова Д.В., Морозова Н.М. Энергетическая оценка уровня тепловой защиты зданий // Неделя науки СПбПУ: мат-лы науч. конф. с междунар. участием, Инженерно-строительный институт. 2019.
3. Терех М.Д., Демиденко А.К. Оптимизация уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий при различных критериях оптимальности / III Всерос. научно-техн. конф. «Проблемы обеспечения функционирования и развития наземной инфраструктуры комплексов систем вооружения». СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2019.

4. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания. М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. С. 8-76
5. Федеральный закон от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. –Справочно-правовая система Гарант. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/12171109/>(дата обращения: 28.03.2021).
6. Государственный доклад "О состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации" от 2016 г. <https://minenergo.gov.ru>.
7. Государственный доклад "О состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации" от 2020 г. <https://minenergo.gov.ru>.
8. Тарифы ЖКХ–2020: сравнение цен по регионам России. URL: <https://realty.rbc.ru/news/5f3e46fd9a794755e1931ccc> (дата обращения: 28.03.2021).
9. Строительная климатологи: Справочное пособие к СНиП 23-01-99* / М. НИИ строительной физики РААСН, 2006.
10. За 15 лет тарифы ЖКХ в России выросли на 186% <https://severpost.ru/read/98371/> (дата обращения: 28.03.2021).

УДК 620.9

Я.А. Малышев, Д.В. Немова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ОСТЕКЛЕНИЯ ФАСАДОВ ЗДАНИЙ

Последние десятилетия вопрос сбережения энергоресурсов и, в частности, энергосбережения в сфере строительства играет все большую роль. В РФ это проявляется утверждением многочисленных нормативных документов, например, Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 N 261-ФЗ. А также СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», который устанавливает классы энергоэффективности зданий по величине отклонения расчетного (фактического) значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого и регламентирует проектирование вновь возводимых и реконструируемых зданий на стадии разработки проектной документации классами не ниже «Нормального».

Помимо этого, в части современной архитектуры можно выделить тенденцию к увеличению и стремительному росту объемов использования светопрозрачных конструкций в общем объеме ограждающих конструкций [1]. Особенно это проявляется в строительстве общественных зданий. Так как к светопрозрачным конструкциям базово предъявляются наименьшие (по сравнению с остальными типами ограждающих конструкций) требования по сопротивлению теплопередаче (табл. 3, СП 50.13330.2012), то именно эти конструкции становятся наиболее «уязвимыми» для теплопотерь здания в целом. Соответственно, повышение энергоэффективности данных конструкций – наиболее целесообразный путь к повышению энергоэффективности подобных зданий в целом.

Таким образом, *целью работы* стало определение наиболее подходящего варианта энергоэффективного остекления среди множества доступных на рынке.

Наиболее распространенными решениями энергоэффективного остекления являются:

- вакуумное заполнение межстекольного пространства стеклопакета;
- заполнение межстекольного пространства стеклопакета инертными газами;
- заполнение межстекольного пространства стеклопакета аэрогелем;

- smart-стекло (термохромное стекло, электрохромное стекло);
- низкоэмиссионное стекло (К-стекло, I-стекло, IM-стекло);
- сочетание вышеперечисленных технологий.

Целью создания вакуума между стеклами является сведение к минимуму конвективного теплообмена в межстекольном пространстве, что понижает коэффициент теплопередачи такой конструкции.

Инертные газы благодаря большей по сравнению с воздухом плотностью позволяют достигать повышенную теплоизоляцию, сохраняя светопропускающую способность, а также в некоторой степени повышают звукоизоляцию данных конструкций [2].

Относительно новой разработкой является применение аэрогеля в качестве заполнителя межстекольного пространства. Аэрогели имеют достаточно маленький вес и при этом очень низкие показатели теплопроводности [3].

«Умное» стекло позволяет регулировать прозрачность стекла. Хромогенные покрытия обратимо окрашивают поверхность стекла в более темные оттенки или придают матовость при внешнем воздействии: со стороны окружающей среды (при нагреве), или со стороны системы управления здания (при воздействии электрическим током). Такая система регулирует светопрозрачность стекла, позволяя уменьшить поступления солнечной энергии.

Smart-стекло делится на два типа: термохромное, которое меняет окраску при достижении определенной «критической» температуры, и электрохромное, которое меняет цвет или прозрачность при подаче на него электрического тока. В свою очередь, электрохромное стекло может также работать по различным технологиям [4, 5].

Низкоэмиссионные стекла обладают низкой эмиссией – способностью поверхности поглощать и терять тепло. Данная способность обусловлена нанесением на поверхность стекла специального металлооксидного покрытия, являющегося селективным барьером по типу мембраны – нанесенное покрытие пропускает ультрафиолетовое излучение от солнца и отражает инфракрасное излучение изнутри здания [6].

На данный момент технологии с применением аэрогеля еще не приобрели массовый характер ввиду очень высокой стоимости исследований и изготовления и не полностью удовлетворяют всем требованиям для применения в строительстве общественных зданий. Но в перспективе это решение способно стать конкурентно способной альтернативой для определенных сфер строительства.

Smart-стекло так же на данный момент является одним из наиболее дорогих технологических решений, но имеет огромный потенциал. Различные варианты такого остекления позволяют экономить от 30 до 70% тепловой энергии в год в зависимости от технологии, правда немного увеличивают потребление электроэнергии (хотя комплексно может достигаться еще большая экономия за счет пониженного использования вентиляционных систем).

Вакуумные стеклопакеты по сравнению с обычными позволяют экономить до 50% энергии. Заполнение инертными газами снижает энергопотребление до 20%. Наиболее распространенным газом является аргон, криптон позволяет достичь еще большие энергосберегающие характеристики, но является более дорогим решением. Основным недостатком данных решений (который с использованием новых технологий может нивелироваться) является необходимость обеспечения полной герметичности стеклопакетов, т.е. со временем газы могут улетучиваться, вакуум – заполняться воздухом.

Низкоэмиссионные стекла на данный момент являются наиболее используемой технологией энергоэффективного остекления. К-стекло имеет коэффициент эмиссии 0,2, I-стекло – 0,04 (для сравнения, у обычного стекла этот показатель 0,85), IM-стекло является более «совершенной» версией I-стекла и позволяет сохранять до 80% тепловой энергии в помещении.

Наиболее распространенным комбинированным вариантом в данный момент являются стеклопакеты с применением низкоэмиссионных покрытий и заполнением межстекольного пространства вакуумом или инертным газом.

Нормативное значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций – витражей, $(R_0)_{\text{норм}} = 0,41 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ (для общественных зданий в г. Санкт-Петербург) согласно РМД 23-16-2019.

Двухкамерный стеклопакет с использованием К-стекла дает показатель сопротивления теплопередаче до $0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ (в зависимости от толщины межстекольного пространства); двухкамерный стеклопакет с использованием К-стекла и заполнением аргоном – до $1,1 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; а двухкамерный стеклопакет с использованием ИМ-стекла и заполнением вакуумом позволяет достичь показателя в $2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Выводы

Результат рассмотрения различных вариантов показал, что для достижения максимального класса энергоэффективности зданий требуется комплексный подход при выборе варианта остекления.

Наиболее целесообразным на данный момент решением является применение стеклопакетов с комбинацией низкоэмиссионных покрытий и заполнения межстекольного пространства стеклопакета инертным газом или вакуумом.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Мулюкова А.Ф. Повышение энергоэффективности светопрозрачных конструкций / Точная наука. 2019. № 67. С.6-21;
2. Юдина Д.А. Новые решения в сфере теплоизоляции, использования систем остекления и возможностей энергосбережения в энергетическом балансе здания // В сборнике: Мировое инновационное соревнование. Мат-лы XVIII научно-практ. конф. 2016. С. 339-347;
3. Бабашов В.Г., Варрик Н.М., Карасева Т.А. Применение аэрогелей для создания теплоизоляционных материалов / Труды ВИАМ. 2019. № 6 (78). С. 32-42;
4. Зайко Е.О., Гимадеев М.Р. Окно как интеллектуальный элемент здания / В сб.: Мат-лы секционных заседаний 58-й студенческой научно-практ. конф. ТОГУ. 2018. С. 284-289;
5. Стрюкова Н.В. Теоретические основы анализа энергосберегающих характеристик современных светопрозрачных ограждений / Наука и мир. 2016. Т. 1. № 6 (34). С. 62-66;
6. Семенова Э.Е., Ярошова А.О. Пути повышения энергоэффективности светопрозрачных конструкций / Воронежский государственный технический университет, 2019. Наука через призму времени. №10 (31). С.15-19.

УДК 620.92

А.В. Осипчук

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЭС НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

В настоящее время имеется большой интерес к освоению энергетического потенциала северных территорий России, в частности Кольского полуострова.

Цель работы – анализ природно-климатических условий и разработка комплекса мероприятий по строительству ВЭС на территории Кольского полуострова.

Актуальность данной темы подтверждается высоким развитием ветроэнергетики у стран северной Европы таких как: Дания, Норвегия, Швеция, Финляндия, в которых природные условия аналогичны. Доля ветроэнергетики по отношению к другим видам энергии в Дании составляет 36% на 2018 г. [1].

Местом строительства рассматриваемой ВЭС является 20-ти километровый участок вдоль Серебрянской трассы, соединяющей Мурманск и пос. Териберка. Участок расположен в 5 км южнее пос. Териберка.

В рамках ВКР планируется спроектировать ВЭС мощностью 101 МВт с общим количеством установок 28 типа Siemens SWT-3.6-107 Onshore.

Выделяют три типа задач, с которыми связаны сложности строительства ВЭС в северных условиях [2]:

- вечномерзлые грунты, с которыми связаны проблемы устройства основания ВЭУ;
- обледенение лопастей и оборудования установки ВЭУ и связанная с этим сложность эксплуатации;
- влияние экстремально низких температур на оборудование ВЭУ.

Каждая из вышеперечисленных проблем ставит отдельную задачу перед проектировщиками, которую необходимо решать исходя из природно-климатических условий, в которых строится ВЭС.

Вечномерзлые грунты опасны неравномерным оттаиванием или промерзанием, что может привести к неравномерной осадке фундамента, или неравномерному выпучиванию грунта под основанием. В связи с этим, при сооружении ВЭУ целесообразно использование свайного типа фундамента.

Актуальная задача, которую необходимо учитывать при эксплуатации ВЭУ – обледенение лопастей. Опасность обледенения обусловлена рядом факторов [2]:

- при образовании, ледяной корки на лопастях, их аэродинамические характеристики заметно ухудшаются, производительность ветроэнергетической установки падает;
- наледь нарушает балансировку ветроколеса, что приводит к повышенному износу подшипников и ветрогенератора в целом;
- куски льда могут срываться с концов вращающихся лопастей и разлетаться на значительные расстояния.

Еще одна задача, которую необходимо решить при проектировании ВЭС, учет экстремально низких температур окружающего воздуха, обуславливающих потери выработки энергии из-за простоя оборудования, имеющего различные температурные пределы использования. Выполнен природно-климатический анализ рассматриваемой местности. Для этого использовались статистические данные по среднемесячному и среднегодовому температурному режиму и данные по суммарному количеству выпавших осадков по месяцам и суммарно за год за последние пять лет, которые приведены к средним температурам по каждому месяцу и суммарно за год (табл. 1). Данные взяты за последние пять лет, так как климатический режим имеет тенденции меняться с течением времени. Например, среднемесячные и среднегодовые температуры предыдущих лет ниже в среднем на 1°C [3]. В табл. 2 представлены данные среднего числа дней с обледенением (изморозь). Эти данные определяют потенциальное количество дней, в которые возможен простой ветроустановок [4].

Таблица 1 – Данные среднемесячного и годового температурного режима

Исследуемые годы	Номер месяца												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2016-2020	-7,8	-5,4	-3,7	-0,7	4,3	7,7	14	11,7	8,9	2,9	-1,5	-2,3	2,2

Таблица 2 – Среднее число дней с обледенением

	Номер месяца												За год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Кол-во дней	3	3	1	0,6	–	–	–	–	–	0,3	2	2	12

Абсолютной минимальной температурой для рассматриваемой территории является значение в -31°C . Среднемесячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца равняется 79% [5].

