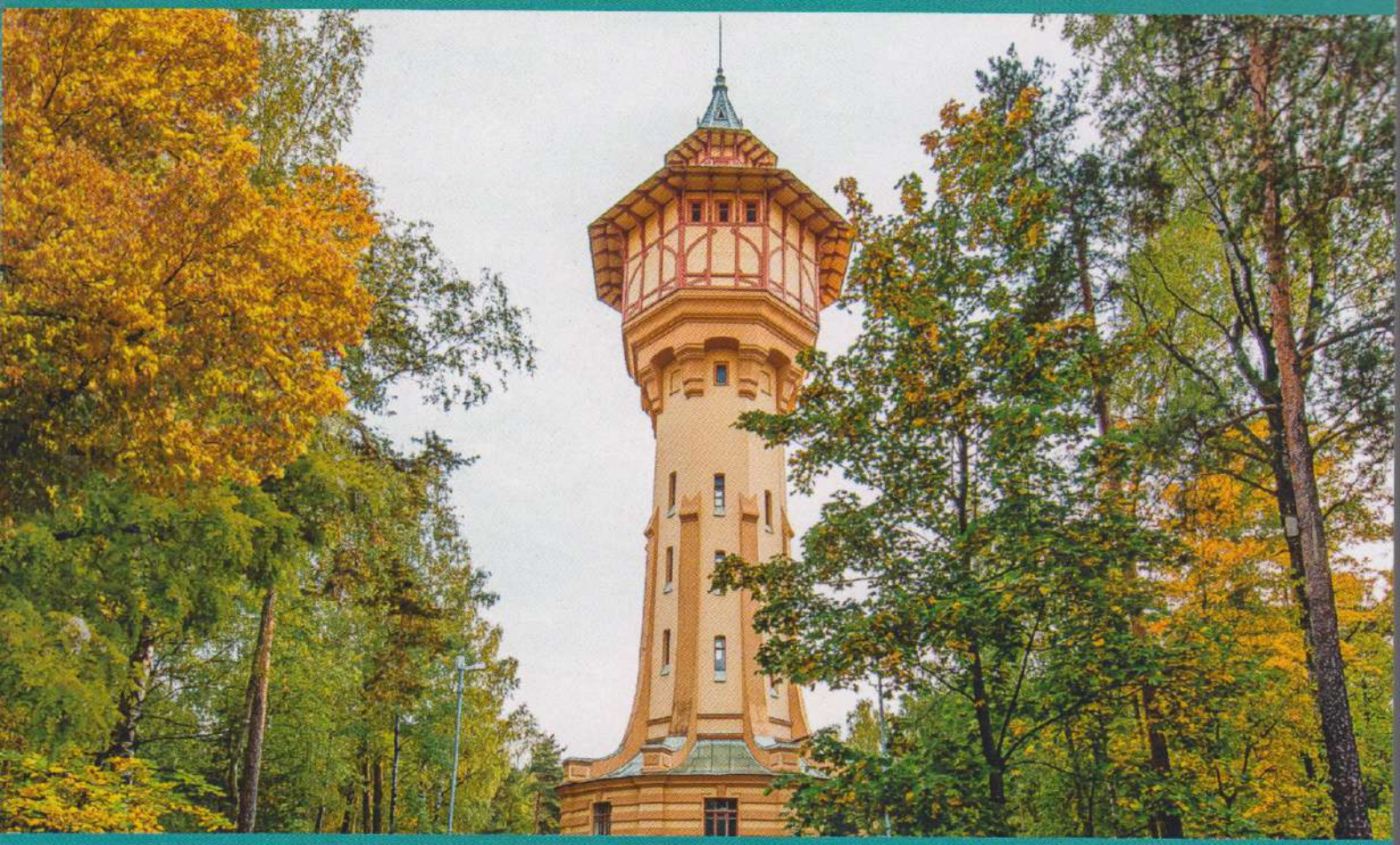
ПОЛИТЕХ
Инженерно-строительный институт

НЕДЕЛЯ НАУКИ ИСИ

Сборник материалов
Всероссийской конференции

3–9 апреля 2023 года

Часть 1



ПОЛИТЕХ-ПРЕСС
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

2023

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Инженерно-строительный институт

НЕДЕЛЯ НАУКИ ИСИ

Сборник материалов
Всероссийской конференции

3–9 апреля 2023 года

Часть 1

ПОЛИТЕХ-ПРЕСС
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Санкт-Петербург
2023

УДК 69:624:625:626:627
ББК 38
Н42

Неделя науки ИСИ : сборник материалов Всероссийской конференции, 3–9 апреля 2023 г. В 3 ч. Ч. 1. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – 374 с.

В сборник включены статьи студентов, аспирантов, молодых ученых и сотрудников Инженерно-строительного института СПбПУ, 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.

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

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

Редакционная коллегия
Инженерно-строительного института СПбПУ:
Г. Л. Козинец (директор 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 978-5-7422-8103-0 (ч. 1)
ISBN 978-5-7422-8102-3

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2023

ВЫСШАЯ ШКОЛА ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

СЕКЦИЯ «ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»

УДК 627.83: 627.152

А.А. Балакина, Н.П. Лавров, И.Е. Фролова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЕРИВАЦИОННЫХ ГЭС

Гидроэнергетические ресурсы малых рек Российской Федерации значительны, но большей частью не освоены. Во многом это связано с проблемами водозабора из горных рек, на которых обычно строятся деривационные гидростанции. При максимальных паводковых расходах реки не всегда обеспечивается необходимая пропускная способность водозаборного сооружения для деривационных ГЭС (ВСДГ), водоприемники забиваются речными наносами (песок, гравий, галька), речной поток срывает затворы на речных пролетах сооружения. При пропуске минимальных меженных расходов затруднен забор необходимого объема воды в деривацию, а в зимнее время водопропускные отверстия забиваются шугой [1–3]. Причем характер гидрологических режимов каждой горной реки индивидуален, что затрудняет применение типовых проектов водозаборных сооружений. В последнее время применяется математическое моделирование процессов водозабора, но многофакторность изучаемых процессов позволяет сделать это только фрагментарно [4, 5]. Чтобы учесть взаимовлияние гидравлических процессов водозабора широко применяется физическое моделирование, изучению которого посвящена данная работа.

Целью работы является аналитический обзор и систематизация существующих методик исследования гидравлических процессов водозабора из горных рек, выделение основных этапов и выбор рациональных методов физического моделирования.

Особенностью рассматриваемых речных потоков является транспорт значительного объема твердых частиц грунта, которые условно делятся на донные и взвешенные речные наносы. При этом, количественное и качественное содержание наносов в горных реках по данным А.Н. Крошкина и В.Ф. Талмазы [3] определяется несколькими основными факторами: объемом атмосферных осадков в водосборном бассейне; свойствами горных пород и почвогрунтов, слагающих водосборную поверхность; формами и уклонами горных слонов; температурным режимом; видом и количеством растительности на склонах; антропогенным воздействием. Средний диаметр фракций русловых отложений по данным этих авторов зависит от уклона дна реки и руслоформирующего расхода воды. Плотность частиц наносов по сведениям Г.И. Логинова изменяется в сравнительно небольших пределах от 2550 до 2800 кг/м^3 [3].

В задаче о перемещении наносов в двухфазных потоках при их моделировании основными параметрами являются диаметр и гидравлическая крупность частиц. Наносы с геометрической крупностью менее 0,2 мм являются взвешенными, т.е. устойчиво удерживаются в толще потока.

Гидрологический режим горных рек рассмотрим на примере реки Асса, расположенной в Республике Ингушетия РФ [6]. Основное питание река получает в теплый период года за счет таяния ледников и снега. По классификации В.А. Шульца [3] она относится к рекам ледниково-снегового режима питания, который является преобладающим для горных рек. В

соответствии с этим, режим реки по данным гидропоста «Мужичи» [6] характеризуется значительными подъемами уровней от 0,5 м, начинающимися в конце апреля или начале мая, половодьем до 2,3 м в теплый период года и довольно устойчивой глубиной 0,9 м в осенне-зимнюю межень. По данным того же гидропоста среднемноголетний расход реки Асса составляет $Q_{ср.мн.}$ = 6,8 м^3/с, максимальный расход 1% обеспеченности $Q_{1\%}$ = 247,0 м^3/с, минимальный расход реки $Q_{90\%}$ = 9,3 м^3/с. Среднегодовой сток реки равен 529,8 млн м^3. Появление ледовых образований происходит с начала декабря по март в виде шуги и ледовых заберегов. Как видно из гидрологических данных, водный режим горной реки изменяется в значительных пределах, что осложняет гидравлическое моделирование процессов водозабора.

Гидравлические исследования обычно проводятся с целью изучения рациональности проектных решений и для определения взаимовлияния различных характеристик элементов и устройств ГТС в период эксплуатации сооружения. При моделировании по числу Фруда масштаб модели определяется с учетом расходов воды в натуре и на модели по формуле:

$$M'_L = \sqrt[2,5]{\frac{Q\max_{нат.}}{Q\max_{мод.}}}. \quad (1)$$

Минимально допустимый масштаб модели определяется, в соответствии с рекомендациями М.А. Михалева исходя из условия автомодельности по числу Рейнольдса [5].

Исследование транспорта речных наносов ввиду малого размера фракций проводится по методам искаженного моделирования, апробированным М.А. Михалевым, Я.А. Никитиным, Г.И. Логиновым и др. [3, 5]. Применение дозатора сыпучих фракций, разработанного в рамках проекта МНТЦ КР-1130 Н.П. Лавровым, И.К. Рудаковым и др. [1], позволило после соответствующей тарировки осуществить расчетную подачу наносов на модель подводящего речного русла. Работоспособность устройств для защиты от шуго-ледовых образований и их транзита оценивалась А.В. Шипиловым при подаче в подводящее русло расходов воды, равных зимним расходам выбранных водотоков, а шуго-ледовая масса добавлялась в моделируемый поток в процентах, соответствующих объемам воды (рис. 1).

Рис. 1. Движение моделируемых частиц шуги через створ ВСДГ

Искусственная шуга имела по рекомендациям Дж. Шарпа [4], следующий состав (на 1 м^3 воды): гипс – 100 г; гранулированный пластик – 70 г; соль (хлористый натрий) – 17 г; бура – 0,25 г. (рис. 1). Таким образом, по опыту рассмотренных работ основные этапы гидравлических исследований водозаборных сооружений из горных рек включают:

- изучение руслоформирующих процессов (размыва, заиления русла) в верхнем и нижнем бьефе гидроузла при различных режимах эксплуатации ВСДГ;
- определение пропускной способности элементов водозаборного сооружения в различные периоды эксплуатации гидроузла;
- исследование режима движения наносов в подводящем и отводящем русле, а также наносозащитной и транспортирующей способности специальных водопроводящих устройств водозаборного сооружения;
- изучение возможности беспрепятственного пропуска в нижний бьеф водозаборного сооружения влекомых наносов, плавника и шуго-ледовых образований;
- оценку устойчивости, надежности и работоспособности водозаборного сооружения в целом.

Выполненный аналитический обзор и анализ применяемой различными исследователями методики гидравлического моделирования процессов водозабора из горных рек позволяет сделать следующие *выводы*:

1. В связи с большой сложностью и затратностью методов физического моделирования гидравлических процессов водозабора необходимо дальнейшее совершенствование методов математического моделирования таких процессов. Для крупных ответственных сооружений целесообразно сочетание методов компьютерного и физического моделирования.
2. При моделировании мелких частиц речных наносов на физической модели рекомендуется применение методов искаженного моделирования, а для моделирования ледово-шуговых процессов – методов имитационного моделирования.
3. Одной из важных задач моделирования является оптимизация и упрощение предлагаемых конструкций водозаборных сооружений, а также формализация полученных экспериментальный данных в виде расчетных алгоритмов и 3D-моделей водозаборных сооружений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гидротехнические сооружения для малой энергетики горно-предгорной зоны. Под ред. Н.П. Лаврова. – Бишкек: ИД «Салам», 2009. – 504 с.

2. Кузьмин С.А., Драницын Е. М., Фролова И. Е. Речные гидротехнические сооружения. Компоновка энергетических гидроузлов:– СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 124 с.

3. Логинов Г.И. Гидравлические процессы при водозаборе из малых горных рек. – Бишкек: Изд. «Кут-Бер», 2014. – 320 с

4. Шипилов А.В. Совершенствование конструкции водозаборного сооружения деривационной ГЭС для зимнего режима эксплуатации// Автореф. диссерт. канд. техн. наук. – СПб: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2013. – 20 с.

5. Михалев М.А. Физическое моделирование гидравлических явлений. – СПб: – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 112 с.