По данным табл. 1 видно, что, несмотря на то, что место строительства ВЭС находится за полярным кругом, абсолютное значение минимальной температуры не доходит до отметки -35°C . Средняя температура за целый год составляет значение более 0°C , что обусловлено высокой влажностью из-за близости Баренцева моря к месту строительства ВЭС. Таким образом, мы получаем, что средние температуры месяцев колеблются примерно в диапазоне от -10°C до $+10^{\circ}\text{C}$.

Границы зон вечной мерзлоты и величины сезонных промерзаний и оттаиваний грунтов представлены на рис. 1. Почвы места строительства являются вечномерзлыми с глубиной протаивания менее 0,5 м в период теплого сезона.

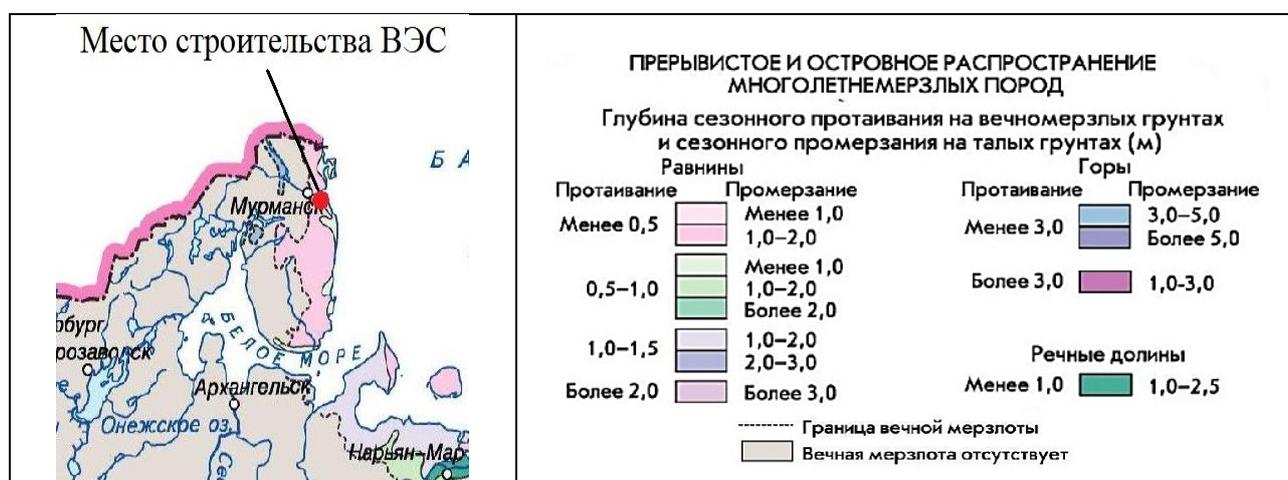


Рис. 1. Распространение вечномерзлых территорий

Исходя из природно-климатических условий, рассмотренных выше, можно дать рекомендации по строительству ВЭС в северных условиях для территории строительства:

- образование льда на лопастях не является ключевой проблемой, так как суммарное количество дней, в которые происходит обледенение, равно 12 (табл. 2). Для значительных потерь выработки ВЭУ критичным значением дней с изморозью является 60, что может вызвать потерю производительности ВЭУ до 40%. Таким образом, предусматривать активные меры по борьбе с обледенением не нужно, достаточно пассивных.
- экстремально низкие температуры не представляют опасности для оборудования ВЭС, так как средняя температура за год выше 0°C , а средняя температура холодного месяца не достигает -10°C . Таким образом, подбор специального оборудования, которое удовлетворяло бы экстремальным низким температурам не нужно.
- наиболее острой проблемой для строительства ВЭС в данном регионе является вечномерзлые грунты, которые будут усложнять устройство основания. Для решения данной проблемы целесообразно использовать свайный фундамент с высоким ростверком. Расстояние от поверхности грунта до нижней плоскости ростверка определяется только подъемом поверхности грунта при явлении пучения [6].

Выводы:

1. После оценки природно-климатических условий было выявлено, что адаптировать оборудование ВЭУ для проблем, связанных с обледенением и экстремально низкими температурами, нет необходимости.

2. Из анализа особенностей грунта принято целесообразным применение свайного фундамента с высоким ростверком.

Работа выполнена под руководством д.т.н., профессора Елистратова В.В.

ЛИТЕРАТУРА:

1. <https://en.winddenmark.dk/wind-in-denmark/statistics/wind-amount>.
2. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. Изд. 3-е доп. СПб.: Изд. Политехн. Ун-та, 2016.
3. <http://rp5.ru>.
4. ГОСТ 25100 Грунты. Классификация. 1996.
5. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3, Вып. 2, Мурманская область. Л.: Гидрометеоиздат, 1988.
6. Елистратов В.В., Константинов И.А., Панфилов А.А. Расчет фундаментов ветроэнергетических установок. Ч. 2. Свайные фундаменты: Учебн. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2005.

УДК 620.92

Л.С. Садардинова, Д.С. Андреева

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

БИЗНЕС-ЦЕНТР С ТОНКОПЛЕНОЧНЫМИ МОДУЛЯМИ В ФАСАДНЫХ СИСТЕМАХ

Цель – разработать проект высотного здания бизнес-центра с тонкопленочными модулями в фасадных системах в г. Санкт-Петербург.

Для достижения поставленной цели необходимо реализовать следующие *задачи*:

1. Изучить условия внедрения тонкопленочных модулей в фасадные системы высотных зданий посредством анализа научной литературы;

2. Выявить основные характерные особенности, преимущества и недостатки данной фасадной системы;

3. Изучить вопрос целесообразности применения, тенденций и перспектив данной фасадной системы на территории Российской Федерации.

4. Оценить стоимость и экономию использования тонкопленочных модулей с учетом минимизации тепловых потерь, расходуемых на содержание высотного здания в г. Санкт-Петербург.

Системы солнечного теплоснабжения по интенсификации процессов излучения подразделяются на активные и пассивные [1]. Данный тип здания – бизнес-центр с тонкопленочными модулями в фасадных системах относится к пассивному зданию (табл. 1) [2]. Здание представляется с нулевым энергетическим балансом, не требующего расходов на поддержание комфортных условий для административных помещений.

В пассивных системах в качестве устройств улавливания солнечной радиации, преобразования ее в тепловую энергию и аккумулирования, используют ограждающие конструкции зданий. Для такого способа утилизации излучения предусматривают окна большой площади на южных фасадах зданий, а аккумулирование избыточной теплоты в этих случаях происходит в массивах внутренних стен и полов [1].

Модули могут быть включены практически в любой архитектурный проект как строительный материал для облицовки здания – системы BAPV (Building added photovoltaics), так и для создания самих ограждающих конструкций зданий как экстерьерная конструкция – система BIPV [4].

Таблица 1 – Преимущества и недостатки тонкопленочных модулей [3]

Преимущества	Недостатки
Формирование пластики фасада	Требуют определенной ориентации, для выработки максимальной мощности
Стилизация панелей под различные архитектурные и строительные элементы	Большие поверхности панелей, которые требуют больших затрат на очистку и обслуживание
Высокий показатель декоративного эффекта поверхности	Срок службы модулей не более 25 лет
Размер модулей соответствует размерам традиционных материалов	
Высокий уровень КПД при больших поверхностях панелей, которые не являются чуждыми объекту, так как текстура фотоэлектрических элементов становится основным художественным средством	
Могут частично затенять фасады от солнечной радиации, снижая тепловую нагрузку на них и на внутреннюю среду зданий	

Одним из важнейших факторов, влияющих на энергоэффективность данных модулей, являются угол наклона модуля и широта местности, так как плотность потока энергии зависит не только от плотности потока самого солнечного излучения, но также и от угла падения [5]. В Санкт-Петербурге максимальная производительность за весь год достигается в ясный день тогда, когда угол между модулем и Солнцем равен или близок к 41° [6]. В ходе исследования было установлено, что угловые потери достигают 8,7% в рассматриваемой широте. Анализ показывает, что угловые потери становятся заметными при угле падения выше 70° [7].

Для оценки стоимости и экономии использования тонкопленочных модулей посредством минимизации тепловых потерь, расходуемых на содержание высотного здания в г. Санкт-Петербург, было выбрано здание с исходными данными, указанными в табл. 2.

Таблица 2 – Исходные данные

Назначение	Бизнес-центр
Количество этажей	25
Угол расположения модулей	90°
Площадь модулей	225 м^2
Ориентация	Юг
Стоимость тонкопленочных модулей	8100 тыс. руб.

Рассчитаны суммарные ежегодные затраты бизнес-центра на выработку тепловой энергии с учетом трансмиссионных потерь тепловой энергии (через наружную оболочку здания – стены, покрытие и т. п.) и среднегодовым ростом тарифов на 15%, а также оценено количество энергии, вырабатываемой тонкопленочными модулями в год с учетом потерь при рассеянном свете [8].

Результаты расчета приведены на рис. 1 и в табл. 3.

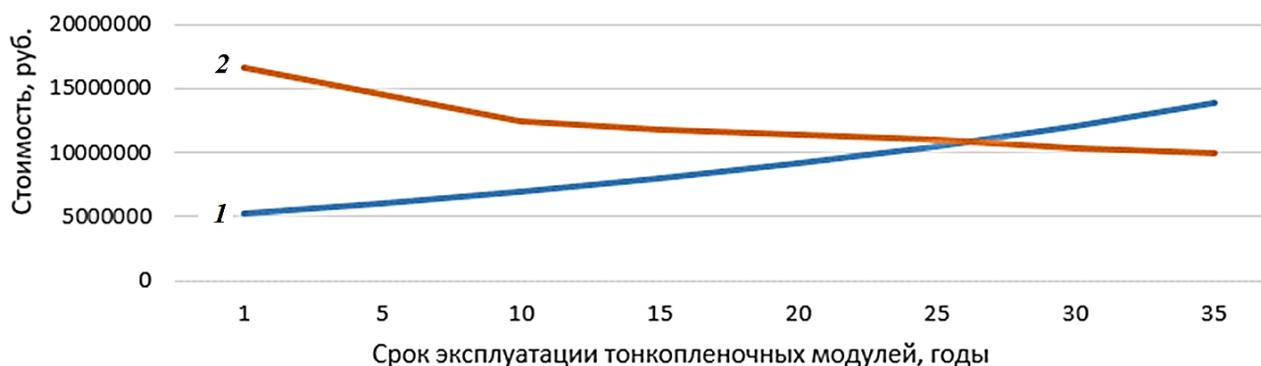


Рис. 1. Окупаемость использования тонкопленочных модулей: 1 – годовая стоимость тепловой энергии на отопление здания при учете только потерь энергии через наружные ограждающие конструкции; 2 – стоимость энергии, получаемой от солнечных тонкопленочных модулей

Таблица 3 – Результаты расчета

Годовой расход тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции, Гкал/год	2786
Стоимость годового расхода тепловой энергии на отопление здания при учете только трансмиссионных потерь, руб./год	5237680
Энергия, вырабатываемая тонкопленочными модулями за год, Гкал/год	8821
Стоимость годовой выработки энергии тонкопленочными модулями, руб./год	16583480

Результаты расчета показали, что энергия, вырабатываемая тонкопленочными модулями, будет покрывать 100% затрат на отопление здания на протяжении всего срока службы – 25 лет, с учетом ежегодного увеличения затрат на отопление здания на 15% и уменьшением выработки энергии к концу жизненного цикла на 25%. Стоимость модулей окупается в первый год использования.

Таким образом, использование данного типа солнечных панелей является целесообразным в г. Санкт-Петербург.

ЛИТЕРАТУРА:

- Орлянская А.А. О проблемах солнечной энергетики // Юго-Западный государственный университет (Курск). 2019. С 195-198
- Кологривова Л.Б. Экологичная энергетика в архитектуре современного производственного здания // Академический вестник Уралниипроект РААСН. №2. 2013. С 73–75
- Иванова Е.Д. Архитектурное формообразование зданий с использованием средств альтернативной энергетики // Colloquium-journal. № 26-1 (50). 2019 С 6–11
- Байшев А.В., Торопов А. С. Особенности расположения солнечных панелей // Сборник статей по материалам VI международной научно-практической конференции. В 4-х частях. 2018. С 109–113
- Бадрелдин-Миргхани М.М., Афанасьев В. П. Сравнительный анализ эффективности работы тонкопленочных солнечных модулей на широте Хартума и Санкт-Петербурга // Евразийский совет ученых. № 3–7 (12). 2015. С 136–140
- Куприянов В. Н., Вендина Д.А. Использование солнечной энергетики при проектировании формы здания // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. № 12. 2019. С 138–148
- Barman S., Chowdhury A., Mathur S., Mathur J. Angular loss of window integrated thin-film semi-transparent photovoltaic module // Journal of Building Engineering. Volume 40. 2021
- Гвоздкова Ю.Д., Гвоздкова И.А. Многокритериальная эколого-ориентированная оценка энергоустановок на основе фотоэлементов с различным материалом активного слоя // Строительство и техногенная безопасность. №17(69). 2019. С 89–101

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ НА ПЕРВОЙ
СТУПЕНИ СБОРА СТОЧНЫХ ВОД В КАНАЛИЗАЦИОННУЮ СИСТЕМУ ГОРОДОВ

Все мировое сообщество величайшей проблемой современности признало изменение климата и планетарных границ. На фоне данного факта, любые исследования, ранее не пользовавшиеся особой популярностью, из-за их более сложного применения, стали приобретать новый уровень значимости. Так в 2018 г. Европейским Союзом официально сточные воды были признаны как источник возобновляемой энергии.

На сегодняшний день работы по очистке воды, на водоочистных станциях, происходят механическим или биологическим способом, при этом и в одном и в другом случае вода из централизованной канализационной системы проходит определенный «маршрут» перед сбрасыванием чистой отработанной воды в реки и водоемы, при этом вода, несущая в себе тепловую энергию, полностью остывает в ходе очистки. Основным местом потери, важной тепловой энергии воды, являются наружные отстойники, в которых вода, находясь на открытом воздухе, остывает теряя всю свою тепловую энергию.

Цель работы – анализ эффективности установок в сети централизованной системы канализации с оценкой КПД тепловых насосов.

Для достижения поставленной цели была проведена оценка энергетического потенциала сточных вод в Российской Федерации (табл. 1).

Таблица 1 – Энергетический потенциал сточных вод по данным Росстата на 2019 г.

Субъект РФ	Сбросы суточных вод, млн. м ³	Валовый потенциал, млн. т.у.т.	Технический потенциал, млн. т.у.т.
Центральный федеральный округ	2878,8	4,12	0,83
Северо-западный федеральный округ	2547,9	3,64	0,73
Южный федеральный округ	1239,5	1,77	0,36
Северо-Кавказский федеральный округ	398,6	0,57	0,12
Приволжский федеральный округ	2120,3	7,03	0,61
Уральский федеральный округ	1025,2	1,47	0,30
Сибирский федеральный округ	1625,3	2,33	0,47
Дальневосточный федеральный округ	766,9	1,10	0,22

Основываясь на полученных данных, в ходе первого этапа теоретического исследования была проведена оценка окупаемости установки теплового насоса в жилом многоквартирном здании г. Санкт-Петербург.

В качестве исходных данных был принят девяти этажный двух подъездный многоквартирный жилой дом с примерным количеством проживающих жителей в 300 человек. Нормы горячей воды и требуемого количества энергии для ее приготовления, в расчете на одного человека в месяц, были приняты согласно действующим нормам на территории РФ и составили 6,5 м³ и 0,18 Гкал соответственно. Стоимость 1 м³ воды в Санкт-Петербурге составляет 109,1 руб./м³, стоимость 1 Гкал – 1818,29 руб./Гкал.

Объем стока горячей воды рассчитан по формуле:

$$Vs = na,$$

где n – количество проживающих; a – расход потребления горячей воды на одного человека

$$Vs = 300 \times 6,5 = 1950 \text{ м}^3/\text{мес. или } 65,00 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Энергия, которая содержится в стоках, рассчитана по формуле [2] с учетом неравномерности потребления горячей воды в жилом здании и составляет 10,84 м³/ч:

$$E_{\text{сток}} = \frac{\Gamma_{\text{кал}} n}{N t},$$

где t – время наибольшего потребления горячей воды в часах; N – количество дней в месяце.

$$\frac{0,19}{30} \times \frac{300}{6} = 372,16 \text{ кВт/ч.}$$

В связи с тем, что использовать удается лишь 40-50% энергии содержащейся в сбрасываемых стоках учет возвращаемой энергии потребителю рассчитывается по формуле [3], с учетом электропривода теплового насоса, который на 1 кВт·ч. отработанной среды потребляет около 0,23 кВт·ч [1, 2]. Выраженная возвращаемая энергия переведена в денежный эквивалент, для более наглядного оценивания окупаемости установки теплового насоса непосредственно в жилом многоквартирном доме.

$$E_{\text{возв.}} = \Gamma_{\text{кал}} \times n \times 50\% \times A_{\text{гв.}}$$

где $A_{\text{г.в.}}$ – сумма затрат на горячее водоснабжение

$$0,19 \times 300 \times 50\% \times (1818,9+109,1) = 54948,00 \text{ руб./мес.}$$

При оценивании необходимо учитывать энергопотребление теплового насоса формула [4], затрачиваемое им во время работы по рекуперации тепла из сточных вод. Стоимость 1 кВт·ч по Санкт-Петербургу на 2021 г. составляет 4,82 руб.

$$A_e = q_{\text{эт.}} t N A_{\text{эл.}}$$

где $q_{\text{эт.}}$ – количество потребляемой энергии тепловым насосом

$$43 \times 6 \times 30 \times 4,82 = 37306,80 \text{ руб./мес.}$$

Срок окупаемости установки теплового насоса произведен из расчета стоимости теплового насоса подобранного по рассчитанным параметрам. Цена такого теплового насоса на 2021 г. составляет 1,307 млн. руб.

$$\frac{1307000}{17641,2 \times 12} = 37 \text{ мес.}$$

Таким образом, на первом этапе теоретических исследований было произведено оценивание рентабельности установки теплового насоса на первой ступени сбора сточных вод, расположенного непосредственно в подвале многоквартирного жилого дома. Данный расчет позволяет отразить эффективность установки тепловых насосов, в систему возврата тепловой энергии, которые снизят потребление энергии и как следствие выброс в атмосферу парниковых газов [1, 4, 5].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Горобей С.С., Мельникова Ю.С. Утилизация тепла канализационных стоков жилых домов с применением теплообменника / Вестник современных исследований. 2018. №4-2 С. 223-225.
2. Шонина Н. А. Использование теплоты сточных вод для дома / Сантехника. 2014. № 6.
3. Фролов В.П., Щербаков С.Н., Фролов М.В., Шелгинский А.Я. Эффективность использования тепловых насосов в централизованных системах теплоснабжения / Новости теплоснабжения. 2004. № 7.
4. Mohamad R., Thierry L., Mohamad K. Recovering heat from hot drain water—Experimental evaluation, parametric analysis and new calculation procedure / Energy and Buildings 2016. №128, с. 575–582
5. Spriet J., McNabola A., Neugebauer G., Stoeglehner G., Ertl T., Kretschme, F. Spatial and temporal considerations in the performance of wastewater heat recovery systems / Journal of Cleaner Production. 2020. №247. Ст.119583

ANALYSIS OF INSULATORS AND SELECTION CRITERIA

The purpose of the present study is to make a comparison between cork and expanded polystyrene in order to determine the best thermal insulation on all levels. To achieve this goal it is necessary for us to solve the following task: Collecting data, analyze of each insulator, put some criteria of choice, and make some experimentation.

1. Cork:

Among the porous materials used in the thermal and acoustic insulation of buildings, cork is a 100% natural and ecological product. Given by nature and worked by man, cork has adapted to modern construction processes, while maintaining its natural qualities. Its structure is formed by the juxtaposition of microscopic cells isolated from each other and filled to 95% by immobile air. This gives it both great flexibility and high insulating power [1].

Wall is composed of 3 layers which means we have 3 thermal resistances.

The first layer is 20 mm of construction coating: $R_1 = \frac{20 \times 10^{-3}}{0.72} = 0.027 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

The second layer is 150 mm of cork: $R_2 = \frac{150 \times 10^{-3}}{0.036} = 4.16 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

The third layer is 200 mm of brick: $R_3 = \frac{200 \times 10^{-3}}{0.17} = 1.17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Resistance of the wall:

$$R_{wall} = 5.51 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}.$$

$$T_i = t_{int} - (t_{int} - t_{ext}) \frac{R_{si} + \sum R}{R_{total}} t_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}, t_{ext} = -5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$T_1 = 20 - (20 - 5) \cdot \frac{1}{5.51} = 19,48 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$T_2 = 20 - (20 - 5) \cdot \frac{\frac{1}{8,7} + 1,17}{5,51} = 14,17 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$T_3 = 20 - (20 - 5) \cdot \frac{\frac{1}{8,7} + 1,17 + 4,16}{5,51} = -4,8 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Table 1 – Thermal conductivity and density of cork insulation [2]

Type	Density, kg/m ³	Thermal conductivity, W m ⁻¹ °C ⁻¹ / h ⁻¹ m ⁻¹ °C ⁻¹ kcal
Expanded foam Type I	130	0,04/0,0344
Expanded foam Type II	150	0,041/0,036

2. Expanded polystyrene:

Expanded polystyrene (EPS) is a light weight building material that exhibits good thermal properties and is suitable for making thermally insulated building walls. Expanded polystyrene is an insulation material produced by the petrochemical industry. It is called "expanded" because it is made by expanding beads of styrene monomer with pentane (a gas) and water vapor. In a simpler way: it is a plastic and rigid material trapping many small gas bubbles [3].

Wall is composed of 3 layers which means we have 3 thermal resistances.

The first layer is 20 mm of construction coating: $R_1 = 0,027 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

The second layer is 150 mm of expanded polystyrene: $R_2 = 3,94 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

The third layer is 200 mm of brick: $R_3 = 1,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Resistance of the wall: $R_{wall} = 5,29 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

$$T_2 = 13,93 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$T_3 = -4.8 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Table 2 – Thermal conductivity and density values of polystyrene insulation [4]

Type	Density, kg/m^3	Thermal conductivity, $\text{W m}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} / \text{h}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \text{ kcal}$
Expanded foam Type I	10	0.057/0.049
Expanded foam Type II	12	0.044/0.038

Table 3 – Comparison between cork and expanded polystyrene [5]

Insulator	$\lambda \text{ W/mK}$	Durability	Embodied energy kWh/m^3	Renewable	Sound insulation	Moisture resistance	Fireproof
Expanded polystyrene	0.038-0.044	unstable over time	450	No	Bad	Good	Class B
Cork	0.036-0.039	Yes	230	Yes	Good	Good	Class E

Laboratory works: in this step we have done some experiments to choose between cork and expanded polystyrene and decide which one is more suitable for energy efficiency (fig. 1).