6. Физическое моделирование и обоснование водоотведения от водозаборного сооружения на р. Асса Республики Ингушетия (Договор № 143101401). Отчет о НИР. – СПб: СПбГПУ, 2014. – 117 с.

УДК 626

А.В. Балмашнова, Н.Д. Беляев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАСЧЕТ НАГРУЗКИ ОТ ДВИЖУЩЕГОСЯ ТОРОСА НА ОГРАДИТЕЛЬНОЕ СООРУЖЕНИЕ ЮЖНОГО РАЙОНА ПОРТА УСТЬ-ЛУГА

Цель работы – определение расчетных показателей нагрузок от воздействий движущихся торосов на оградительное сооружение южного района порта Усть-Луга с использованием СП 38.13330.2018 [2].

Оградительное сооружение представляет собой сооружение эстакадной конструкции в виде высокого свайного ростверка из монолитного железобетона с двумя рядами наклонных стальных свай-оболочек из труб ∅1220 мм с толщиной стенки 14 мм. По оси сооружения расположен волнонепроницаемый экран из трубошпунта [1].

Лед в Лужской губе образуется ежегодно. Первое появление льда в южной части Лужской губы происходит, в среднем, 21 ноября. Средняя дата устойчивого образования молодого льда приходится на 15 декабря, а начало устойчивого образования припая – на 23 декабря. Продолжительность ледового периода составляет в среднем 158 дней.

Максимального развития ледяной покров достигает в марте – апреле, средняя толщина неподвижного льда в эти месяцы составляет от 50 до 52 см, а максимальная толщина достигает 76 см [4].

В целом по Усть-Лужской губе максимальная торосистость припая и плавучего льда достигает 5 баллов. Торошение вносит существенный вклад (около 20%) в изменение его толщины и объема. При этом доля торошения статического типа (в припайном льду) составляет 75%, динамического типа – 25%.

В общем случае на приглубых местах в губе под воздействием штормовых ветров могут наблюдаться горизонтальные подвижки припая. На границе с припаем имеется вероятность сжатия льда и торошения, что может представлять определенную опасность для гидротехнических сооружений [5-8].

Расчетная толщина льда повторяемостью 1 раз в 100 лет составляет 1 м [9].

Нагрузка от воздействия движущихся торосов рассчитывается по СП 38.13330.2018 [2].

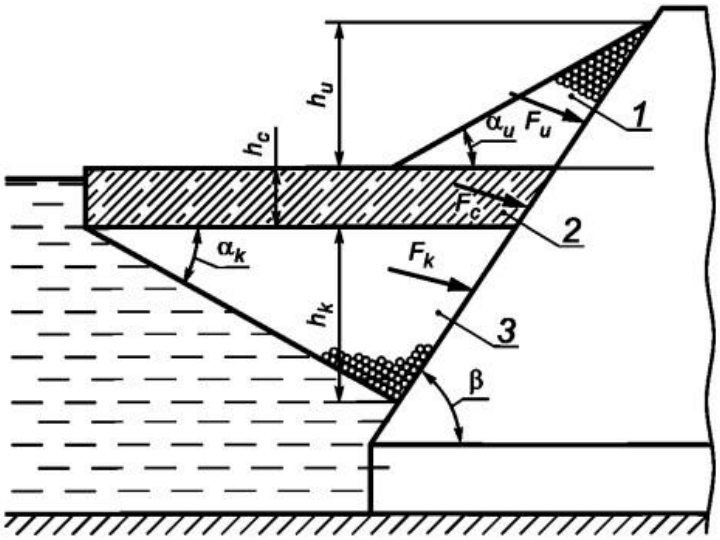


Рис. 1. Расчетная модель тороса в момент наибольшего воздействия на сооружение [2]:
1 – надводная часть тороса (парус); 2 – консолидированная часть тороса; 3 – киль тороса

Горизонтальная нагрузка от воздействия движущегося тороса на секцию вертикального сооружения [2]:

$$F_{r,h} = F_{c,h} + F_{u,h} + F_{k,h},$$

где $F_{c,h}$ – горизонтальная составляющая нагрузки от консолидированной части тороса по формуле (53) [2]; $F_{u,h}$ – горизонтальная составляющая нагрузки от надводной части тороса; $F_{k,h}$ – горизонтальная составляющая нагрузки от киля тороса.

Горизонтальная составляющая нагрузки от консолидированной части тороса при толщине льда 1,5 м и прочности льда 2,3 МПа равна [2]:

$$F_{b,h} = kk_V R_c r_c b_s h_c = 0{,}53 \cdot 0{,}33 \cdot 2{,}3 \cdot 0{,}8 \cdot 25 \cdot 1{,}5 = 12{,}1 \text{ МН},$$

где $k = 0{,}53$ – коэффициент, принимаемый по таблице 20 [2]; $k_V = 0{,}33$ – коэффициент, принимаемый по таблице 19 [2]; $R_c = 2{,}3$ МПа – предел прочности льда на сжатие для весеннего периода; $r_c = 0{,}8$ – отношение прочностей консолидированной части и ровного льда на сжатие; $h_c = 1{,}5h_d = 1{,}5 \cdot 1{,}0 = 1{,}5$ м – расчётная толщина консолидированной части тороса [3].

Минимальная отметка дна на границе сооружения составляет минус 5,7 м. Расчётный минимальный уровень воды составляет минус 0,55 м. Минимальная отметка низа киля тороса составляет минус $H = 6{,}25$ м. Максимальная глубина ледяного образования составляет $h_k = 6{,}25 - 1{,}50 = 4{,}75$ м.

Максимальная высота ледяного образования при толщине $h_t = 0{,}6$ равна [2]:

$$h_u = 3{,}69\sqrt{0{,}8h_t} = 3{,}69 \cdot \sqrt{0{,}8 \cdot 0{,}6} = 2{,}6 \text{ м}.$$

Расчётный угол киля тороса принимается равным $\varphi_u = 26°$. Горизонтальная составляющая нагрузки от надводной части тороса равна [2]:

$$F_{u,h} = 0{,}5\big(10^{-6}\rho_i g(1-\psi_u)h_u^2 k_{u,\varphi} + c_u \operatorname{ctg}\varphi_u\big(k_{u,c}-1\big)h_u\big)b_u =$$
$$= 0{,}5(10^{-6} \cdot 910 \cdot 9{,}81(1-0{,}5)2{,}6^2 \cdot 1{,}18 + 0{,}004 \cdot \operatorname{ctg} 26(0-1) \cdot 2{,}6) \cdot 25 =$$
$$= 0{,}5(0{,}036 - 0{,}021)25 = 0{,}18 \text{ МН},$$

где ρ_i – плотность льда, кг/м^3; ψ_u – пористость ледяного образования; b_u – средняя ширина преграды по фронту в зоне действия ледяного образования, м; c_u – сцепление между обломками льда в ледяном образовании, МПа; φ_u – угол внутреннего трения ледяного образования, град; h_u – расчетная высота ледяного образования; $k_{u,\varphi}$ и $k_{u,c}$– коэффициенты горизонтальной составляющей пассивного давления ледяного образования (табл. 1).

Таблица 1 – Коэффициенты для определения нагрузки от надводной части тороса

$k_1 = \sin(\varphi_u + \alpha_f)\sin(\varphi_u - \alpha_u)/\cos(90 - \beta - \alpha_f)\cos(90 - \beta + \alpha_u)$	0,11
$k_2 = \sin(\varphi_u + \alpha_f)\sin(\varphi_u)/\cos(90 - \beta - \alpha_f + \alpha_u)\cos(90 - \beta + \alpha_u)$	0,52
$k_3 = \cos(90 - \beta)\cos(90 - \beta - \alpha_f)/\cos(90 - \beta - \alpha_f + \alpha_u)\cos(90 - \beta + \alpha_u)$	0
$k_{u,\varphi} = \big(\cos(\varphi_u + 90 - \beta)/\cos(90 - \beta)\big(1 - \sqrt{k_1}\big)\big)^2$	1,18
$k_{u,c} = \big(\cos(\varphi_u + 90 - \beta + \alpha_u)/\cos(90 - \beta)\big(1 - \sqrt{k_2}\big)\big)^2 k_3$	0

Горизонтальная составляющая нагрузки от киля тороса [2]:

$$F_{k,h} = 0{,}5\big(10^{-6}(\rho - \rho_i)g(1-\psi_k)(h_k - h_c)^2 k_k + c_k \operatorname{ctg}\varphi_k(k_k - 1)(h_k - h_c)\big)b_k =$$
$$= 0{,}5\big(10^{-6}(1000 - 910)9{,}81(1 - 0{,}35)(4{,}75 - 1{,}5)^2 1{,}5 + 0{,}025 \cdot \operatorname{ctg} 17{,}5 \cdot$$
$$(1{,}5 - 1)(4{,}75 - 1{,}5)\big)25 = 1{,}23 \text{ МН},$$

где ψ_k – пористость (пустотелость) ледяного образования; h_k – расчетная глубина киля ледяного образования, м; b_k – средняя ширина преграды по фронту в зоне действия ледяного образования, м; c_k – сцепление (с учетом зацепа) ледяного образования, МПа; φ_k – угол внутреннего трения ледяного образования, град, k_k – коэффициент горизонтальной составляющей пассивного давления нагромождения обломков льда (табл. 2).

Таблица 2 – Коэффициенты для определения нагрузки от киля тороса

$k_4 = \cos(90-\beta)\left(1-\sqrt{k_2}\right)/\cos\left(90-\beta-\alpha_f\right)\cos(90-\beta)$	0,05
$k_k = \left(\cos(\varphi_k+90-\beta)/\cos(90-\beta)\left(1-\sqrt{k_4}\right)\right)^2$	1,5

Горизонтальная нагрузка от воздействия движущегося тороса на сооружение вертикального профиля составит:

$$F_{r,h} = F_{c,h} + F_{u,h} + F_{k,h} = 12{,}1 + 0{,}18 + 1{,}23 = 13{,}5 \text{ МН}.$$

Выводы.

В работе был проведен анализ и расчет горизонтальной нагрузки от воздействия движущегося тороса на секцию вертикального сооружения в соответствии с требованиями СП 38.13330.2018 [2]. Полученная величина нагрузки $F_{r,h} = 13{,}5$ МН позволит провести обоснование развития оградительного сооружения, которое защитит акваторию МТП Усть-Луга от неблагоприятных ледовых нагрузок. В совокупности факторы воздействия на сооружения в Лужской губе и расчетная нагрузка от движущегося тороса выявляют необходимость периодических обследований и мониторинга технического состояния гидротехнического сооружения для предотвращения аварий.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Портовое оградительное сооружение акватории Южного района морского торгового порта Усть-Луга. Проектная документация. СПб.: ЗАО «ГТ Морстрой». 2009 г. 51 с.
2. СП 38.13330.2018. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). М.: Стандартинформ. 2019. 106 с.
3. Р 31.3.07-01. Указания по расчету нагрузок и воздействий от волн, судов и льда на морские гидротехнические сооружения (Дополнение и уточнение СНиП 2.06.04-82*). М.: Союзморниипроект. 2001.
4. Морской торговый порт Усть-Луга. Комплекс по перегрузке минеральных удобрений. Технический отчёт по инженерно-гидрометеорологическим изысканиям. СПб.: Ленморниипроект. 2001.
5. Балашов Б.В., Беляев Н.Д., Михаленко Е.Б., Тазеев Т.А. Мониторинг насыпной дамбы, возводимой в МТП Усть-Луга на слабом грунтовом основании. Инженерно-строительный журнал. 2012. № 4 (30). С. 10–16.
6. Колгушкин А.В., Беляев Н.Д. Инженерные мероприятия по увеличению долговечности сквозных гидротехнических сооружений. Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2007. № 1 (49). С. 185–193.
7. 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. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. С. 3–4.
8. Малеванов К.А., Беляев Н.Д. Характерные повреждения причалов типа «больверк» и мероприятия по их устранению. XXXII неделя науки СПбГПУ. Ч. I. Материалы межвузовской НТК. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2004. С. 17–19.
9. Определение гидро- и литодинамического режимов северо-восточной части Лужской губы и разработка рекомендаций по берегозащитным мероприятиям и компоновке оградительных сооружений. М.: Союзморниипроект. 2005.