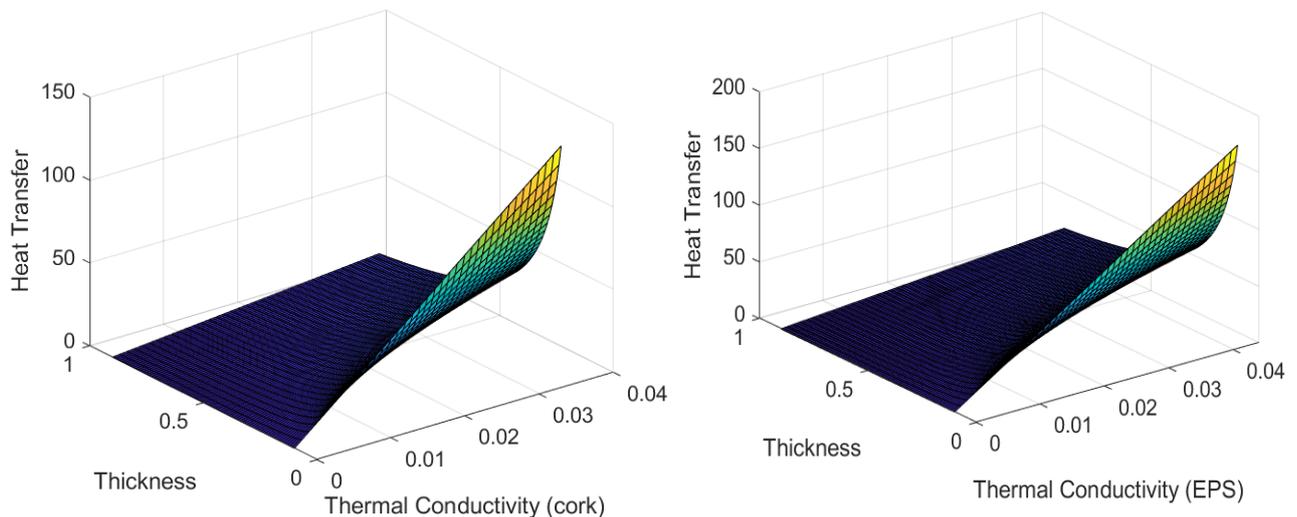


Fig. 1. Comparison between cork and EPS according to heat transfer, thickness and thermal conductivity

Conclusion. As it has been shown before, we have found that the choice of the right insulator must be linked to the following criteria: thermal conductivity, fireproof, thermal resistance, thickness. From the research we made the comparison between cork and expanded polystyrene, we found that cork is more useful for insulation than expanded polystyrene. Both insulators have a vulnerable resistance to fire, so to have more performance in our insulators we must avoid direct contact with fire and intervene in their thermal conductivity and thickness.

REFERENCES:

1. El Bakkouri A. Caractérisation Hygroscopique, Thermophysique et Mécanique des Matériaux Allégés: le Plâtre, le Liège, la Brique Creuse. Thèse de Doctorat en Sciences, Tétouan, Maroc, 2004.
2. Amorim Isolamentos. Amorim Isolamentos, Vendas Novas, Portugal, 2016. Available online: <http://www.amorimisolamentos.com/aplicacoes/ETICS/57>
3. Miled, K., Sab, K., Le Roy, R. Effet d'échelle dans le béton léger de polystyrène expansé; Colloque Microstructure et Propriétés des matériaux, pp. 189-194, ENPC 2005.
4. Anonymous, 1995. Hard foam (EPS) in Heat Insulation. EPS Manufacturers Society, p. 14, Turkey.
5. Le Grand Livre de l'Isolation aux éditions EYROLLES: Thierry Gallauziaux, David Fedullo.

COMPARISON BETWEEN CELLULOSE AND ROCKWOOL FOR THERMAL INSULATION

A building is designed to protect users of climate (hot, cold) by creating an internal microclimate satisfactory for various activities, ensuring effective management of energy.

The building sector deemed major consumer of energy (almost half of global consumption) reduction of this consumption is at the heart of the concerns of new builders who make their reflection in the context of sustainable development or still of the high environmental quality [1].

The achievement of these objectives led to the appearance of passive solutions, which have been developed strongly increasing the insulation of the various components of the envelope to prevent maximum heat loss to the outside.

In these conditions, insulating is much appreciated.

To achieve the set goals, it is necessary to solve the following tasks:

In order to accomplish the aim of this research the following points are required to be investigated:

- Collecting data
- Analyzing and comparing the existing insulators
- Analysis of different indicators:
- Thermal resistance and thermal conductivity
- The choice of the insulator and the insulating solution.

Analytical review of cellulose:

Cellulose comprises thermal insulation made from recycled paper or wood fiber mass. The production process gives the insulation material a consistency somewhat similar to that of wool. Boric acid (H_3BO_3) and borax (sodium borates, $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ or $Na_2[B_4O_5(OH)_4] \cdot 8H_2O$) are added to improve the product properties.

Thermal conductivity of cellulose insulation. Typical thermal conductivity values for cellulose insulation are between 0.035 to 0.038 $W/m \cdot K$ (table 1).

Analytical review of Rockwool:

Rockwool insulation is a proprietary name for a type of stone wool that is frequently used as an insulator for buildings. Rockwool is manufactured by heating certain minerals to their melting point and then spinning the minerals until they solidify in the shape of fine threads.

Thermal conductivity of rockwool insulation are between 0.037 to 0.04 $W/m \cdot K$ (table 2).

Table 1 – Thermal conductivity and density of Cellulose [2]

Material	Thermal Conductivity, $W m^{-1} \cdot C^{-1}/h^{-1} m^{-1} \cdot C^{-1} kcal$	Density, g/cm^3
Cellulose	0,035-0,038	1,5

Table 2 – Thermal conductivity and density of rockwool

Material	Thermal Conductivity $W m^{-1} \cdot C^{-1}/h^{-1} m^{-1} \cdot C^{-1} kcal$	Density, kg/m^3
Rockwool	0,037-0,04	40

Criteria of choice:

Thermal conductivity – Thermal resistance – Technical properties – Economical aspects.

Mathematical modelling:

Inputs:

Materials: λ coefficient – Temperatures: Average external and requested internal

Outputs:

Thermal resistance – Heat transfer – Thickness: For a specific environment (external temp)

Explication:

For an insulator with its λ : λ

For a specific environment (external temp.): T_1

For an internal requested temperature: T_2

$$\rightarrow dt = T_2 - T_1.$$

To calculate the thickness in a specific environment,

$$R = e / \lambda = (T_2 - T_1) / \phi, \text{ where } \phi = Q / s.$$

In fig.1 there are shown the distribution of temperature and pressure in the wall. In fig. 2 it has presented the required thermal insulation thickness to prevent condensation due to changes in external temperature. And in the third figure, we described the heat transfer rate at minimum thermal insulation thickness.

Table 3 – Common insulating materials, thermal conductivity, advantages and disadvantages [3]

Insulating Materials	Thermal Conductivity	Advantages	Disadvantages
Cellulose	0,036	Very good R-value, can be used	Absorbs moisture and loses R-values when wet, decays.
Rockwool batts	0,038	As above	As above

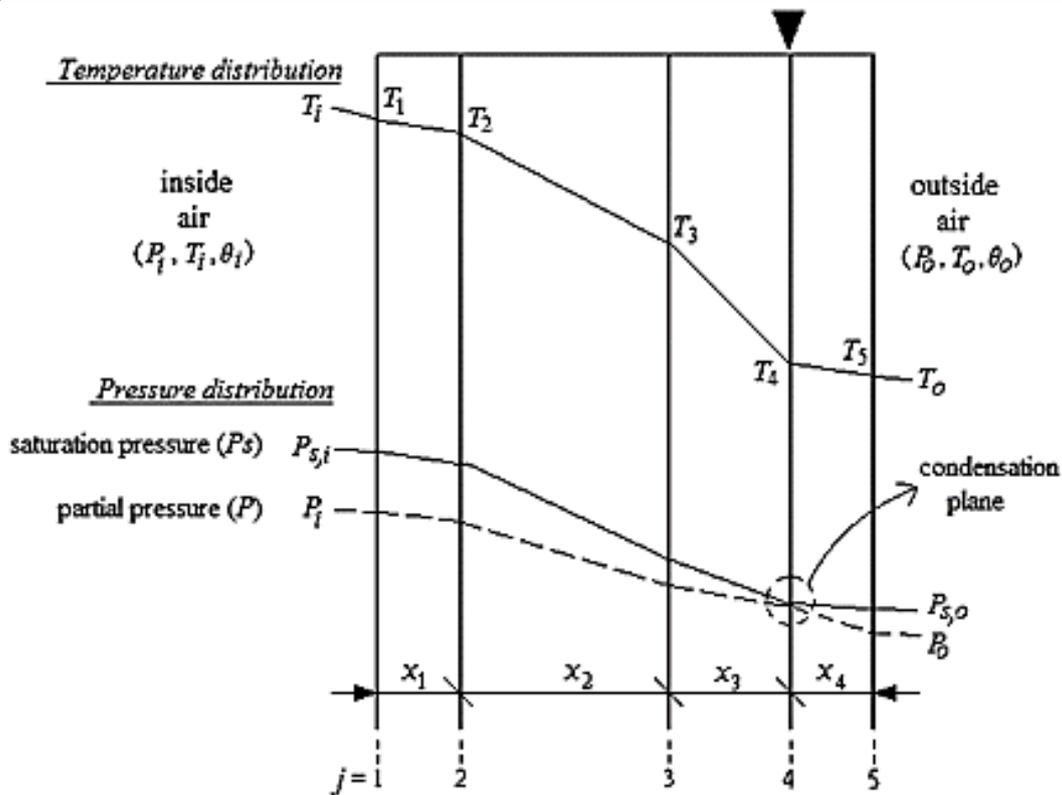


Fig. 1. Distribution of temperature and pressure in the wall [4]

$Q = mc\Delta T = (k/e)S\Delta T$; Q – heat content in Joules; m – mass; c – specific heat, J/g °C; T – temperature; ΔT – change in temperature.

The distribution of the heat transfer rate at minimum thermal insulation thickness has shown in fig. 3.

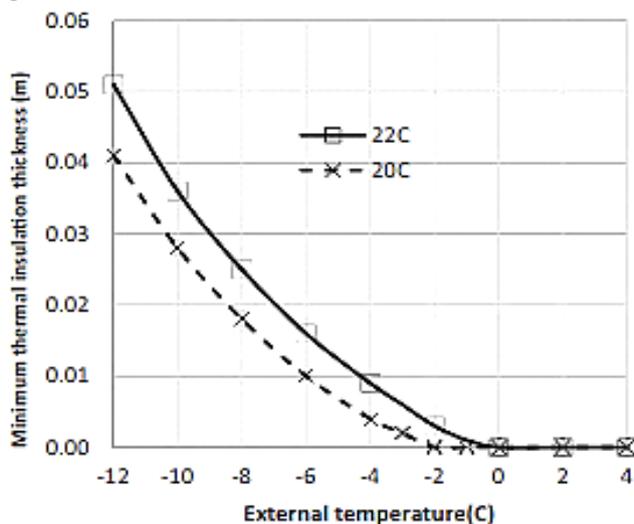


Fig. 2. Changes in minimum thermal insulation thickness with external temperature [5]

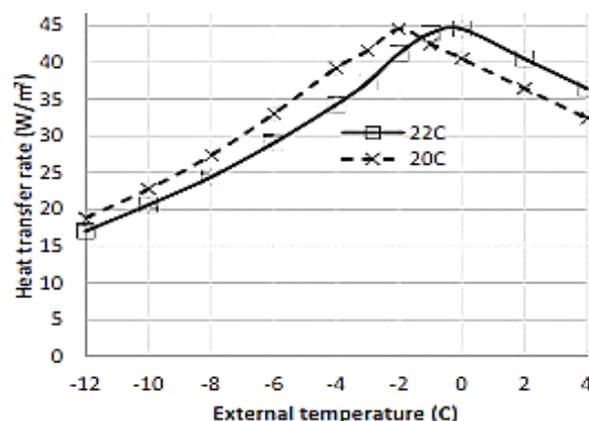


Fig. 3. Heat transfer rate at minimum thermal Insulation thickness [5]

Conclusion

From the experimental and analytical investigation of the insulators, the following conclusions have arrived: the cellulose is more thermal resistant than rockwool because of its high characteristics according to the criteria of choice put in the research.

To have a better insulator, we have to improve its characteristics.

REFERENCES:

1. Fayez Aldawi, Firoz Alam. In Thermofluid Modeling for Energy Efficiency Applications, 2016.
2. Deshmukh G., Birwal P., Datir R., Patel S. Thermal Insulation Materials. 2017.
3. Directive 2010/31/EU of European parliament and of The council "On the energy performance of buildings", May 2010
4. Thermal insulation –Determination of steady-state thermal resistance and related properties – Heat flow meter apparatus. Switzerland: ISO, 1991, (in English)
5. 2000 Hygrothermal performance of building materials and products – Determination of hygroscopic sorption properties. Belgium: CEN, 1997.