УДК 627.83: 626.882

А.В. Боченков, Н.П. Лавров, И.Е. Фролова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КОНСТРУКЦИЯ И РАЗМЕЩЕНИЕ ВОДОЗАБОРНОГО СООРУЖЕНИЯ ДЕРИВАЦИОННОЙ ГЭС НА Р. АЛА-АРЧА, КЫРГЫЗСТАН

Гидроэнергетические ресурсы Чуйской области Кыргызстана освоены недостаточно, существующие гидротехнические сооружения на малых реках используются в основном для ирригационных целей. При этом потребление электроэнергии в зимний период увеличивается более чем в два раза по сравнению с летним периодом. Это вызывает перегрузку существующих линий электропередач, а в перспективе в районе строительства прогнозируется дефицит электроэнергии [1]. Строительство малой ГЭС на р. Ала-Арча планируется осуществить на территории Аламединского района Чуйской области Кыргызской Республики в 20 км южнее г. Бишкек, на высотных отметках около 1500 м. Река Ала-Арча протекает по северным склонам Кыргызского хребта, имеет протяженность до проектного створа 27 км, площадь водосбора – 233 км^2, средневзвешенная высота водосбора – 3290 м. Река Ала-Арча является левобережным притоком р Чу. Она относится к рекам ледниково-снегового питания, основным источником питания которой являются талые воды сезонных снегов с преобладающим ледниковым стоком [2] .

Измерение расхода и стока воды в р. Ала-Арча осуществляется на гидропосту «Устье р. Кашка-Суу», который расположен в 1 км ниже проектируемой ГЭС, поэтому данные натурных наблюдений адекватно описывают гидрологический режим в створе ГЭС.

Метод исследования – использование результатов физического моделирования гидравлических процессов, проведенного для рек-аналогов (р. Иссык-Ата в Кыргызстане, р. Асса в Ингушетии), расчетное обоснование параметров водозаборного сооружения.

Целью работы является выбор и обоснование типа, конструкции и схемы размещения горного водозаборного сооружения для деривационной ГЭС на р. Ала-Арча.

Учитывая сложные топографические и гидрологические условия р. Ала-Арча (селеопасность) на участке строительства с учетом необходимости организации природоохранных мероприятий, к проектированию был выбран вариант компоновки плотинного водозабора [3] с ломаным в плане наносозащитным четырехсекционным порогом; двумя промывниками; водоприемными галереями и рыбоходом (рис. 2). Преимуществом данного варианта конструкции водозаборного сооружения деривационной ГЭС (ВСДГ) по сравнению с известными сооружениями данного типа (например, с ВСДГ, установленным на водозаборе Иссык-Атинской ГЭС) [1] является повышенная пропускная способность наносозащитного порога 3, через который вода из верхнего бьефа 2 поступает в водоприемные галереи 4 и далее в отводящий канал 5 к турбинам ГЭС. Устройство второго промывника 7 также позволяет увеличить расход промыва наносов через створ ВСДГ и соответственно, повысить пропускную способность сооружения при пропуске паводка. Установка на речном пролете 8 авторегулятора уровня верхнего бьефа (на рис. 2 не показан) позволит стабилизировать уровень воды в верхнем бьефе 2 в определенном диапазоне изменения глубины воды [1]. Расположение рыбохода 9 в пределах сооружения, кроме обеспечения основной природоохранной функции рыбохода – пропуска рыбы на нерест из нижнего в верхний бьеф, также приводит к уменьшению плановых размеров гидроузла и к экономии затрат на строительство.

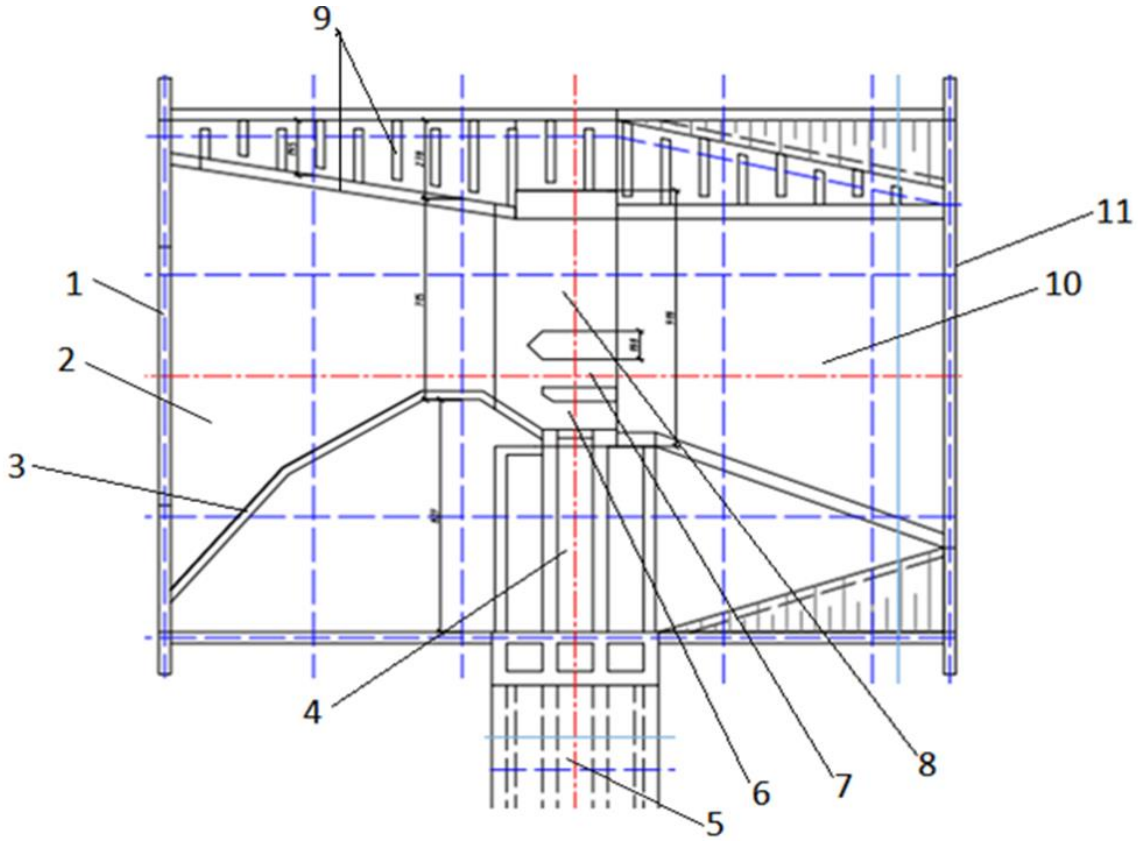


Рис. 1. Компоновочная схема водозаборного сооружения деривационной ГЭС (Патент РФ на полезную модель № 133537): 1 – входное сечение русла реки; 2 – верхний бьеф; 3 – ломаный в плане наносозащитный порог; 4 – водоприемные галереи; 5 – отводящий канал; 6 – промывник первого порядка с зимним водоприемником; 7 – промывник второго порядка; 8 – речной пролет – водосброс; 9 – рыбоход; 10 – водобойный колодец; 11 – концевой зуб

Гашение избыточной энергии водного потока в нижнем бьефе осуществляется в водобойном колодце 10, который ограничивается концевым зубом 11. Учитывая расчетную величину расхода подачи воды на ГЭС $Q_{ГЭС}$ = 6,0 м^3/с и расход воды, который будет необходим для промывки наносов в отстойнике, расположенном на отводящем деривационном канале, расход водозабора на ВСДГ был принят равным $Q_В$ = 7,0 м^3/с. Исходя из гидрологических расчетов и натурных замеров, были приняты следующие характеристики р. Ала-Арча на участке водозабора: уклон дна русла реки равен 0,056; расчетный руслоформирующий расход $Q_{5\%}$ = 40,39 м^3/с; расчетный максимальный расход $Q_{1\%}$ = 48,19 м^3/с.

С целью предотвращения разрушения ВСДГ в период пропуска паводковых расходов, его конструкцию по аналогии с проектом водозабора на реке Асса в Ингушетии [4] предложено расположить на подводящем канализированном участке 2 по схеме, приведённой на рисунке 2. Для сброса паводковых расходов предусмотрено сбросное речное русло 4, которое перекрывается размываемой дамбой 3 с пониженной отметкой поверхности гребня. Для понижения диаметра камня при креплении откосов рваным камнем в подводящем русле 2 размещены поперечные железобетонные стенки по всему сечению русла.

Для создания необходимого перепада между речным пролетом 8 и водобойным колодцем 10, подводящее зарегулированное русло перед водозаборным сооружением устроено с меньшим уклоном по дну, равным 0,035. При этом для обеспечения необходимой пропускной способности параметры русла были рассчитаны по методике Филончикова А.В. [5] и Абидова М.М. [6].

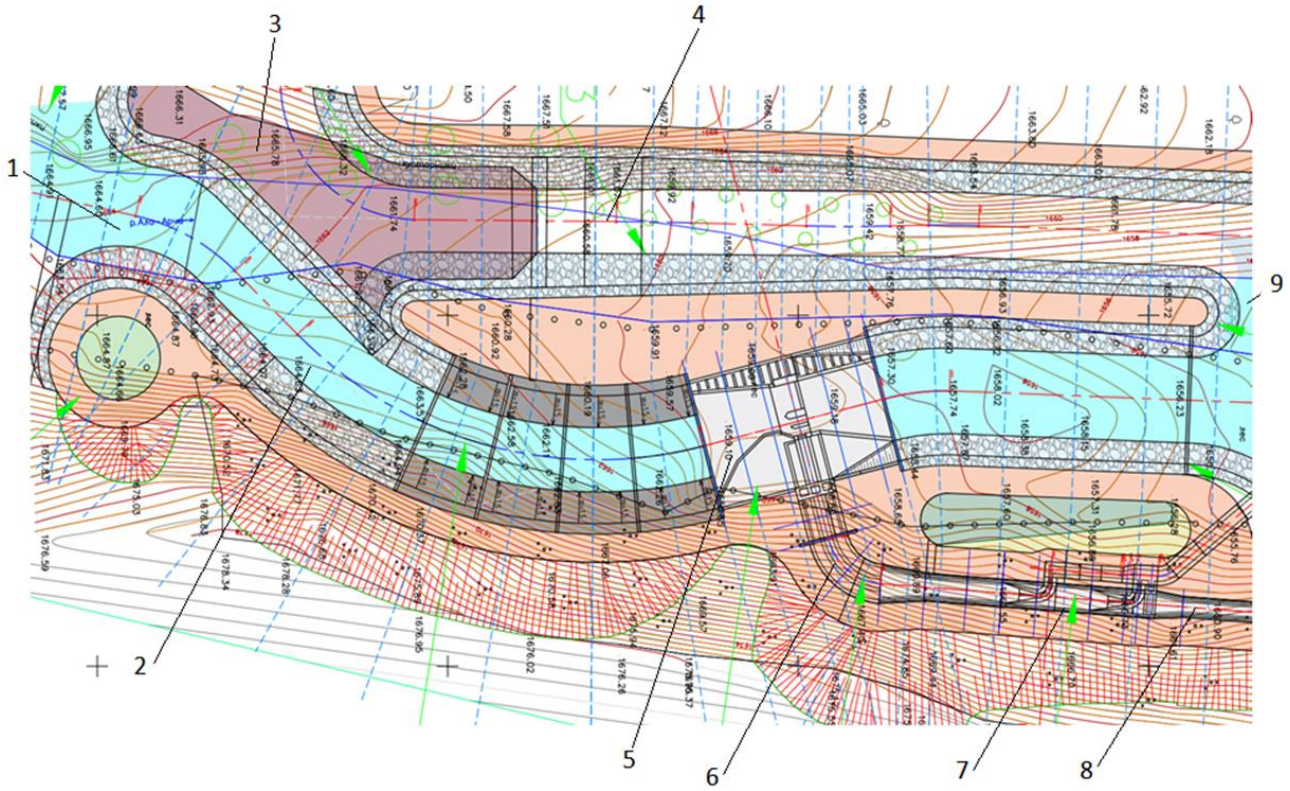


Рис. 2. Схема размещения сооружений водозаборного гидроузла: 1 – подводящее речное русло; 2 – подводящее зарегулированное русло водозаборного сооружения; 3 – размываемая дамба (плавкая вставка); 4 – речное сбросное русло; 5 – водозаборное сооружение; 6 – отводящий участок канала; 7 – отстойник; 8 – деривационный канал ГЭС; 9 – отводящее русло реки

Применение предлагаемой усовершенствованной схемы водозабора на р. Ала-Арча позволит повысить эксплуатационную надежность энергетического гидроузла и обеспечить гарантированную выработку электроэнергии.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гидротехнические сооружения для малой энергетики горно-предгорной зоны. Под ред. Н.П. Лаврова. – Бишкек: ИД «Салам», 2009. – 504 с.
2. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Ч.1, 2. – Л.: Гидрометеоиздат, 1965. – 691 с.
3. Логинов Г.И. Гидравлические процессы при водозаборе из малых горных рек. – Бишкек: Изд. «Кут-Бер», 2014. – 320 с.
4. Лавров Н.П., Логинов Г.И., Фролова И.Е. Физическое моделирование водозаборного сооружения на р. Асса в Республике Ингушетия// Гидротехническое строительство. – М.: Энергоэкспресс, 2016. – № 3. – С. 44–50.
5. Филончиков А.В. Проектирование автоматизированных водозаборных узлов на горных реках. – Фрунзе: Кыргызстан, 1990. – 371 с.
6. Абидов М.М. Регулирование наносного режима при водозаборе на горно-предгорных участках рек. Автореф. диссерт. канд. техн. наук. – М.: МГУП, 2006. – 20 с.

УДК 626

И.В. Величко, Д.А. Шарапов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЛИЯНИЕ ЛЕДОВОЙ НАГРУЗКИ НА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МОРСКОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

В настоящее время в отрасли морской ветроэнергетики происходит значительный рост, который по оценкам специалистов [1] будет продолжаться и дальше в связи с постепенным истощением ветрового потенциала на суше. В то же время шельфовые участки в Арктике обладают огромными ветроэнергетическими ресурсами, использование которых может решить проблему высокой стоимости энергоресурсов и малой автономности в северных регионах России. Одним из важных и дорогостоящих компонентов технологий, применяемых в оффшорной энергетике, являются морские опоры, на которые устанавливаются ветрогенераторы с башней [2]. На выбор типа фундамента влияет много факторов: глубина, течения, высота волны, воздействие льда и все они очень важны [3]. При этом именно ледовые нагрузки являются основополагающими при проектировании шельфовых сооружений в районах с арктическими климатическими условиями [4]. Такие высокие сооружения как ветроэнергетические установки должны быть тщательно продуманы в связи с опасностью возникновения больших по величине перемещений и дальнейших серьезных повреждений конструкции [5].

Цель работы заключается в разработке конечно-элементной модели первичного варианта ледостойкого свайно-гравитационного основания морской арктической ветроэнергетической установки, расположенной на Хейсовском лицензионном участке, для оценки ее перемещений в ПК Plaxis 3D под воздействием ледовой нагрузки в соответствии с НД № 2-020201-015 [6].

Глубина моря в месте проектирования составляет 20 м, названия и мощности слоев грунтов основания следующие: ИГЭ 1 (песок пылеватый) – 7,5 м; ИГЭ 3 (супесь пластичная) – 1,0 м; ИГЭ 5 (суглинок тугопластичный) – 1,0 м; ИГЭ 6 (суглинок полутвердый) – 3,5 м; ИГЭ 7 (суглинок полутвердый) – 1,0 м; ИГЭ 8 (суглинок твердый) – 6,5 м; ИГЭ 9 (суглинок твердый) – 39,5 м. Расчетные физико-механические характеристики грунтов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики грунтов основания

Характеристика	ИГЭ 1	ИГЭ 3	ИГЭ 5	ИГЭ 6	ИГЭ 7	ИГЭ 8	ИГЭ 9
Модель материала	Mohr-Coulomb						
Тип материала	Drained						
Удельный вес грунта во взвешенном состоянии γ, кН/м^3	9,50	9,40	9,90	10,60	11,20	11,30	11,70
Удельный вес насыщенного грунта γ_{sat}, кН/м^3	19,70	17,60	20,30	20,80	21,50	21,16	22,00
Коэффициент фильтрации k, м/сут	1,0	0,1	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Модуль деформации E, кН/м^2	10000	12500	16000	22000	25000	33000	34000
Коэффициент Пуассона ν	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Сцепление c, кН/м^2	2	7	17,1	35,8	21	30	77
Угол внутреннего трения φ, град	25	18	19,4	12,6	14,2	22	12,7

Первоначальная конструкция основания представляет собой сложную форму, выполненную из металла плотностью 7850 кг/м^3 и включающая: подошву с центральной колонной диаметрами 20 и 10 м и высотой 2,5 и 25,5 м соответственно; ледозащитный воротник переменного сечения и высотой 6 м, представляющий из себя два конуса, первый

диаметрами от 10 до 17 м, второй – от 17 до 12 м; раскосы треугольной формы с длиной катетов по 5 м и шириной 0,5 м во избежание смятия подошвы центральной колонной под действием нагрузки; свайные стаканы, возвышающиеся на 0,5 м выше верхней плоскости подошвы из листа толщиной 50 мм. Подошва, центральная колонна и ледозащитный воротник выполнены из металла толщиной 50 мм. Внутри ледозащитного конуса находятся горизонтальные и вертикальные ребра жесткости толщиной 24 и 28 мм соответственно. Толщина оболочки раскосов составляет 32 мм. Максимальный объем балласта составляет 2376 м^3. Внешний вид основания для морской арктической ветроэнергетической установки представлен на рисунке 1, *а*, конструкция ледозащитного воротника – на рисунке 1, *б*.

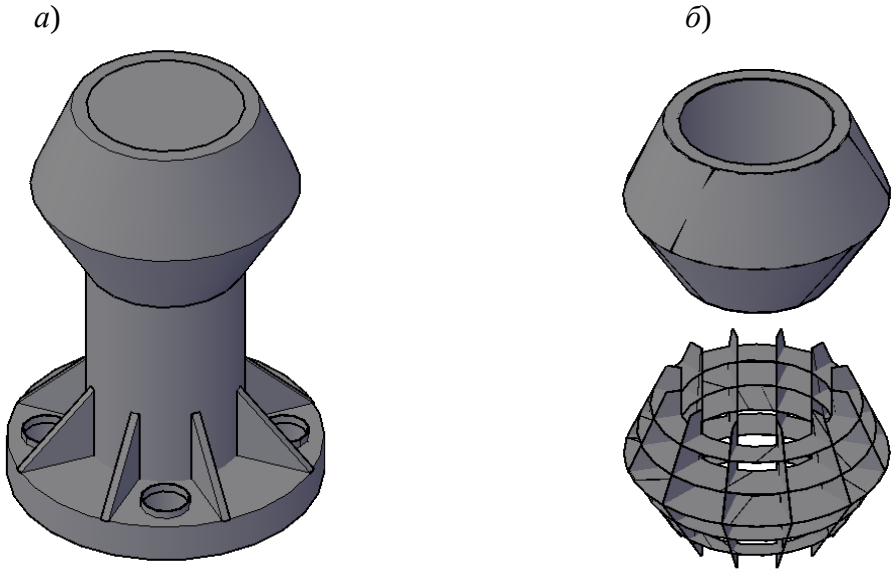


Рис. 1. Основание для МВЭУ: *а* – общий вид в 3D; *б* – конструкция ледозащитного воротника

Глобальная горизонтальная и вертикальная составляющие нагрузки от ровного или наслоенного льда на платформы с расширяющимися вверх наклонными бортами согласно п. 3.3.2.3.19 [6] определяются по формулам:

$$F_{xc} = K_V\left[A_1\sigma_f h^2 + A_2(\rho_{wat} - \rho_i)ghD^2 + A_3(\rho_{wat} - \rho_i)gp_1(D^2 - D_b^2)\right]A_4;$$

$$F_{zc} = B_1F_{xc} + K_VB_2(\rho_{wat} - \rho_i)gp_1h_r(D^2 - D_b^2),$$

где $\sigma_f = 1{,}18$ МПа – прочность льда на изгиб; $h = 2{,}08$ м – толщина льда; $D = 14{,}67$ м – диаметр конуса на уровне ватерлинии; $D_b = 10$ м – диаметр конуса на отметке низа наклонной части колонны; $h_r = h = 2{,}08$ м; $p_1 = 0{,}6$ – пористость ледяных обломков на поверхности сооружения; $K_V = 1$ – коэффициент, зависящий от скорости дрейфа льдов (0,5 м/с); $A_1, A_2, A_3, A_4, B_1, B_2$ – коэффициенты, определяемые по рис. 3.3.2.3.18-2–3.3.2.3.18-6 [6], соответственно принятые 1,60, 0,204, 0,450, 2,375, 0,597, 0,028.

По расчетам определено, что горизонтальная составляющая нагрузки F_{xc} равна 19,71 МН, вертикальная F_{zc} – 11,77 МН. За точку приложения равнодействующей ледового давления принимаем точку, находящуюся на расстоянии $0{,}3h = 0{,}3 \cdot 2{,}08 = 0{,}624$ м ниже расчетного уровня воды [6]. Помимо нагрузки от движения поля ровного льда, прикладываем на верхнюю плоскость основания нагрузку 43,67 кН/м^2, представлявшую от башни, гондолы, ротора и лопастей, суммарная масса которых составляет 1400 т.

В связи с тем, что ПК Plaxis 3D некорректно работает в создании сетки конечно-элементной модели, содержащую в себе раскосы и ребра жесткости, малые по размерам, принимаем облегченную эквивалентную ей модель, заданную плитами с толщинами 50 и 75

мм. Сваи в количестве 4 штук приняты из металла круглого сечения диаметром 3020 мм, толщиной стенки 30 мм и длиной 50 м. Расчетная модель основания, полученная в ПК Plaxis 3D, представлена на рисунке 2.

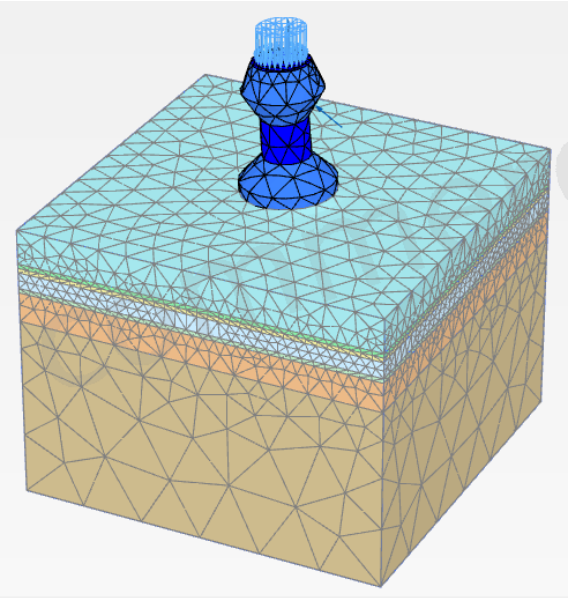


Рис. 2. Общий вид расчетной модели в ПК Plaxis 3D

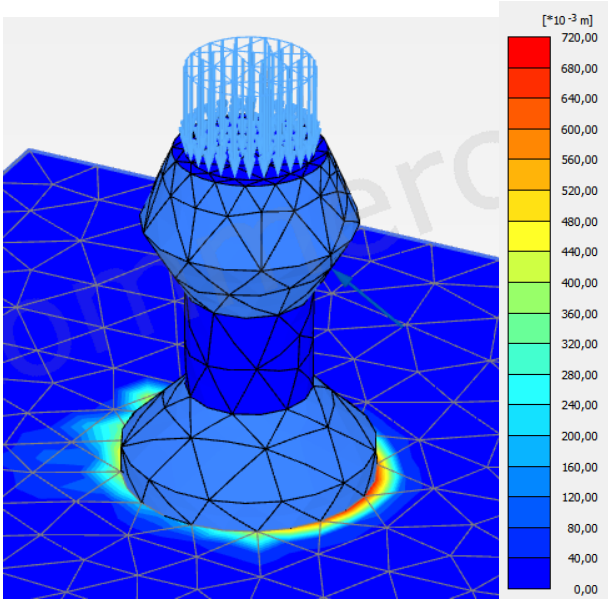


Рис. 3. Общие перемещения конструкции под действие нагрузки

По результатам расчета получены модель деформации сетки конечных элементов (рис. 2) и значения перемещений конструкции под действием нагрузки. Максимальное вертикальное перемещение составляет 0,6972 м, горизонтальное – 0,1764 м. Значение коэффициента устойчивости (безопасности) составляет 16,64. Общие перемещения представлены на рисунке 3.

По полученным значениям перемещений можем сделать вывод, что верхние слои грунтов основания имеют недостаточную несущую способность для восприятия нагрузок. В данном случае необходимо либо разрабатывать постель под основание и увеличивать глубину забивки свай, либо облегчать конструкцию путем откачки лишнего количества воды после балластировки сооружения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. GWEC Global Offshore Wind Report 2022. Ежегодный отчет Глобального совета по оффшорной ветроэнергетики за 2022 год. Электронный ресурс [URL] – https://gwec.net/gwecs-global-offshore-wind-report/ (дата обращения: 10.12.2022). – Режим доступа: по запросу.

2. Большев А.С., Фролов С.А., Чернецов В.А., Купреев В.В. Вопросы проектирования опорных конструкций для морских ветрогенераторов. // Гидротехническое строительство, №5, М., 2007 г. с. 31–36.