УДК 620.92

В.Е. Стругов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭНЕРГЕТИКА КАРЕЛИИ.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, РЕСУРСЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Топливо-энергетический комплекс республики Карелии включает в себя гидроэлектростанцию (общей мощностью 632,8 МВт), тепловые электростанции (мощностью 478 МВт) и большое количество котельных [1]. Все теплоэлектростанции используют импортное топливо. Все древесные отходы, образующиеся в технологических процессах целлюлозно-бумажных предприятий, сжигаются в утилизационной котельной. В системе потребления топливо-энергетических ресурсов произошли существенные изменения, связанные с замещением угля и мазута природным газом и биотопливом. Объем потребления топливо-энергетических ресурсов в Карелии не так высок. Расход топливо-энергетических

ресурсов в жилищно-коммунальном хозяйстве на человека составляет около 1,2 т условного топлива на человека.

Одним из важнейших показателей энергоэффективности является расход топливно-энергетических ресурсов на 1000 долларов производства валового регионального продукта (ВРП). В Карелии расход составляет около 1,5 т/1000\$ ВРП (2008 г.). Это значение значительно больше среднего значения по Северо-Западному федеральному округу и в 4 раза больше, чем в США. Конечно, отчасти это обусловлено наличием энергоемких производств и влиянием холодного климата на регион.

Для оценки перспективного потребления электроэнергии на уровне 2030 г. используется модельный подход. Соответственно объем использования местных и возобновляемых источников энергии будет зависеть от прогнозируемых объемов потребления топлива и энергии в Республике.

В Карелии наиболее перспективным является развитие гидроэнергетики, ветроэнергетики и биоэнергетики. В работе использован анализ ветроэнергетического потенциала Республики Карелия, выполненный в работах [1]. Изучение пространственно-временного распределения ветроэнергетических ресурсов требует регулярных и длительных наблюдений. Для исследования ветроэнергетического потенциала была использована система ENERGOМ (Сидоренко Г.И.). В работе получены новые результаты в исследовании ветроэнергетических ресурсов Карелии. На рис. 1 показано распределение максимальных скоростей ветра за каждый день в долгосрочном периоде [2]. В результате изучения ветровых ресурсов получены новые результаты и оценки экономического потенциала ветроэнергетических ресурсов Карелии. Реальный ветроэнергетический потенциал, который может быть реализован к 2030 г., оценивается в 0,44 млн т. Общий потенциал возобновляемых источников энергии оценивается примерно в 6,3 млн тонн условного топлива (рис. 2) [1, 3].

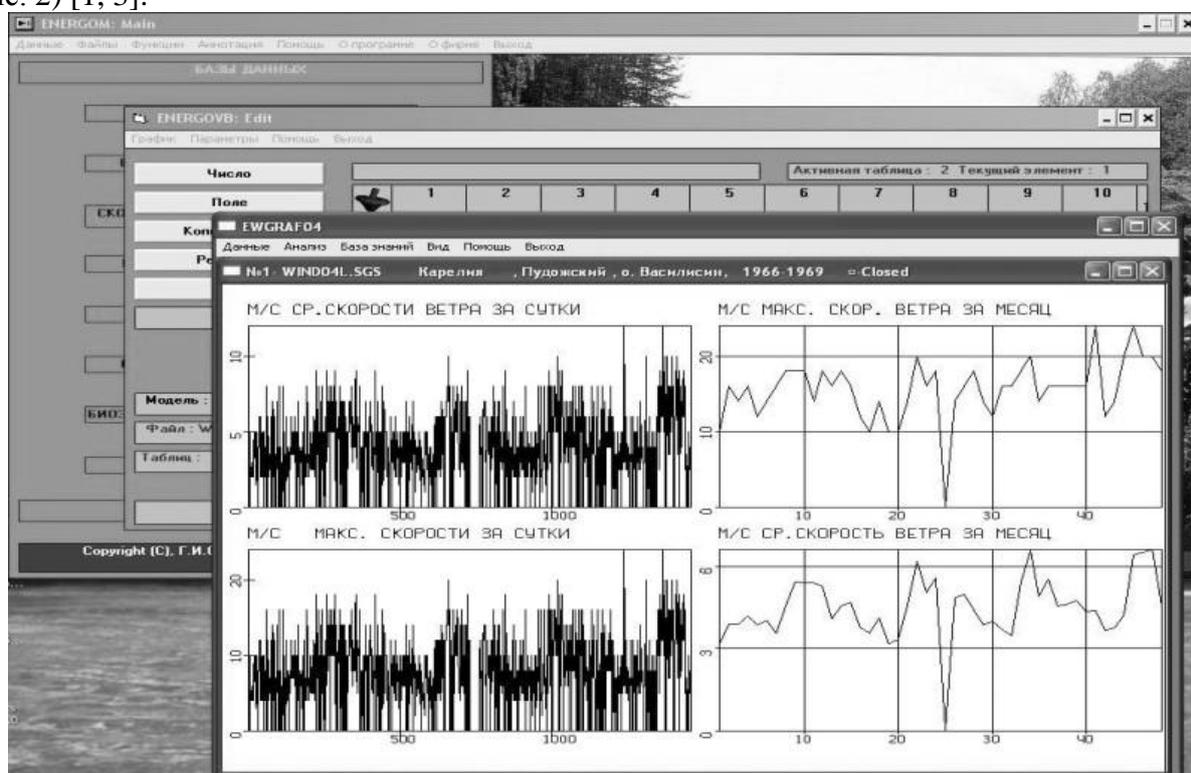


Рис. 1. Типичное распределение максимальных скоростей ветра в посту наблюдений, расположенном вблизи города Кемь (ПЦ ENERGOМ)

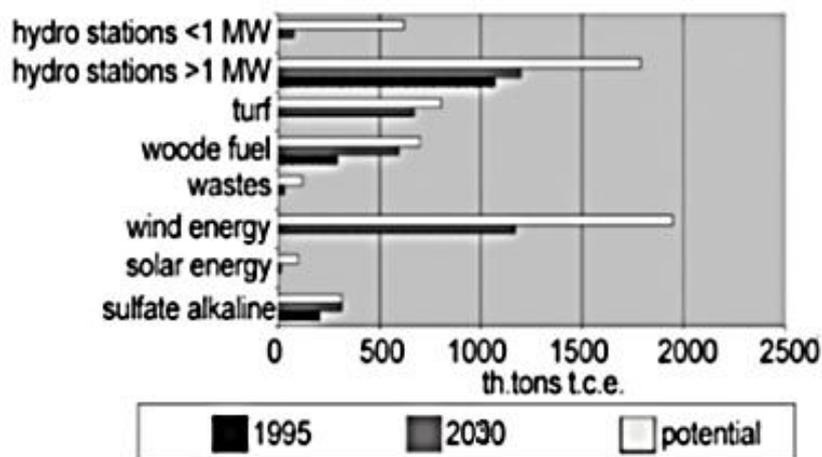


Рис. 2. Оценка возобновляемых источников энергии Республики Карелия

Для масштабного развития ветроэнергетики в Карелии оптимальными являются прибрежные районы Белого моря, Онежского и Ладожского озера. Кроме того, карельское побережье Белого моря обладает умеренными и равномерными ветрами, без сильных и штормовых порывов в течение года. Именно на этих территориях авторы предлагают строить крупные ветроэлектростанции.

В работе рассматривается поэтапное развитие ветроэнергетики со строительством крупных ветроэлектростанций в районе побережья Белого моря, в частности вблизи города Кемь. Ветровые ресурсы этого района достаточно хорошо изучены в аспекте климатических и ветроэнергетических условий [1-4]. Определены направления ветра, содержащие наибольшую мощность: юг-юго-восток и восток-юго-восток. При этом наименьшая повторяемость скоростей ветра наблюдается в направлении восток-юго-восток (рис. 3).

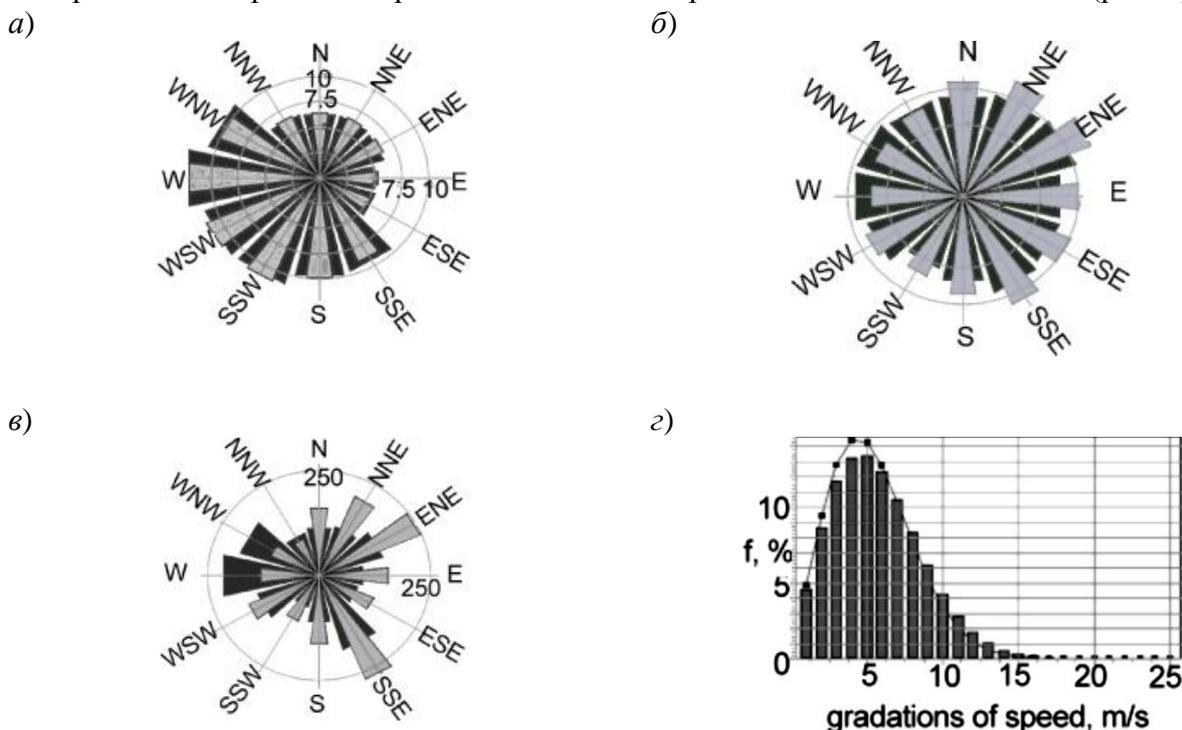


Рис. 3. Результаты исследования структуры скорости ветра в городе Кемь: *а* – преобладающее направление ветра; *б* – направления, соответствующие наибольшим скоростям ветра; *в* – направления с наибольшим потенциалом; *г* – дифференциальная зависимость скоростей ветра

В качестве площадки возможного строительства ВЭС были рассмотрены пригород Кеми, мыс Пуховый Наволок, остров Попов и гора Горелиха. В непосредственной близости от города Кемь проходят линии электропередач 110 кВ и 330 кВ. Район Кемь располагает территорией, достаточной для размещения ветроагрегатов большой ВЭС. Кроме того, наличие линии электропередач вблизи города облегчает подключение будущей электростанции к ЛЭП.

Все расчеты будут сделаны с учетом холодного климата региона. К настоящему времени в мировой практике накоплен достаточный опыт строительства ВЭС в регионах с холодным климатом. Накопленный опыт позволил сформировать стандартные требования к ветрогенераторам, размещаемым в районах с холодным или полярным климатом. Важным аспектом является использование электроэнергии от ВЭС для решения проблем теплоснабжения. Комплексное использование электроэнергии от ВЭС повышает экономическую целесообразность строительства ВЭС и снижает расходы топлива в системах теплоснабжения [5].

Выводы

Выполнен анализ топливно-энергетического комплекса Карелии и определена его энергоэффективность. Определены наиболее благоприятные места для строительства ВЭС. Представлены результаты исследования структуры скорости ветра в г. Кемь. Развитие ветроэнергетики в Карелии обосновано и целесообразно в связи с энергодефицитом и необходимостью импорта топлива в регион.