3. Основания ветроэнергетических установок на шельфе и их защита от размыва / А.А. Нестеров, Н.Д. Беляев, А.В. Карелов [и др.] // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2015. – № 7(34). – С. 41–50.

4. Шарапов Д.А. Нагрузки от льда на вмёрзшие 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.

5. Sharapov D.A. The effect of story drift in a multi-story building under the influence of an earthquake / D.A. Sharapov, T.H. Gebre, Yu.M. Ali // Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings. – 2021. – Vol. 17, No. 3. – P. 270–277.

6. НД № 2-020201-015. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ. – СПб, 2018 г.

УДК 626.4

Е.О. Воронина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ ШЛЮЗОВАНИЯ ДЛЯ СУДОВ ТИПА «ВОЛГО-ДОН»

Интенсификация перевозок и развитие транспорта в Российской Федерации сдерживаются недостаточной пропускной способностью внутренних водных путей. Организация прохода судов через водонапорные сооружения является одной из основных проблем, ограничивающей судопропуск, наряду с недостаточностью габаритов судового хода и несвоевременным проведением требуемых путевых работ.

В работе рассматривается низконапорный гидроузел, в составе которого: глухая земляная плотина, бетонная водосливная плотина, здание ГЭС и одна нитка шлюза. Размер камеры шлюза составляет 200×21,5 м, что не позволяет шлюзовать современные барже-буксирные составы. Из-за этого ограничивается пропускная способность всего водного пути. Планируется введение в эксплуатацию второй нитки шлюза, что позволит увеличить пропускную способность в два раза.

При строительстве необходимо учитывать нагрузки на сооружение [1], состав грунтов основания сооружения [2]. Также для обоснования пропускной способности и обеспечения судоходства нужно определить время шлюзования для расчетного судна.

Существует два способа шлюзования судов – одностороннее и двухстороннее. При одностороннем шлюзовании на пропуск каждого судна производится две операции наполнения/опорожнения камеры. При двухстороннем шлюзовании отсутствует необходимость холостого наполнения/опорожнения камеры после прохода судна через шлюз. Время шлюзования зависит от множества факторов, таких, как: объем камеры шлюза, система питания, габариты расчетного судна, способ шлюзования и др.

Цель работы – рассчитать время цикла одностороннего шлюзования проектируемой второй нитки для судов типа «Волго-Дон» [3].

На рисунке 1 изображено расчетное судно.

Рис. 1. Теплоход «Волго-Дон» [4]

Исходные данные для расчета времени шлюзования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные

Габариты камеры шлюза:	
– длина, м	270,00
– ширина, м	18,00
Расчетный напор на камеру, м	13,25
Тип системы питания шлюза	Головная
Тип ворот шлюза	Плоские скользящие

Время цикла одностороннего шлюзования определяется продолжительностью следующих операций: ввод судов в шлюз, учалка судов, закрытие ворот, наполнение или опорожнение камеры, открытие ворот, вывод судов из шлюза, закрытие ворот, опорожнение или наполнение камеры, открытие ворот [5, 6].

Время на учалку судна в шлюзе для всех судов, кроме скоростных, принимается равным 2 мин.

Для предварительных расчетов время наполнения/опорожнения камеры шлюза, мин, определяется по формуле В.1 [5]:

$$t = \alpha \sqrt[3]{H_d b_{c,ef} l_{c,ef}},$$

где α – коэффициент, принимаемый в зависимости от системы питания шлюза (для шлюзов с головной системой питания $\alpha = 0{,}27$); $H_d = 13{,}25$ м – расчетный напор на камеру; $b_{c,ef} = 18{,}00$ м – полезная ширина камеры; $l_{c,ef} = 270{,}00$ м – полезная длина камеры.

Тогда

$$t = 0{,}27 \sqrt[3]{13{,}25 \cdot 18 \cdot 270} = 10{,}8 \text{ мин.}$$

При предварительных расчетах продолжительности открытия и закрытия ворот допускается принимать для плоских ворот [5]:

- 2 мин при высоте перекрываемого отверстия $h_h \leq 5$ м;
- 2,5 мин при 5 м $< h_h \leq 10$ м;
- 3 мин при $h_h > 10$ м.

В рассматриваемом случае принимаем время открытия и закрытия ворот равным 3 мин.

Время ввода судов в шлюз и вывода из него определяется в зависимости от скорости и длины пути их движения. Для предварительных расчетов средние скорости движения судов на внутренних водных путях в шлюзе и на подходах к нему принимаются по таблице В.1 [5].

Для самоходных судов средние скорости движения составляют:

- при входе в камеру шлюза 1,0 м/с;
- при выходе из камеры шлюза 1,4 м/с.

Для предварительных расчетов длину пути входа (выхода) расчетного судна допускается определять по формуле В.2 [5] при одностороннем движении судов в каждом из направлений:

$$l = l_{c,ef}(1 + \beta_1),$$

где β_1 – коэффициент, принимаемый равным: при входе 0,4, при выходе 0,1.

Тогда длина пути при входе судна в камеру шлюза составляет:

$$l_{\text{вх}} = 270(1 + 0{,}4) = 378 \text{ м}$$

и при выходе:

$$l_{\text{вых}} = 270(1 + 0{,}1) = 297 \text{ м.}$$

Далее определим время входа судна в шлюз и выхода из него.

Время входа судна в шлюз:

$$t_{\text{вх}} = \frac{l_{\text{вх}}}{v_{\text{вх}}} = \frac{378{,}0}{1{,}0} = 378 \text{ с} = 6{,}3 \text{ мин.}$$

Время выхода судна из шлюза:

$$t_{\text{вых}} = \frac{l_{\text{вых}}}{v_{\text{вых}}} = \frac{297{,}0}{1{,}4} = 212 \text{ с} = 3{,}5 \text{ мин.}$$

В результате проведенных расчетов можно определить время цикла одностороннего шлюзования, сложив полученные результаты:

$$T_{\text{шл}} = t_{\text{вх}} + t_{\text{у}} + t_{\text{закр}} + t + t_{\text{откр}} + t_{\text{вых}} + t_{\text{закр}} + t + t_{\text{откр}} =$$
$$= 6{,}3 + 2{,}0 + 3{,}0 + 10{,}8 + 3{,}0 + 3{,}5 + 3{,}0 + 10{,}8 + 3{,}0 = 45{,}4 \text{ мин.}$$

Выводы. В работе было рассчитано время цикла одностороннего шлюзования для судна типа «Волго-Дон». Полученное по итогам расчета время одностороннего шлюзования достаточно велико – 45,4 минуты. Значительно ускорить процесс шлюзования поможет организация двустороннего шлюзования, которое позволит избежать лишнего наполнения/опорожнения камеры шлюза после пропуска судна в одну сторону.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 38.13330.2018. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов);
2. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений;
3. Волго-Дон [Электронный ресурс] URL: https://www.volgaflot.com/fleet/river/volgo-don/ (дата обращения 02.03.2023);
4. Волго-Дон (тип речных судов) [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/ (дата обращения 02.03.2023)
5. СП 101.13330.2012. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения.
6. Беляев Н.Д., Гарибин П.А., Загрядская Н.Н. Сооружения водного транспорта, СПбГТУ, 1995. 84 с.

УДК 626

М.А. Галлямов, Н.Д. Беляев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ БОЛЬВЕРКА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ЕГО КАПИТАЛЬНОМУ РЕМОНТУ

Цель работы: анализ напряженно-деформированного состояния конструкции типа «экранированный заанкеренный больверк» для рассмотрения необходимости капитального ремонта или компенсирующих мероприятий и выбор способа их проведения.

В России существует множество портов, в каждом из которых находится от одного до нескольких десятков причалов. Все причалы были построены в разное время истории нашей страны, многим насчитывается уже более 50 лет. В такой ситуации неудивительно, что требуется проведение капитального ремонта многих причалов. Но ремонт также может потребоваться и спустя меньший срок в связи со сложными гидрогеологическими условиями района местонахождения, проблемами во время строительства сооружения, которые приводят к более низкому качеству итоговой конструкции [1, 2].

Решение по проведению капитального ремонта причалов принимается в связи с ухудшающейся динамикой состояния конструкции, которая наблюдается по результатам регулярных обследований и мониторинга сооружения.

В работе рассматривается причальное сооружение, состоящее из двух следующих друг за другом в линию причалов, расположенное в акватории Финского Залива, в Лужской губе. Причалы представляют собой экранированный заанкеренный больверк из шпунта Larssen 607n. Экранирующая стенка выполнена из свай 1220×12 мм, анкерная тяга запроектирована диаметром 63,5 мм. Конструктивный разрез представлен на рисунке 1.

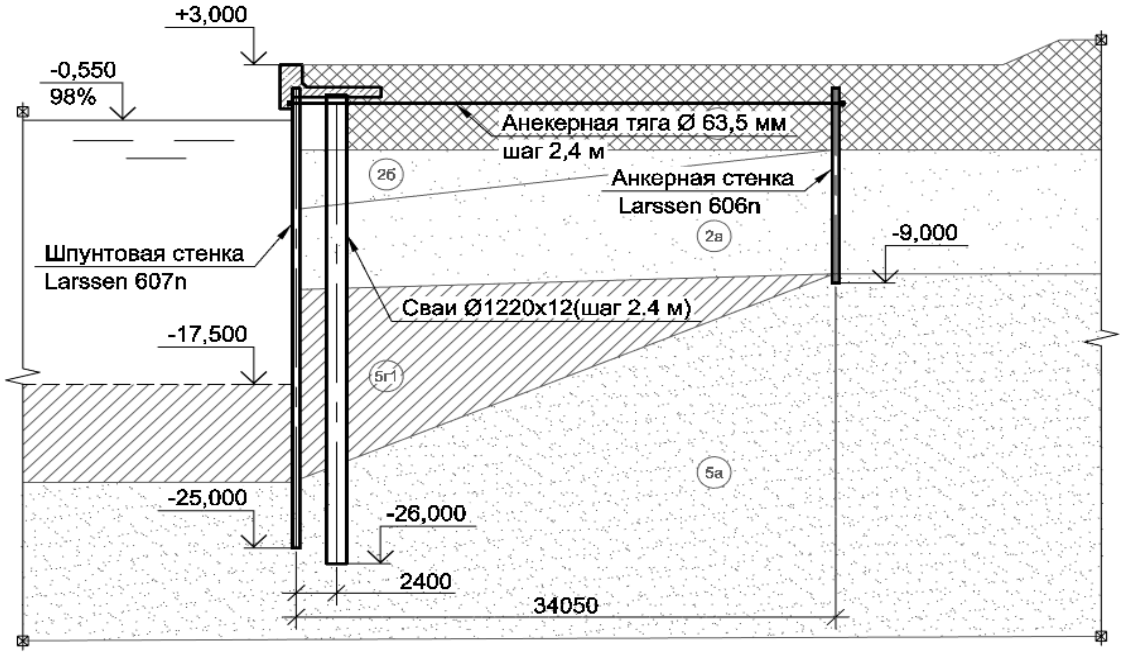


Рис. 1. Конструктивный разрез причалов №№ 1,2

Согласно результатам внеочередного обследования [3, 4], проведенного в 2020 году, были измерены наклоны шпунтовой стенки на 15 пикетах и выявлено, что в 5 пикетах наклоны шпунта превышают допускаемое значение в 1,3% [5] и составляют – от 1,6% до 2,4%. Предельный прогиб для шпунтовой стенки рассматриваемого больверка составляет 450 мм согласно [5]. В пяти измерительных створах был зафиксирован прогиб в диапазоне 366–450 мм. В одном из створов прогиб составил 472 мм, что является критическим дефектом. Кроме этого, согласно промерам, выполненным в 2019 г. [6, 7] наблюдается переуглубление у стенки причала на величину до 3,5 м. Коррозионный износ стенки составляет до 9% начальной толщины метала шпунта.

В 2020 году были произведены актуализированные инженерно-геологические изыскания, которые различаются с паспортными данными (изыскания 2009 г.).

На основании вышеприведенной информации была произведена оценка устойчивости по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения для больверка и прочности шпунтовой стенки, экранирующего ряда и анкерных тяг [8] в четырех вариациях:

1. Отметки дна перед сооружением приняты с учетом максимального переуглубления, по данным изысканий из Паспорта причала (2009 г.);

2. Отметки дна перед сооружением приняты с подсыпкой до проектной отметки -17,5 м, с учетом изысканий из паспорта причала (2009 г.);

3. Отметки дна перед сооружением приняты с учетом максимального переуглубления, по данным актуализированных инженерно-геологических изысканий (2020 г.);

4. Отметки дна перед сооружением приняты с подсыпкой до проектной отметки -17,5 м, с учетом актуализированных инженерно-геологических изысканий (2020 г.).