Работы выполнены под руководством проф. ВШ ГиЭС ИСИ, д.т.н. Сидоренко Г.И.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Борисов Г.А., Сидоренко Г.И. Энергетика Карелии. Современное состояние, ресурсы и перспективы развития. СПб.: Наука, 1999.
2. Sidorenko, G. Space-time distribution and integral estimates of renewable energy sources of Karelia, Tiedonantoja 15, Vol.1, University of Joensuu, Finland, 1993, pp.19-38.
3. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии возобновляемых источников энергии в России / П.П. Безруких, Ю.Д. Арбузов, Г.А. Борисов и др. СПб.: Наука, 2002.
4. Uzegova E.I., Sidorenko G.I. Simulation wind energy resources and optimization parameters Kemskaya Wind Power Plant / In book "All-Russia Students Olimpiada "Computer modeling of nanostructure and renewable sources of energy", SPb., SPbPU. 2010, pp.50-56.
5. Минин В.А. Перспективы использования энергии ветра для теплоснабжения потребителей Севера / Теплоэнергетика. № 11. 2009. С. 34-40.

UDC 620.91

E.A. Utkina
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

PRACTICAL VALUE OF SOLAR ENERGY FLUX DATA OBTAINED BY ANALYTICAL METHOD

There are a number of techniques to determine the flow of solar radiation onto the receiving surface. The best results are obtained by Byrd's method. Its improvement is possible by introducing correction factors. Simulation of the solar radiation flux, built on this approach, gives sufficiently accurate results for solving practical problems. To increase the reliability of calculations, it is advisable to use more extensively the databases of actinometric observations obtained at observation posts on the territory of the former USSR.

Today solar energy is gaining more and more popularity. This type of energy is more environmentally friendly and less resource-intensive, since the sun's rays enter the Earth every day.

To assess the economic efficiency of solar technologies, it is necessary to have data on the receipt of solar radiation (SR) on the receiving surface. The SR flux depends on a number of factors:

climatic conditions, geographic location of the solar installation, and others [1]. There are a number of methods to determine the SR flux on a horizontal surface. This work will consider the methodology most suitable for the territories of the CIS countries [2].

The purpose of this work is to find data on solar energy flux in an analytical way. To achieve this, we need to solve the following tasks:

1. Choose a method for calculating the solar energy flux density that is most suitable for the territories of the CIS countries.
2. Make calculations according to the chosen method and obtain data on the solar energy flow.
3. Compare data obtained analytically and experimentally.

Research methods

According to the results of calculating the root-mean-square errors of the deviation of the calculated values of the SR flux from those observed for various methods [3], the Byrd method has the smallest error [4]. This technique is easy to use and makes it possible to calculate all components of the SI stream without using additional data.

To increase the reliability of the data obtained, correction factors were introduced depending on the type of surface, radiation, and also the season of the year [3, 5]. Correction factors were calculated using the least squares method. The criterion for choosing the best coefficient was the requirement of the minimum sum of squares of the discrepancy between the observed and calculated data in each month of the year for 50 different stations located in the post-Soviet space. The values of the correction factors are presented in table 1.

Table 1 – Correction Factor Values

Surface type	Direct radiation	Diffuse radiation
Tracking	$K_{trac}^{dir} = 0,9$	–
Horizontal	$K_{hor}^{dir} = 1,14$ – winter $K_{hor}^{dir} = 0,91$ – summer	$K_{hor}^{dif} = 1,05$

Taking into account the correction factors, the dependences for calculating the SI density on a horizontal surface with a clear sky are as follows:

for direct SR:

$$E_{hor}^{dir} = E_c \cos \theta_z \tau_R \tau_{O_3} \tau_{ra3} \tau_{H_2O} \tau_A K_{hor}^{dir}, \quad (1)$$

for diffuse SR:

$$E_{hor}^{dif} = (E_c \cos \theta_z \tau_{O_3} \tau_{ra3} \tau_{H_2O} \tau_{AA} (0,5(1 - \tau_R) + B_a(1 - \tau_{AS_i}))) / (1 - M_i^* + M_i^{*1.02}) K_{hor}^{dif}, \quad (2)$$

where E_c – solar constant, 1367 W/m^2 ; θ_z – the angle of incidence of the sun's rays on a horizontal surface; τ_R – transmittance taking into account Rayleigh scattering of SR; τ_A – transmittance taking into account the weakening of SR by aerosol; τ_{AA} , τ_{AS} – transmittance coefficients taking into account aerosol absorption and SR scattering; τ_{O_3} , τ_{ra3} , τ_{H_2O} – transmittance coefficients taking into account the absorption of SR by ozone, gases and water; K_{hor}^{dir} , K_{hor}^{dif} – correction factors for calculating direct and diffuser SR on the territory of the former USSR.

Density of the full SI with a clear sky:

$$E_{hor}^{full} = (E_{hor}^{dir} + E_{hor}^{dif}) / (1 - r_3 * r_{a_i}), \quad (3)$$

where r_3 , r_{a_i} – albedo of the earth's surface and atmosphere.

This method was used to simulate the SR flow in the village Novomikhailovsky (Krasnodar Territory). To determine the reliability of the simulation, the calculation results were compared with experimental data on the arrival of solar radiation on a horizontal surface, which were obtained by students of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University in 2016. The daylight hours on the selected dates were 15 hours (sunrise at 5 am, sunset at 8 pm). The SR fluxes were calculated for each hour for 10 days (04.07-14.07, exclude 10.07). The values of the density of solar radiation in this

period of time are approximately the same; therefore, the data with the highest density of solar radiation (which were obtained for 04.07) are presented on fig. 1-2.

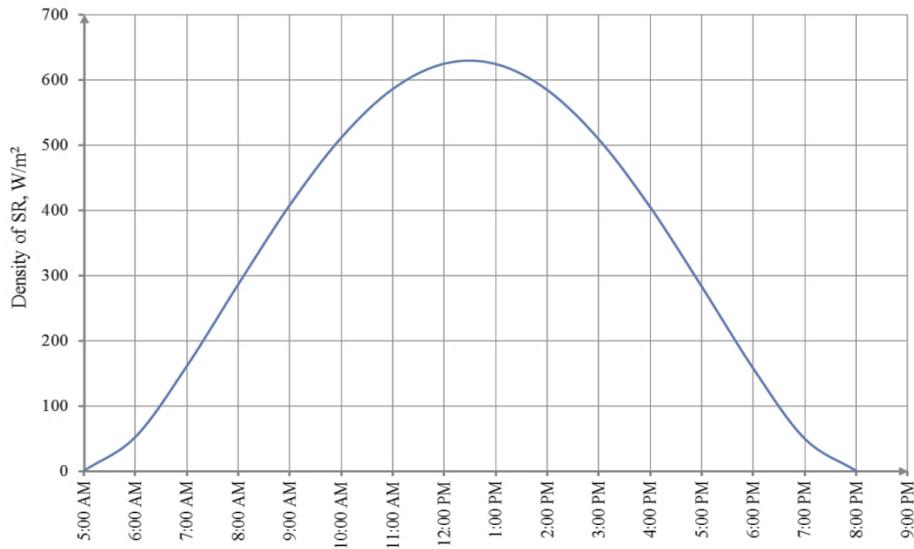


Fig. 1. Direct SR density values during daylight hours in the Southern camp of SPbPU on 04.07.2016

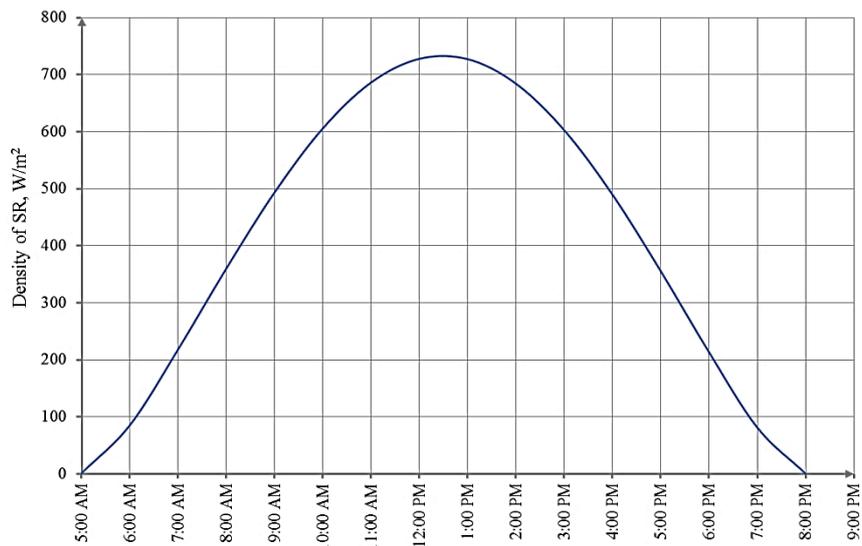


Fig. 2. Full SR density values during daylight hours in the Southern camp of SPbPU on 04.07.2016

The energy of incident solar radiation on a horizontal surface was found by the following formulas:

for direct SR

$$W_{hor}^{dir.calc} = \int_{t_{sunrise}}^{t_{sunset}} E_{hor}^{dir} dt, \quad (4)$$

for full SR

$$W_{hor}^{full.calc} = \int_{t_{sunrise}}^{t_{sunset}} E_{hor}^{full} dt, \quad (5)$$

where $t_{sunrise}$, t_{sunset} – sunrise and sunset times.

Using the obtained data presented on fig. 1-2, as well as formulas (4-5), it was found the arrival of solar energy on a horizontal surface with a clear sky for each calculated day. The results are shown in table 2.

Table 2 – The arrival of solar radiation in the Southern camp of SPbPU in 2016*

Date	04,07	05,07	06,07	07,07	08,07	09,07	11,07	12,07	13,07	14,07
W_{hor}^{exper}	4929	5347	5393	5723	4034	5338	3859	5274	5583	5716
$W_{hor}^{dir.calc}$	5245	5236	5227	5217	5207	5196	5178	5159	5146	5131
$W_{hor}^{full.calc}$	6333	6323	6313	6301	6290	6277	6258	6235	6220	6204

* all data are provided in $W \cdot h/m^2$

Conclusion

1. Comparison of the results of modeling the SR flux on a horizontal surface with a clear sky (direct SR) with experimental measurements shows the possibility of using this approach in solving practical problems (the average error was about 9%).

2. It is advisable to make wider use of databases of actinometric observations obtained at observation posts on the territory of the former USSR.

The work was carried out under the guidance of Professor of the Higher School of Hydraulic and Power Engineering Construction, Doctor of Technical Sciences G.I. Sidorenko.

REFERENCES:

1. The Climatic Factors of Renewable Sources of Energy / The team of authors. SPb.: Nauka. 2010.
2. Resources and efficiency of the use of renewable sources of energy in Russia / The team of authors. SPb.: Nauka. 2002.
3. Aronova E.S., Grilikhes V.A. Methodology for calculating the real density of solar radiation in the design of photovoltaic power plants / Scientific and technical statements of SPbPU. Natural and technical sciences. 2006. T. 1. № 6. Pp. 62-66.
4. Bird R.E., Hulstrom R.L. A simplified clear sky model for direct and diffuse insolation on horizontal surface / SERI/TR-642-761, Solar Energy Research Institute (SERI/NREL). 1981. Pp. 7-10.
5. Elistratov V.V., Grilikhes V.A., Aronova E.S. Solar power plants. Assessment of solar radiation intake: a tutorial / SPb.: SPbPU, 2009.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Высшая школа гидротехнического и энергетического строительства.....	3
Секция «Гидравлика»	3
<i>Мифтахова Д.Р., Ярославцева Е.Ю., Локтионова Е.А.</i> Пропускная способность трубопроводов, бывших в эксплуатации	3
<i>Шумихина А.А., Прибыткова Е.Н., Локтионова Е.А.</i> Интерференция местных сопротивлений в гидравлических системах	5
<i>Гатауллина Р.Ф., Столяров О.Н.</i> Применение метода ступенчатых изотерм для прогнозирования ползучести материалов полимерных трубопроводов	8
<i>Донцова А.Е., Ольшевский В.Я., Столяров О.Н.</i> Композитные трубы из текстильно-армированного бетона в инженерных системах зданий и сооружений	10
<i>Зинкевич И.В., Мостовых П.С., Каримов Т.И.</i> Разработка лабораторной установки для изучения речных волнообразных структур	12
<i>Макарова А.В., Петросова Д.В.</i> Моделирование рабочей характеристики системы теплоснабжения в зависимости от способа регулирования	15
<i>Ничипорович Е.Д., Локтионова Е.А.</i> Сопротивление труб из сшитого полиэтилена.....	18
<i>Петров М.М., Аверьянова О.В.</i> Рациональные системы очистки поверхностного стока аэродромов, содержащие антигололедные реагенты	21
<i>Лукин А.С., Локтионова Е.А.</i> Сравнительная оценка гидравлического сопротивления трубопроводов прямоугольного и круглого сечений	24
<i>Стрельник В.В., Заборова Д.Д.</i> Оценка эффективности теплообменника	27
<i>Тихонова Д.С., Куколев М.И.</i> Возобновляемая энергетика России и мировые тенденции	29
<i>Сурмин С.Е.; Куколев М.И.</i> Утилизация теплоты отработавших газов в системах тригенерации	32
<i>Дворниченко П.Ю., Куколев М.И.</i> Термодинамическая эффективность сферической капсулы теплового накопителя энергии	35
Секция «Гидротехническое строительство».....	38
<i>Адам Д.А., Большев А.С.</i> Определение граничных условий для транспортировки и эксплуатации плавкранов.....	38
<i>Бовдуй С.С., Фролова И.Е.</i> Гидротехнические сооружения рыбоводческого комплекса.....	40
<i>Волков Е.В., Уткина Е.А.</i> Повышение устойчивости низового откоса плотины при помощи устройства грунтовых анкеров	43
<i>Галлямов М.А., Уколов Ю.С.</i> Грузооборот морских портов России и предложения по его увеличению	46
<i>Курочкин А.С., Николаев А.Н., Закирова Н.Г., Того И.</i> Использование численного математического моделирования для обоснования конструкций ГТС	49
<i>Сумцова А.С., Беляев Н.Д.</i> Комплекс сооружений в составе искусственного острова в Невской губе.....	52
<i>Школьная А.А., Огиевич И.А., Шарапов Д.А.</i> Статическая устойчивость дамбы хвостохранилища Михайловского ГОКа им. А.В. Варичева в среде PLAXIS	55
<i>Школьная А.А., Фролова И.Е.</i> Низконапорный гидроузел на реке Кажым.....	58
<i>Карпова А.А., Стрябкова Ю.В., Шарапов Д.А.</i> Расчет больверка в составе искусственного острова методом КЭ	61
<i>Ихиньров А.С., Усиков Д.Е., Соколов П.В., Киселев Б.Ф.</i> Математическое моделирование ГТС на примере обоснования конструкций яхтенной гавани	63
<i>Холодаев Т.Д., Беляев Н.Д.</i> Влияние гидротехнических сооружений на вдольбереговой поток наносов	66

<i>Зырина Т.В., Того И., Фролова И.Е.</i> Конструирование контрфорсной плотины с массивным оголовком.....	69
<i>Любимый Н.М.</i> Современные методы проведения предпроектных работ при выборе участка строительства яхт-клуба.....	72
<i>Борисов О.В., Сяде А.Т.</i> Расчет устойчивости морской платформы парка ветроэнергетических установок в программе PLAXIS 2D	75
<i>Шуришин Е.А., Олехнович Я.А.</i> Современные методы защиты зданий и сооружений от наводнений.....	78
<i>Матренин Д.Д., Кашин Г.И., Олехнович Я.А.</i> Анализ применимости мирового опыта борьбы с наводнениями для Российской Федерации	81
<i>Ерёменко К.В., Николаенко Ю.И.</i> Обоснование конструкции основных сооружений Мельничной МГЭС мощностью 420 кВт	83
<i>Мельник И.С., Большев А.С.</i> Определение оптимальных условий постановки и эксплуатации плавучей гостиницы вблизи действующей буровой установки.....	86
<i>Крылова П.В.</i> Современные методы мониторинга состояния набережных Санкт-Петербурга	89
<i>Бучнев И.Д., Шаранов Д.А.</i> Расчет оградительных сооружений порта «Бухта Север» в программном комплексе PLAXIS 2D.....	92
<i>Тяготин В.М., Шаранов Д.А.</i> Расчет смещения якоря с помощью PLAXIS 3D.....	94
<i>Духопельникова Н.Р., Шкваров А.И., Фролова И.Е.</i> Применение фильтр-патронов ФОПС в гидротехническом строительстве на примере гидроузла на р. Кузьминка	97
<i>Гадылишина А.Р., Большев А.С.</i> Анализ динамики поведения плавучих причалов.....	99
<i>Полтанова М.Л., Волкова Ю.В.</i> Использование шпунта из композитных материалов в гидротехническом строительстве	102
<i>Кваша П.Ю., Сивак Т.А., Ефимов А.М.</i> Оценка выбросов парниковых газов с Сулакского каскада ГЭС в республике Дагестан.....	105
<i>Сивак Т.А., Кваша П.Ю., Ефимов А.М.</i> Экологическая оценка эксплуатации портовых сооружений на Дальнем Востоке	108
<i>Шадрина В.В., Беляев Н.Д.</i> Оценка интенсивности размыва галечного пляжа	111
<i>Шкваров А.И., Духопельникова Н.Р., Фролова И.Е.</i> Восстановление бетонных поверхностей на примере гидроузла на р. Кузьминка	114
<i>Онучина Д.Д., Большев А.С.</i> Использование информационных технологий для расчета устойчивости СПБУ на донном грунте.....	116
<i>Фирсов Д.В., Большев А.С.</i> Определение оптимальных условий постановки полупогружной буровой установки «Songa Venus» в Охотском море	119
<i>Макеева В.А., Беляев Н.Д.</i> Защита оснований шельфовых сооружений от размыва.....	122
<i>Крицук Л.А., Шаранов Д.А.</i> Динамический расчет на сейсмическую нагрузку в PLAXIS 2D.....	125
<i>Лотырев В.О.</i> Причальный комплекс в Лахтинской гавани	128
<i>Козаченко Д.А., Того И., Фролова И.Е.</i> Выбор створа комплексного низконапорного гидроузла на реке Багое в республике Мали.....	131
<i>Сердюкова А.В.</i> Конструкция защиты морских берегов и акватории для строительного периода	134
<i>Морозова Н.М.</i> Анализ проблемы подтопления территорий городов	136
Секция «Градостроительство»	139
<i>Белова Е.И., Кудрявцев В.С., Олехнович Я.А.</i> Реестровые ошибки и варианты их исправления.....	139
<i>Кондаков С.Д., Ямианов И.В.</i> Оценка нормативной базы по определению ветровой комфортности	141

<i>Антипова И.Д., Новик В.А., Цветков О.Ю.</i> Основные подходы в создании доступной среды на объектах социальной инфраструктуры.....	144
<i>Ремчукова Д.Р., Цветков О.Ю.</i> Проблемы модернизации домов типовых серий Василеостровского района г. Санкт-Петербурга.....	147
<i>Хамзин Э.Р., Беляева С.В., Птухина И.С.</i> Градостроительный анализ морской набережной.....	151
<i>Калинина К.А., Лютый Д.Ю., Остапова А.В, Кашин Г.И., Олехнович Я.А.</i> Преимущества программы «Чистое небо» и её реализация в Санкт-Петербурге.....	154
<i>Баранов Д.А., Криулин К.Н.</i> Уплотнительная застройка как градостроительный фактор подтопления территории в Санкт-Петербурге.....	156
<i>Новик В.А., Антипова И.Д., Бердник А.В., Симанкина Т.Л.</i> Влияние размещения перехватывающих парковок на экологические аспекты градостроительства.....	159
<i>Одинокоев Д.С., Салаткин И.В., Талипова Л.В.</i> Обеспечение доступной среды для маломобильных групп населения.....	161
<i>Ботева Т.Ю., Криулин К.Н.</i> Полуподводное общественное пространство. Концепция и основные технические решения.....	164
<i>Слободянюк Т.Р., Олехнович Я.А.</i> Процессы перемещения зданий и сооружений.....	167
<i>Горный В.М., Баденко В.Л.</i> Связь зон с особыми условиями использования территории с обеспечением устойчивого развития городов.....	169
<i>Бабаева Т.И., Криулин К.Н.</i> Велопарки. Концепция и основные технические решения.....	172
<i>Фулина А.В., Кашин Г.И., Олехнович Я.А.</i> Анализ проблемы потери идентичности малых и средних городов на примере исторического центра города Рязань.....	175
<i>Черепанова А.Н., Талипова Л.В.</i> Проектирование открытых общественных пространств при строительстве высотных зданий.....	177
<i>Черная О.А., Талипова Л.В.</i> Подходы к реновации промышленных территорий.....	180
Секция «Природообустройство».....	183
<i>Акимов Л.И., Баденко В.Л.</i> Валидация метода оценки энергозатрат на искусственное освещение по ГОСТ 32498-2013.....	183
<i>Акимов Л.И., Баденко В.Л.</i> Климатология как основа пассивного энергоэффективного проектирования.....	186
<i>Акимов Л.И., Баденко В.Л.</i> Методика проектирования систем затенения в целях повышения пассивной энергоэффективности зданий.....	189
<i>Акимов Л.И., Баденко В.Л.</i> Сравнительный метод биоклиматического проектирования адаптивных фасадных систем.....	192
<i>Георгиев М.А., Скворцова О.С.</i> Утилизация строительного мусора при демонтаже зданий заброшенных поселков Крайнего Севера.....	195
<i>Кадрова Э.Р., Скворцова О.С.</i> Сравнительный анализ загрязнения атмосферы машиностроительного и нефтеперерабатывающего предприятий.....	197
<i>Туковская А.М., Скворцова О.С.</i> Сравнительный анализ теплопотерь пассивного дома со стеной Тромба и дома с вакуумной термоизоляцией.....	200
<i>Яковлев Р.О., Мартынов М.В., Хвостова Ю.И., Скворцова О.С.</i> Современные решения для использования емкостей накопителей ливневого стока в условиях городской застройки.....	203
<i>Великий Я.А., Скурихин А.Н., Яковлева М.Д.</i> Определение классификационных признаков для проведения мониторинга прудов Калининского района.....	205
<i>Чичигинарова С.И., Волкова Ю.В.</i> Полимерные трубопроводы систем водоотведения в условиях вечной мерзлоты.....	207
<i>Касьянова Я.А., Волкова Ю.В.</i> Анализ территории Охтинского мыса для определения особенностей ее проектирования и использования.....	210