Совместное действие нагрузок от грунта засыпки, эксплуатационной нагрузки [8] и нагрузки от волнения при понижении свободной волновой поверхности у шпунтовой стенки [9] рассматривалось как наихудший расчетный случай. Расчетная схема представлена на рисунке 2. Расчет выполнялся с помощью программы «САПР Гидротехника». Результаты расчетов приведены в таблице ниже. Принятые обозначения: M – максимальный изгибающий момент в элементе, определяемый из расчета прочности; $M_{доп}$ – максимально допустимый изгибающий момент в элементе.

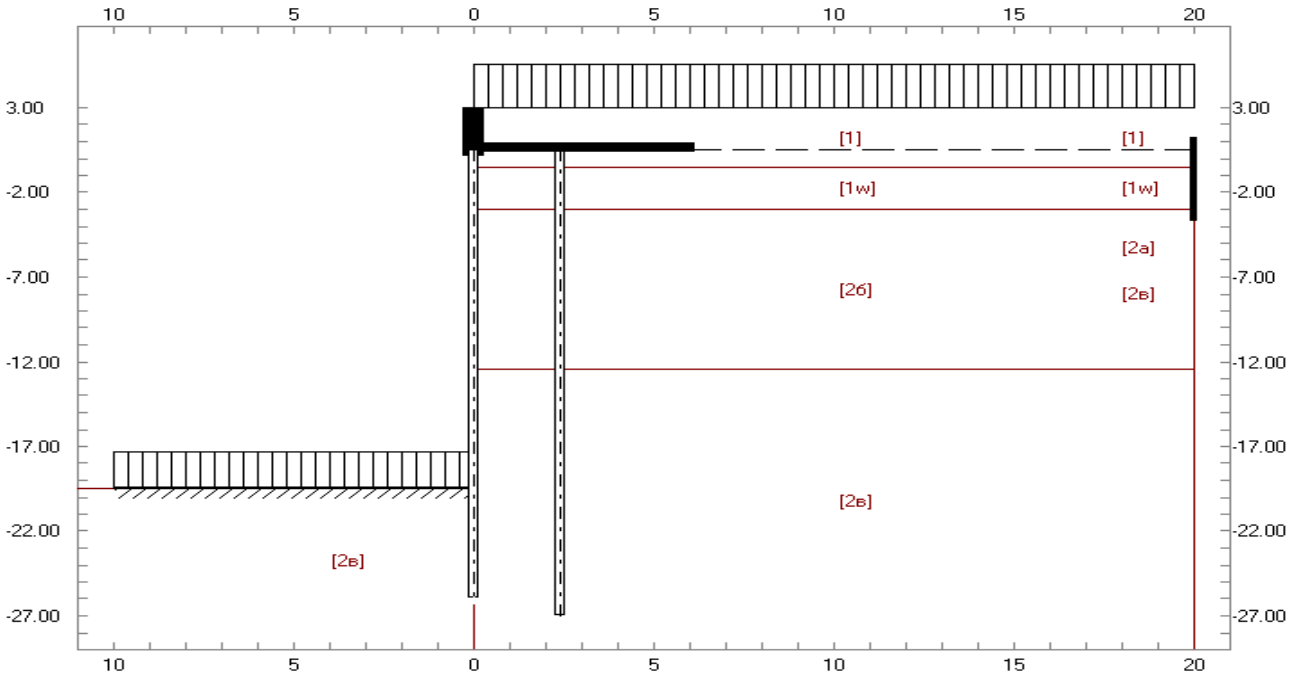


Рис. 2. Расчетная схема конструкции причала в программе «САПР Гидротехника»

На основании выполненных расчетов существующих конструкций причалов №№ 1,2 с учетом износа лицевой шпунтовой стенки и фактических отметок дна вдоль кордона была выявлена недостаточность несущей способности элементов свайного основания. Расчеты конструкции ГТС с учетом восстановления проектной отметки дна до -17,5 м также показали недостаточность несущей способности лицевой стенки.

Таблица

№ причала	Этап расчета	Геология	Отметка дна, м	Устойчивость	Статический расчет					
					Лиц. стенка		Экран		Анкерная тяга	
					M, кНм	$M_{доп}$, кНм	*M*, кНм	$M_{доп}$, кНм	*M*, кНм	$M_{доп}$, кНм
1	1	Паспорт	-20,9	1,651	1384	960,2	6147	5367,6	2547	1607,5
	2	Паспорт	-17,5	1,706	1239	960,2	5063	5367,6	2308	1607,5
	3	Актуализ.	-20,9	2,059	1120	960,2	2042	5367,6	1557	1607,5
	4	Актуализ.	-17,5	2,128	1064	960,2	1813	5367,6	1395	1607,5
2	1	Паспорт	-18,5	1,523	1422	960,1	4697	4623,9	2773	1607,5
	2	Паспорт	-17,5	1,589	1344	960,1	2916	4623,9	2342	1607,5
	3	Актуализ.	-18,5	1,83	865	960,1	1580	4623,9	1534	1607,5
	4	Актуализ.	-17,5	1,906	829	960,1	1484	4623,9	1410	1607,5
Примечание: Величина допустимого момента в шпунте Larssen 607n приведена с учетом износа по результатам измерения остаточной толщины шпунтовых свай [3, 4].										

Анализируя полученные результаты, можно сделать *вывод* о том, что причалам требуется капитальный ремонт для предотвращения дальнейшего наступления критического состояния конструкций и обеспечения несущей способности лицевой стенки. В качестве мероприятий по капитальному ремонту может быть предложено выполнение оторочки, но для этого потребуется полная остановка операций на причале, что неприемлемо для эксплуатирующей организации. Кроме этого, при устройстве оторочки будет нарушена единая линия кордона, что приведет к дополнительным затратам.

В рассмотренной ситуации оптимальным выбором будет выполнение капитального ремонта в виде компенсирующих мероприятий для повышения физико-механических свойств грунтов в теле причала путем устройства сетки грунтоцементных свай по методу струйной цементации. Данный способ позволяет не только не выводить причал из эксплуатации на время производства работ, но также сэкономить, по сравнению с другими методами ремонта [10].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Балашов Б.В., Беляев Н.Д., Михаленко Е.Б., Вилькевич В.В. Анализ проблем, связанных с обследованиями портовых ГТС (на примере глубоководной достроечной набережной). Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2013. Т. 269. С. 110–117.
2. Колгушкин А.В., Беляев Н.Д. Инженерные мероприятия по увеличению долговечности сквозных гидротехнических сооружений. Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2007. № 1 (49). С. 185–193.
3. Внеочередное обследование технического состояния Технологического причала №1 ТР652-1/2-45 (инв. №УЛ0000562). Технический отчет, шифр 242.КИО.44.20-01, ООО «ГТНС» 2020 г.
4. Внеочередное обследование технического состояния Технологического причала №2 ТР652-1/2-46 (инв. №УЛ0000563). Технический отчет, шифр 243.КИО.44.20-01, ООО «ГТНС» 2020 г.
5. ГОСТ Р 54523-2011. Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – Москва: Стандартинформ, 2012.
6. Очередной этап мониторинга технического состояния Технологического причала №1 ТР652-1/2-46 (инв. №УЛ0000562). Технический отчет, шифр 246.МОН25.19-01, ООО «ГТНС» 2019 г.
7. Очередной этап мониторинга технического состояния Технологического причала №2 ТР652-1/2-46 (инв. №УЛ0000562). Технический отчет, шифр 247.МОН25.19-01, ООО «ГТНС» 2019 г.
8. РД 31.31.55-93 Инструкция по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений. – Департамент морского транспорта Минтранса России. М., 1993 г.
9. СП 38.13330.2018. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов).
10. Горгуца Р.Ю., Николаевский А.М. Теория и практика реконструкции причальных сооружений типа больверк посредством изменения характеристик грунтов обратной засыпки // Гидротехника. XXI век. – 2017. – №3. – С. 56.

УДК 626.034

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Цель работы — провести анализ текущего развития справочных систем широкого профиля на основе нейросетей, для определения возможности их использования с достаточным уровнем конфиденции для решения инженерных задач гидротехнического проектирования.

В задачи работы входит определение адекватность ответов, количество ошибок в ответах нейронных сетей, связанных с вопросами проектирования и определения возможности использования нейросети как справочного инструмента на данном этапе их развития.

Методика исследования

В качестве исследуемой нейросети была выбрана нейросеть ChatGPT с языковой моделью GPT-3.5.

Для нейросети были выбраны вопросы из сферы геотехнического проектирования. Анализ возможностей справочной системы на основе нейросети, проводился ступенчатым методом последовательных приближений. На первом этапе задавались общие вопросы, на которые легко найти ответ в стандартной поисковой системе, затем сложность вопросов повышается и, чтобы ответить на них, необходимо знание нормативных документов,

расчетных формул. Повышая сложность вопросов, можно определить границу компетентности нейросети на момент написания данной статьи.

Вопросы, задаваемые нейросети представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Вопросы первого этапа анализа нейросети

№	Вопрос
1	Что такое суглинок?
2	Можно ли забить сваю в скальный грунт без предварительной подготовки грунта?
3	Как найти удельный вес грунта?
4	Каким нормативным документом следует пользоваться при расчете ледовых нагрузок на причальные сооружения на территории РФ?
5	Имеется балка длиной 1,0 м с заделкой с левой стороны и свободным концом с другой? На протяжении всей длины балки к ней приложена равномерно-распределенная нагрузка величиной 1,0 Н/м. Найти максимальный изгибающий момент.

Результаты исследования

На первый вопрос нейросеть ответила полностью корректно. После описания состава грунта ChatGPT предложила способы применения суглинка в строительстве.

На второй вопрос ChatGPT ответил, что сваю в неподготовленный скальный грунт забить невозможно. Однако, в дальнейшем раскрытии вопроса, в системе не прослеживается логика:

– «Без подготовки грунта вероятность повреждения сваи, например, из-за трещин в скале, увеличивается»;
– «Поэтому перед забивкой свай в скальный грунт обычно требуется провести предварительную подготовку грунта, включая его очистку и приведение к определенной форме и размеру, чтобы обеспечить устойчивость фундамента».

В первом тезисе, приведенном выше, совершенно непонятно, как трещины в скале могут повлечь за собой повреждение сваи. Из второго тезиса нейросети совершенно непонятно, как приводить грунт к определенной форме и размеру.

На вопрос о том, как найти удельный вес грунта, нейросеть ответила, что «Удельный вес грунта определяется как отношение веса грунта к его объему» и затем привела три способа определения удельного веса грунта с формулами. Данный ответ является полностью корректным.

При задании вопроса: «Каким нормативным документом следует пользоваться при расчете ледовых нагрузок на причальные сооружения на территории РФ?», нейросеть привела СНиП 2.01.07-85, СП 20.13330.2016, ГОСТ 31176-2003. Затем она добавила, что для расчета ледовых нагрузок может использоваться специальная литература и руководства по этой теме, а также напомнила, что важно иметь в виду, что нормативные документы могут обновляться и важно использовать их актуальные версии.

СНиП 2.01.07-85, СП 20.13330.2016 как раз являются устаревшими нормативными документами по расчету нагрузок, а ГОСТ 31176-2003, является нормативным документом по дверным блокам.

Исходя из приведенной выше информации, ответ на вопрос о нормативных документах нельзя считать корректным. Более того, начинающих инженеров этот ответ может ввести в заблуждение, предоставляя ложную информацию.

Последним вопросом является предложение нейросети решить задачу по строительной механике: имеется балка длиной 1 м с заделкой с левой стороны и свободным концом с другой? На протяжении всей длины балки к ней приложена равномерно-распределенная нагрузка величиной 1 Н/м. Найти максимальный изгибающий момент.

При получении данной задачи, нейросеть долго «думает», как будто готовит ответ, но в итоге просто выдает ошибку. Ввод задачи был произведен три раза, после чего и программа все три раза выдавала ошибку.

После этого было решено спросить у ChatGPT, умеет ли она решать задачи по строительной механике, на что она тактично ответила, что не способна на такое.

Анализируя результаты проделанной работы, можно сделать *вывод*, что нейросеть зачастую путается в терминах и цифрах при ответе на какой-то технический вопрос. Поэтому использование ее в качестве справочника в области гидротехнического проектирования на данный момент не предоставляется возможным.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Bard vs. ChatGPT: What's the difference? [Электронный ресурс]. URL: https://www.techtarget.com/whatis/feature/Bard-vs-ChatGPT-Whats-the-difference;
2. Нейронные сети: 1. Основы. [Электронный ресурс]. URL: https://synset.com/ai/ru/nn/NeuralNet_01_Intro.html;
3. Основы нейросетей в 100 строках кода (часть 1) [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/ru/company/sciberia/blog/499672/;
4. Как работает нейронная сеть: алгоритмы, обучение, функции активации и потери [Электронный ресурс]. URL: https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/osnovy-nejronnyh-setej-algoritmy-obuchenie-funkcii-aktivacii-i-poteri/;
5. ChatGPT [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/ChatGPT;
6. Что такое ChatGPT и как пользоваться? [Электронный ресурс]. URL: https://vc.ru/services/600021-chto-takoe-chatgpt-i-kak-polzovatsya

УДК 624.014

С.А. Герке, А.А. Губанова, А.А. Меркулов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЛИЯНИЕ МАРКИ СТАЛИ НА ЕЕ РАСХОД ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПОЛИГОНАЛЬНОЙ ФЕРМЫ

Известно, что на стоимость металлоконструкций «в деле» $C_д$ влияют четыре вида затрат: на основные материалы $C_{ом}$, на изготовление $C_и$, на перевозку $C_т$ и на монтаж конструкций $C_м$ [1]. Процесс вариантного проектирования предполагает расчетное обоснование нескольких вариантов конструкций и их сопоставление по критериям экономической эффективности. При этом обычно рассматриваются разные конструктивные схемы. В статье рассматривается конструктивное решение стальной полигональной фермы пролетом 30 м с сечением из спаренных уголков (рис. 1). Ферма находится в составе однопролетного одноэтажного промышленного здания и имеет жесткое сопряжение с колоннами. Расчетные длины стержней фермы определяются ее раскреплениями из плоскости связевыми конструкциями и элементами покрытия в виде сборных железобетонных плит.

Цель работы – количественная оценка снижения массы фермы при повышении прочности стали ее элементов. *Задачи*: 1) подбор требуемых сечений элементов фермы при различных марках используемой стали путем выполнения аналитических расчетов на основе метода предельных состояний; 2) конструирование фермы [2], анализ и сопоставление его результатов при рассматриваемых марках стали; 3) выявление элементов фермы с наибольшим влиянием на снижение ее массы и факторов, влияющих на это снижение.

После определения усилий в стержнях фермы выполнялся подбор сечений этих элементов. Среди панелей верхнего пояса выбиралась наиболее загруженная, определяющая сечение всех его панелей. Это сечение подбиралось из условий прочности (1) и устойчивости (2) [3]:

$$N < AR_y\gamma_c; \qquad (1)$$

$$N < \varphi A R_y \gamma_c, \quad (2)$$

где N – усилие в элементе фермы, Н; A – площадь поперечного сечения, м^2; R_y – расчетное сопротивление стали (для углеродистой стали С245 (Вс3пс6) равно 240 МПа, для низколегированной С345 (09Г2С) 340 МПа); γ_c – коэффициент условий работы; φ – коэффициент продольного изгиба при центральном сжатии.

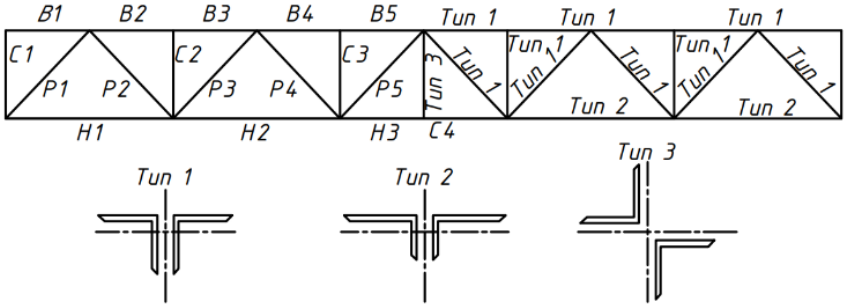


Рис. 1. Элементы фермы и типы их сечений

Для фермы из стали С245 подобрано сечение верхнего пояса (ВП) из спаренных уголков 160×18, а из С345 из уголков 160×16. При выполнении условия прочности (1) потребовалось увеличение сечения ВП для выполнения условия устойчивости, то есть условие (2) стало определяющим. Коэффициент φ из (2) уменьшает несущую способность стержня и зависит от его гибкости λ и радиуса инерции r. Для ВП величины φ составили: при С345 $\varphi = 0{,}758$, при С245 $\varphi = 0{,}799$. Расстояние между уголками зависит от толщины фасонок, которая для обоих вариантов фермы составляет 14 мм, исходя из величины усилия в наиболее загруженном раскосе.

Нижний пояс (НП) работает на центральное растяжение, поэтому для него должно выполняться только условие (1). Сечение НП определяется расчетом наиболее нагруженной панели. Для фермы из стали С345 подобрано сечение из неравнополочных спаренных уголков 140×90×10, а из С245 из уголков 160×100×12. Запас по условию прочности для НП из С345 составил 2,6%, а из С245 3,9%, то есть его сечения подобраны оптимально.

Раскос 1 (Р1) и раскос 3 (Р3) работают на центральное сжатие. При выполнении условия прочности (1) потребовалось увеличение сечения Р1 и Р3 для выполнения условия устойчивости, то есть условие (2) стало для них определяющим. Для фермы из стали С345 сечение Р1 и Р3 выполняется из спаренных уголков 160×10 и 125×8 соответственно, а из С245 из уголков 140×12 и 125×9. Для Р1 величины φ составили: при С345 $\varphi = 0{,}540$, при С245 $\varphi = 0{,}548$. Для Р3 величины φ составили: при С345 $\varphi = 0{,}523$, при С245 $\varphi = 0{,}618$. Раскос 2 (Р2) работает на центральное растяжение, поэтому для него должно выполняться только условие (1). Для фермы из стали С345 подобрано сечение Р2 из спаренных равнополочных уголков 100×7, а из С245 из уголков 110×8. Запас по условию прочности для Р2 из С345 составил 11,1%, а из С245 3,9%.

Раскос 4 (Р4) работает на центральное растяжение, поэтому для него должно выполняться только условие (1). Для фермы из стали С345 подобрано сечение Р4 из спаренных равнополочных уголков 56×5, а из С245 из уголков 75×5. Запас по условию прочности для Р4 из С345 составил 3,0%, а из С245 5,8%.

Раскос 5 (Р5) работает как на центральное растяжение, так и на центральное сжатие в зависимости от сочетаний ветровой и снеговой нагрузок. При выполнении условия прочности (1) потребовалось увеличение сечения Р5 для выполнения условия устойчивости (2). Для Р5 величины φ составили: при С345 $\varphi = 0{,}296$, при С245 $\varphi = 0{,}415$. Для ферм в обоих случаях подобрано сечение Р5 из спаренных уголков 90×7.

Стойки 2, 3 и 4 являются слабонагруженными. Они работают на центральное сжатие, следовательно, требуемые площади сечения получены из условия устойчивости (2): во всех

случаях используются спаренные уголки 75×5. Для всех стоек величины φ составили: при С345 $\varphi = 0{,}387$, при С245 $\varphi = 0{,}516$.

В таблице 1 содержатся величины масс стальных элементов ферм из С245 и С345 по результатам их расчетов и конструирования. Например, масса ВП получена суммированием масс всех 8 его панелей.

Таблица 1 – Массы стержневых элементов ферм

Элемент	Расчетное усилие в элементе, кН	Признак*	Ферма из С245	Ферма из С345	Изменение массы элемента** при переходе от С245 к С345, кг
			Масса, кг	Масса, кг	
ВП	1316,76	2	2495,5	2227,8	-267,7
НП	1358,34	1	1361,2	1007,3	-353,9
С2	138,61	2	56,2	56,7	+0,5
С3	138,61	2	56,2	56,7	+0,5
С4	138,61	2	20,6	21,1	+0,5
Р1	803,92	2	307,2	294,9	-12,3
Р2	623,73	1	166,9	135,8	-31,1
Р3	443,54	2	210,7	190,2	-20,5
Р4	263,35	1	73,2	54,9	-18,3
Р5	157,33	2	111,6	112,4	+0,7
∑	–	–	4859,3	4157,8	-701,5

* – подразумевает собой фактор, по которому проводилась ключевая проверка:
1– проверка по прочности, 2 – проверка по устойчивости.
** Причиной появления положительных величин служит тот факт, что в ферме из стали С345 фасонки имеют меньшие размеры по сравнению с С245, из-за чего длины стержней увеличились, а сечения этих элементов одинаковы, так как подбирались по условию (2).

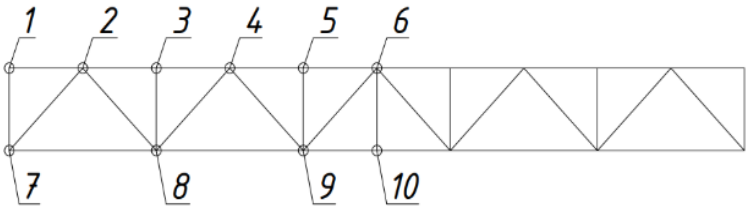


Рис. 2. Схема расположения и нумерация узлов фермы

Из табл. 1 видно, что общая экономия массы стержневых элементов составила 701,5 кг. Наибольший вклад в нее вносит НП: 353,9 кг или 50,5%. Существенную долю имеет также ВП: 267,7 кг или 38,2 %.

После подбора сечений стержней фермы выполнялось конструирование ее узлов (рис. 2), учитывались правила их центрирования и конструктивные требования [2]. Определялись длины сварных швов крепления уголков к фасонкам, которые задают габариты фасонок. В таблице 2 приведены суммарные массы фасонок, симметрично расположенных с обеих половин ферм.

Таблица 2 – Массы фасонок ферм

Номер узла	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	∑
Масса фасонок из стали С245, кг	7,3	75,8	10,8	56,3	10,8	36,9	38,3	64,8	37,0	27,8	365,8
Масса фасонок из стали С345, кг	6,4	63,8	10,6	52,4	10,6	34,8	34,7	54,2	30,0	21,4	318,9
Экономия массы фасонок при переходе от С245 к С345, кг	0,9	12,0	0,2	3,9	0,2	2,1	3,6	10,6	7,0	6,4	46,9

Из таблицы 2 видно, что наибольший вклад в экономию стали при замене ее марки вносят узлы 2 и 8, так как на эти фасонки приходят самые загруженные раскосы. Вклад в экономию узла №2 составил 12 кг, а узел №8 10,6 кг. Общая экономия стали по массе при сравнении фасонок равна 46,9 кг.

Общий вес фермы из стали С245 равен 5225,1 кг, а из С345 4476,7 кг. Итоговая экономия массы металла при повышении марки стали составляет 748,4 кг, что составляет снижение массы на 14,3%. Согласно [4, 5] цена за тонну стальных уголков (размер 50×5) из стали С245 равна 43500 руб./т, а из стали С345 46864 руб./т. Используя эти значения как характерные для проката проектируемой фермы, получим стоимость ее стали 227291,5 руб. при марке С245 и 209796,8 руб. при С345.

Выводы:

1. Наибольший вклад в экономию материала при повышении марки стали вносит НП: 353,9 кг или 6,8% от массы фермы из С245. Это обусловлено постоянством его сечения при большой длине и оптимальностью этого сечения, подбираемого только по условию прочности (1).

2. Эффектом от повышения марки стали с С245 до С345 для рассматриваемой фермы стало понижение ее массы на 701,5 кг совместно со снижением стоимости требуемого материала на 17494,7 руб. Это подтверждает целесообразность выполненного вариантного проектирования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Металлические конструкции. В 3 т. Т. 1. Общая часть. (Справочник проектировщика) / Под общ. ред. В.В. Кузнецова – М.: изд-во АСВ, 1998, – 576 с.
2. Проектирование стальной стропильной фермы: Метод. указания к курсовому проекту /Б.А. Гаврилин, Н.М. Тимофеев, С.Е. Фомин. – Л.: ЛГТУ, 1991. – 30 с.
3. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. – СНиП II-23-81*; 2017-08-28. – Росстандарт, 2016. – 178 с.
4. Пульс цен // Торговая площадка в Санкт-Петербурге. URL: https://spb.pulscen.ru/products/ugolok_50kh50kh5_s245_gost_8509_93_100298824. Дата обращения:10.03.2023.
5. Пульс цен // Торговая площадка в Санкт-Петербурге. URL: https://spb.pulscen.ru/products/ugolok_stalnoy_s345_50x50_mm_194191046. Дата обращения:10.03.2023.

УДК 626

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

ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ АРМИРОВАННОГО ЛЕДОВОГО ПОКРОВА

Цель работы – определение несущей способности ледового покрова с учетом наличия в нем армирующего геосинтетического материала.