<i>Урванцева А.В., Волкова Ю.В.</i> Влияние особенностей ландшафта на создание рекреационных зон на окраинно-балочных территориях.....	212
<i>Яковлев Р.О., Мартынов М.В., Хвостова Ю.И., Романова К.Н.</i> Разработка рекомендаций по использованию ёмкостей-накопителей дождевого стока для городских территорий, не имеющих стока в городскую канализацию	214
<i>Романова К.Н., Яковлев Р.О., Латиков И.С., Павлов С.Я.</i> Методы очистки сточных вод для их применения при возделывании сельскохозяйственных культур	217
<i>Кадрова Э.Р., Павлов С.Я.</i> Сравнительный анализ архитектурных стилей: эклектика и модерн	220
<i>Седов К.Д., Павлов С.Я.</i> Открытые бассейны для индивидуального участка: анализ материалов и конструкции.....	223
<i>Кузнецов И.А., Павлов С.Я.</i> Дом А.А. Кушелева: анализ архитектуры фасадов.....	225
<i>Цветкова О.В., Ямшанов И.В.</i> Застройка приэкваториальной территории как метод вложения для поддержания состояния водного объекта	228
<i>Цветкова О.В., Ямшанов И.В.</i> Мониторинг функционирования водных объектов при помощи программного комплекса S-INFO.....	230
<i>Калимуллин Р.Р., Никонова О.Г.</i> О возможности применения автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов в домах жилого фонда	233
<i>Лиманова А.А., Никонова О.Г.</i> Различия между подходами к интеллектуальному автоматизированному управлению водоснабжением и отоплением жилых зданий в России и за рубежом	236
<i>Тарасов В.Ю., Корсун В.И.</i> Преимущества «зеленой крыши» на примере жилого дома со встроенной автостоянкой.....	239
<i>Головин П.Н., Сеницин Ю.А., Зайцева Е.А., Богданов В.Л.</i> Разработка макета геоинформационной системы для мониторинга земель и природообустройства	241
<i>Голованова Д.С.</i> Инновационные экологические решения при организации парковочных мест	244
<i>Назарова А.А., Гарманов В.В., Терлеев В.В.</i> Возможности использования по AutoCAD при сборе (инвентаризации) информации об объектах недвижимости	246
<i>Белюсов А.О., Богданов В.Л., Терлеев В.В.</i> Метод прогнозирования использования земельных ресурсов в системе землеустройства новгородской области с учётом социально-экономических факторов региона	248
<i>Голованова Д.С.</i> Экологические аспекты использования автомобильного транспорта и охраны земель в Ленинградской области.....	251
<i>Полторацк В.Н.</i> Применение инновационных технологий в управлении сельскохозяйственным землепользованием.....	254
<i>Филина Я.А., Дунаева Е.А., Барботкина Е.С., Терлеев В.В.</i> Анализ эффективности применения бытовых фильтров для доочистки питьевой воды.....	257
<i>Юнчик Ю.А., Умерова Л.Р., Терлеев В.В.</i> О качестве воды для целей полива на территории республики Крым	259
<i>Моисеев К.Г., Лазарев В.А.</i> Алгоритм определения водоудерживающей способности почвы на основе фрактальной модели PSF	262
<i>Моисеев К.Г., Зинчук Е.Г., Гиневский Р.С.</i> Некоторые фрактальные модели функции гидравлической проводимости почвы	265
<i>Гиневский Р.С., Лазарев В.А., Моисеев К.Г.</i> Сравнение математических моделей гидрофизических свойств почвогрунта	267
<i>Лазарев В.А., Гиневский Р.С., Дунаева Е.А., Моисеев К.Г.</i> Описание водоудерживания и влагопроводности грунта (почвы) с учетом гистерезиса при равных значениях общего экспоненциального параметра двух гидрофизических функций.....	270

<i>Лазарев В.А., Дунаева Е.А., Гарманов В.В.</i> Моделирование гистерезиса водоудерживающей способности почвы для расчета нормы орошения в точном мелиоративном земледелии	273
<i>Гиневский Р.С., Волкова Ю.В., Дунаева Е.А.</i> Расчет коэффициента водоотдачи с использованием наименьшей влагоемкости и математической модели водоудерживающей способности почвы	276
<i>Гасанов М.Э., Петровская А.Ю., Матвеев С.А., Пукальчик М.А.</i> Оптимизация полива с использованием имитационных моделей и погодных данных	278
<i>Петровская А.Ю., Джана Р.Б., Оселедец И.В.</i> Генерация изображений почвенной структуры с помощью генеративно-состязательной нейронной сети	280
<i>Терлеева А.В.</i> Теоретическое обоснование экономической целесообразности управления органическими коммунальными отходами	283
<i>Quasmi Aamir Waqar.</i> Environmental management system for Indian infrastructure projects.....	285
Секция «Городское строительство и хозяйство»	288
<i>Перминов Е. А., Царёва О. С.</i> Подготовка чертежей для разбивочных работ.....	288
<i>Routyeh M.L., Badenko V.L.</i> Benefits of using digital twins for facility management	291
<i>Dwivedi S., Godinho J.</i> The risk factors affecting construction and renovation projects	293
<i>Voichenko K.V.</i> Estimation of the laser scanner measurements quality.....	296
<i>Каскелайнен О.М., Баденко В.Л.</i> Методика цифровизации данных об автомобильных дорогах для обеспечения поддерживающих мероприятий.....	299
<i>Земба В.А, Баденко В.Л.</i> Создание метода построения BIM-модели существующего технически сложного объекта.....	302
<i>Розов А.П., Гравит М.В., Кирик Е.С.</i> Цифровая модель Зимнего дворца Государственного Эрмитажа для расчета эвакуации	305
<i>Бардина Г.А., Михайлова Д.С., Исаев К.А.</i> Реконструкция школы №10 в г. Гурьевск Кемеровской области.....	307
<i>Немчанинова В.А.</i> Проблемы дождевой канализации на примере перекрестка проспектов Энгельса и Луначарского в Санкт-Петербурге.....	310
<i>Тихонова Д.С., Криулин К.Н.</i> Методы расчета расходов дождевого стока с плоских крыш подземных автостоянок	312
<i>Сурикова М.В., Криулин К.Н.</i> Сравнение методов определения глубины заложения однолинейного дренажа при проектировании улиц в Санкт-Петербурге.....	315
<i>Сурикова М.В.</i> О применимости двухлинейного несовершенного дренажа в суглинистых грунтах в Санкт-Петербурге при проектировании автодорог и улиц.....	317
<i>Povarenko D.D., Molodkina L.M.</i> Engineering solutions to reduce surface runoff discharge from residential areas	320
<i>Mengisteab H.G.</i> Potential assessment of rooftop rainwater harvesting as water resource in Asmara city	324
<i>Дворцов П.А., Андрианова М.Ю.</i> Система сбора воды с крыши общественного здания.....	326
<i>Бабанина А.И., Криулин К.Н.</i> Расчет конструкции дождевого сада.....	328
<i>Шаповалова С.Н., Криулин К.Н.</i> Системы вторичного водоснабжения с использованием насосных станций дождевой канализации	331
<i>Сеиф Нажи, Шибанова Т.В.</i> Проблемы нелегальной застройки в Сирийской Арабской Республике.....	334
<i>Котляревская А.С., Криулин К.Н.</i> Инженерные решения благоустройства парковой зоны с учетом рельефа территории	336
<i>Мешихин А.А., Аверьянова О.В.</i> Балансировочные устройства в системах вентиляции.....	338
<i>Стародубцев В.И., Беляев Н.Д., Шаров В.В., Фурса А.И.</i> Экспериментальное исследование возможностей цифровой фотоаппаратуры при обследовании строительных конструкций.....	341

Секция «Инженерная защита окружающей среды»	344
<i>Сергеев О.Е., Русскова И. Г.</i> Анализ этапов проведения инженерно-экологических изысканий	344
<i>Свириденко В.А., Романович М.А.</i> Снижение негативного воздействия здания на окружающую среду на основе метода оценки жизненного цикла.....	347
<i>Мясникова Е.П., Черных А.А.</i> Влияние высотных зданий на окружающую среду.....	349
<i>Черкасов С.Д., Нусратов Э.С., Криулин К.Н.</i> Экспресс-оценка концентраций загрязняющих веществ при сбросе в водоток	351
<i>Хамзин Э.Р., Пестряков И.И., Беляева С.В., Птухина И.С.</i> Методы улучшения акустической обстановки на территории морской набережной в Санкт-Петербурге	354
<i>Khan S.</i> Noise pollution in Nagpur and possible measures to reduce it.....	357
<i>Серова О.В., Политаева Н.А.</i> Получение биоразлагаемого продукта на основе хитозана	359
<i>Иванова В.А., Рагозина А.В., Брехов П.С., Сперанский М.М., Негуляева Е.Ю.</i> Условия обитания калифорнийских червей в проточном вермикомпостере при переработке пищевых отходов	362
Секция «Энергоэффективность и возобновляемые источники энергии в строительстве».....	365
<i>Овчинникова А.И., Елистратов В.В.</i> Использование геотермальной энергии в системе отопления частного дома	365
<i>Красножен С.Е., Елистратов В.В.</i> Классификация принципов солнечной архитектуры для малоэтажного строительства	368
<i>Fadeeva S.A., Netova D.V.</i> Analysis and comparison efficiency of shading and double skin climate adaptive facade systems	371
<i>Левада А.В., Немова Д.В.</i> Оценка жизненного цикла здания на основе BIM-модели для зеленого строительства.....	374
<i>Васильева М.С.</i> Перспективы развития энергоэффективности и энергосбережения жилого фонда в России.....	376
<i>Molodanova V.D., Elistratov V.V.</i> Justification of the parameters of the shelf wind power unit in the Yamalo-Nenets autonomous area	379
<i>Соколовская О.А., Кудряшева И.Г.</i> Использование возобновляемых ресурсов для энергообеспечения коттеджного поселка в Архангельской области.....	382
<i>Тафинцев В.В.</i> Использование параметрического моделирования при проектировании ветроэнергетических станций.....	385
<i>Иванова П.М., Немова Д.В.</i> Высотный бизнес центр с конструкциями двойных фасадов с буферными зонами.....	387
<i>Ванина А.В., Черкасов С.Д.</i> Потенциал энергосбережения в исторических зданиях Санкт-Петербурга	389
<i>Mishra Sh., Aminov A.F., Romanov M.V.</i> Suitability of using straw bale in construction as an economical alternative	392
<i>Рудых М.В., Елистратов В.В.</i> Повышение энергоэффективности жилого модуля новой Антарктической станции «Восток»	392
<i>Lebedev E.A., Elistratov V.V.</i> Assessment of solar energy influx on vertical and inclined surface of a building in urban conditions.....	397
<i>Жумалиев Д.М.</i> Современное состояние и перспективы развития возобновляемой энергетики в Республике Казахстан.....	400
<i>Бочкарева Е.М.</i> Разработка системы энергоснабжения на основе ВЭС для коттеджа в Новосибирской области.....	403
<i>Черенева А.А., Андреева Д.С.</i> Энергосберегающие ограждающие конструкции в строительстве высотных зданий.....	405

<i>Позднышев Н.А., Сычев С.А.</i> Энергоэффективные технологии вентиляционных систем	407
<i>Мельникова А.Д., Усанова К.Ю.</i> Энергоэффективное здание бизнес-центра с «Double skin» фасадами	409
<i>Баженков Г.К., Аверьянова О.В.</i> Применяемость различных хладонов в системах с утилизацией теплоты и их энергоэффективность.....	412
<i>Gnatenko M.S., Kudryasheva I.G.</i> Energy supply of country house using renewable energy sources.....	415
<i>Локтеева Е.В.</i> Анализ и перспективы развития солнечной энергетики в мире и России	417
<i>Щербаков Д.В.</i> Оценка природного ветроэнергетического потенциала для энергообеспечения коттеджного поселка в Мурманской области.....	420
<i>Ngambi Kennedy, Togo I.</i> Analysis of thermal performance of two types of walling materials common in Zambia.....	422
<i>Ерохина А.О., Джур А.В., Филипп М.И.</i> Особенности строительства энергоэффективных зданий в России	425
<i>Мальшев Я.А., Немова Д.В.</i> Оценка различных вариантов энергоэффективного остекления фасадов зданий.....	427
<i>Осипчук А.В.</i> Особенности проектирования ВЭС на Кольском полуострове	429
<i>Садардинова Л.С., Андреева Д.С.</i> Бизнес-центр с тонкопленочными модулями в фасадных системах	431
<i>Алексеев С.А., Аверьянова О.В.</i> Оценка эффективности внедрения тепловых насосов на первой ступени сбора сточных вод в канализационную систему городов	435
<i>Kha Ismail, CH. M. I. Bilel, Togo I.</i> Analysis of insulators and selection criteria.....	437
<i>M. Houcem Eddine, CH.M.I.Bilel, Togo I.</i> Comparison between cellulose and rockwool for thermal insulation	439
<i>Стругов В.Е.</i> Энергетика Карелии. Современное состояние, ресурсы и перспективы развития.....	441
<i>Utkina E.A.</i> Practical value of solar energy flux data obtained by analytical method	444

НЕДЕЛЯ НАУКИ ИСИ

Сборник материалов
Всероссийской конференции

26–30 апреля 2021 года

Часть 1

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, т. 2; 95 3004 – научная и производственная литература

Подписано в печать 30.04.2021. Формат 60×84/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 28,5. Тираж 52. Заказ 1987.

Отпечатано с готового оригинал-макета,
предоставленного организационным комитетом конференции,
в Издательско-полиграфическом центре Политехнического университета.
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.
Тел.: (812) 552-77-17; 550-40-14.