Армирование является одним из способов усиления материала или частей конструкций элементами (арматурой) из более прочного материала и необходимо, когда прочности естественного ледового массива недостаточно, например, при недостаточной его толщине. Скорость роста льда ограничена внешними условиями и может быть определена по материалам исследований [1, 2]. При недостаточной толщине льда основным способом усиления его несущей способности будет армирование.

Для определения несущей способности необходимо исследовать напряженно-деформированное состояние ледового покрова. Расчетная схема может быть представлена в виде плиты, лежащей на упругом основании (рис. 1). В качестве упругого основания (в данном случае) используется водная поверхность. Поскольку размеры водоема в плане во много раз превышают толщину льда, можно принять плиту с неограниченными размерами.

Исходя из условий работы применяется метод Матвеева-Немировского [3], который позволяет определять параметры, описывающие состояние многослойной плиты, лежащей на упругом основании, в том числе и в случае композитной структуры. С помощью этого метода можно не только учесть наличие во льду армирующей прослойки, но и различия в механических свойствах льда по толщине плиты.

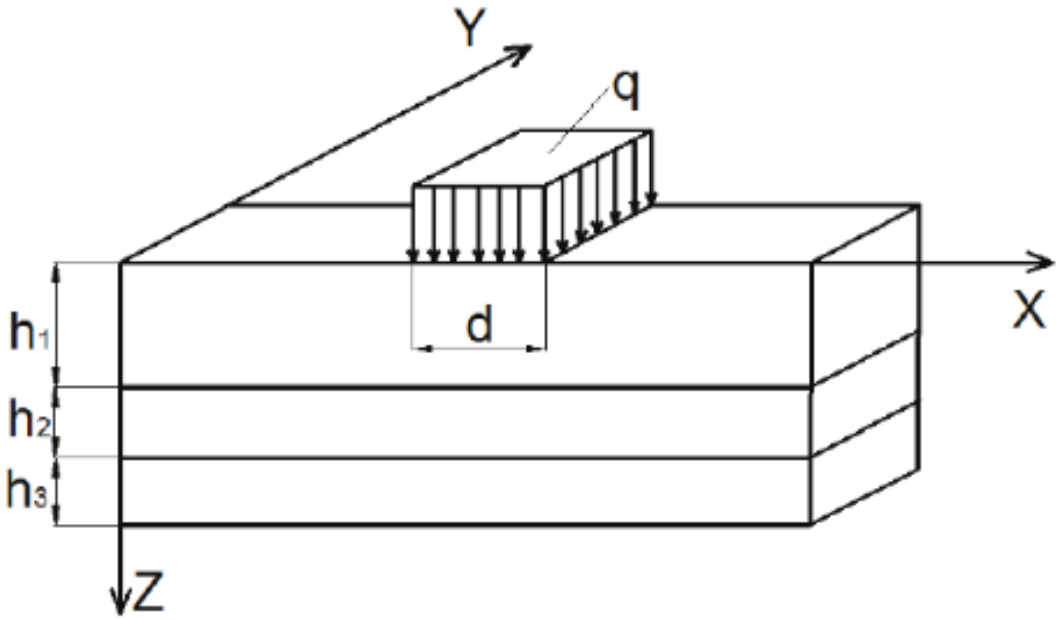


Рис. 1. Расчетная схема плиты

В случае цилиндрического изгиба расчетная схема плиты заменяется расчетной схемой бесконечной полосы на упругом основании.

Исходя из теоретической работы [4], была выявлена связь максимального прогиба с длиной полосы конечных размеров, жестко защемленных по концам. Было установлено, что размер чаши прогиба лежит в пределах 5 м.

В дальнейших расчетах определяется максимальный прогиб двумя методами (Матвеева-Немировского и Панфилова), на основании чего определяется расхождение в 9% (0,055 м и 0,060 м соответственно).

При расчете армированного ледового поля следует применять метод Матвеева-Немировского, поскольку он позволяет учесть армирующий слой.

Для армированных слоев вычислены упругие постоянные, а для всей плиты определен максимальный прогиб в центре площадки. Результаты расчета приведены в таблице 1 [4].

Таблица 1 – Результаты расчета прогиба

Материал	Модуль упругости, МПа		Прогиб, м	Уменьшение прогиба (по сравнению со льдом без усиления), %
	В продольном направлении, E_α	В поперечном направлении, E_β		
СТ-100	15625	21250	0,026	56,7
Поли-40	4772,7	6600	0,0492	18,0
Поли-30	4230,4	6562,5	0,0495	17,5
Поли-20	4190,1	6093,8	0,0501	16,4

Для оценки прочности ледового поля наибольшей точностью обладает формула из ОДН 218.010-98 [5].

При необходимости учета наличия в ледовом поле армирующих элементов необходимо ввести коэффициент армирования $K_{арм}$, приведенный в таблице 2 [4].

Таблица 2 – Значение коэффициента армирования $K_{арм}$

Прочность геосетки (георешетки), кН/м	Относительная деформация при разрыве, % не более	$K_{арм}$ при верхнем/нижнем армировании
20	3	1,10/1,15
	8	1,05/1,10
60	3	1,20/1,30
	8	1,15/1,20
100	3	1,30/1,50
	8	1,25/1,40

Данная формула позволяет получать численные значения несущей способности ледового поля, наиболее близкие к значениям, полученным в результате испытаний. Таким образом, несущую способность ледового поля следует осуществлять с учетом характеристик армирующего материала и места его расположения по формуле [4-6]:

$$P = \left(\frac{h_{пр} + 0{,}5h_{мут}K_2}{11n_и}\right)^2 K_3K_4K_{арм}, \text{т},$$

где $h_{пр}$ и $h_{мут}$ – толщина прозрачного и мутного слоя льда, см; $n_и$ – коэффициент, учитывающий интенсивность движения; K_2 – коэффициент изменения общей структуры льда при наращивании дополнительного льда; K_3 – коэффициент запаса прочности при оттепелях; K_4 – коэффициент неравномерности структуры льда; $K_{арм}$ – коэффициент армирования.

При «верхнем» армировании материал располагается в зоне не глубже 1/3 от общей толщины ледяной плиты, но не ближе 5 см от дневной поверхности льда. При «нижнем» материал располагается в зоне не выше 1/3 от общей толщины ледяной плиты, но не ближе 5 см от нижней поверхности льда (рис. 2).

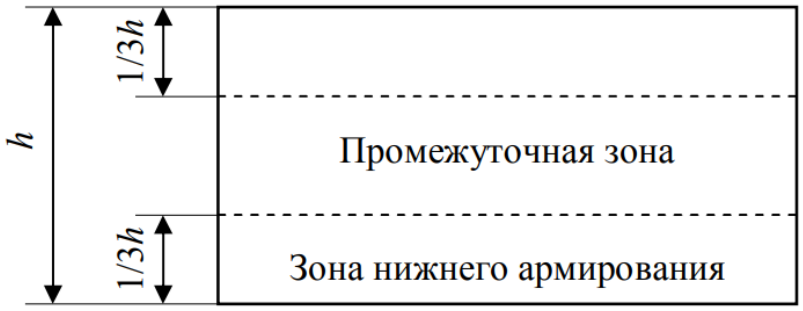


Рис. 2. Схема местоположения армирующего материала: h – толщина льда

Для оценки несущей способности рассматривается ледяная плита толщиной 80 см и аналогичная плита, армированная геосинтетическим материалом отечественной компании ООО «МИАКОМ».

Стеклосетка «ГЕО СТ 100/100» представляет нитепрошивную сетку из стекловолоконных нитей, пропитанных полимерно-битумным составом [7].

Сравнение выполнено при температуре воздуха 0 °С и -10 °С. Результаты вычислений приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты сравнения допустимой несущей способности льда

Ледовый покров	Допустимая несущая способность, т	
	t = -10 °С	t = 0 °С
С учетом армирующего слоя	20,9	19,9
Без учета армирующего слоя	14	13,3

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что введение в плиту выбранных геосинтетических материалов увеличивает несущую способность элемента на 33%. При аналогичных показателях несущей способности толщина неармируемого льда составит 115 см.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Шарапов Д.А., Большев А.С. Численная обработка необходимой энергии для предотвращения образования воротников на морских причалах Арктики // Научно технический сборник Российского морского регистра судоходства. 2016. №44-45. С. 20–25.
2. Sharapov D., Shkhinek K. Numerical calculation of the ice grow and empirical calculation results // Advanced Materials Research. 2013. Т. 834-836. С. 1448–1454.
3. Матвеев С.А. Армированные дорожные конструкции: моделирование и расчёт / С.А. Матвеев, Ю.В. Немировский. – Новосибирск : Наука, 2006. – 348 с.
4. Якименко О.В., Сиротюк В.В. Усиление ледовых переправ геосинтетическими материалами// монография, Омск, 2015 г., 168с.
5. ОДН 218.010–98. Инструкция по проектированию, строительству и эксплуатации ледовых переправ.
6. ОДМ 218.4.030-2016 Методические рекомендации по оценке грузоподъемности ледовых переправ;
7. Георешетка ГЕО СТ: [Электронный ресурс]. URL: http://miakom.ru/production/georeshetki-i-geokompozity-dlya-armirovaniya-asfaltobetona/georeshyetka-geo-st/ (Дата обращения: 11.03.2023).

УДК 621.644.8

В.И. Мелихов, М.В. Рудаков
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАСЧЕТ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ПУЛЬПОПРОВОДА КУЛТУМИНСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА

Актуальность. Гидравлическое складирование отвальных отходов обогащения полезных ископаемых (хвостов) экономически наиболее выгодно. При этом используют искусственные емкости – хвостохранилища, созданные путем возведения ограждающих дамб. Наиболее эффективный способ складирования хвостов – намывной, при котором ограждающие сооружения возводят путем намыва хвостов в течение всего времени его эксплуатации [1]. Транспортирование хвостов от фабрики сгущения до точек сброса осуществляется при помощи системы гидравлического транспорта по трубопроводам (пульпопроводам). При проектировании системы гидротранспорта необходимо учитывать гидравлические потери пульпопроводов: для подбора диаметров труб; для дальнейшего обоснования устройства пульпонасосных станций (ПНС); для избежания аварии системы, которая может вызвать остановку производства.

Цель. Целью данного исследования является практический анализ гидравлических потерь пульпопровода, подбор диаметра, обоснование необходимости устройства ПНС. Спрогнозировать высоту заполнения хвостохранилища при использовании напорно-самотечной системы транспортирования.

Методы исследования. Для исследования применена методика гидравлического расчета системы «грунтовый насос – трубопровод» при гидравлическом транспорте несвязных грунтов, изложенная в инструкции [2].

Объект исследования. Объектом исследования является система гидротранспорта хвостохранилища в составе Култуминского ГОКа. Материал трубопровода ПЭ 100 SDR 13.6 S 6 [3] имеет шероховатость $\alpha = 0{,}01$ мм. Расчет выполняется на 8-ми различных по уклону участках [4], совпадающих с продольных уклоном технологической насыпи, по которой проходит трасса пульповода. Последний участок имеет уклон $i_8 = 0$, что обусловлено

расположением распределительной части ветки пульповода на гребне ограждающей дамбы. К 7-му году выработки отметка гребня оградительного сооружения составит 492 мБс. Отметка выхода пульпы со сгустителя фабрики 536,4 мБс. Геометрический перепад транспортировки составит 44,4 м. Данные трассы пульповода представлена в табл. 1. Гранулометрический состав представлен в таб. 2 и рис. 1. Требуемый расход транспортировки $Q_{тр} = 2896{,}2$ м^3/ч. Плотность пульпы $\rho = 1370$ кг/м^3 [5]. На пульповоде предусмотрены 5 задвижек, в расчетном случае предполагается, что все задвижки полностью открыты. Сумма углов поворота пульповода по всей длине составит 397°.

Таблица 1 – Исходные данные трассы пульповода

	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 5	Уч. 6	Уч. 7	Уч. 8
Нач. отметка мБс	536,4	530,80	525,89	524,66	524,57	521,56	516,49	492,00
Кон. отметка, мБс	530,80	525,89	524,66	524,57	521,56	516,49	492,00	492,00
Длина, м	0,10	71,60	66,54	56,1	1519,03	479,34	261,51	1229,43
Уклон	1,553	0,068	0,018	0,002	0,002	0,011	0,093	0,000
Угол уклона, °	88,97	3,92	1,06	0,09	0,09	0,61	4,74	0,00

Система транспортировки – напорно-самотечная. В таких системах пульпа движется по напорным пульпопроводам под действием геометрического перепада высот. В случае, если геометрического перепада высот недостаточно, то система приобретает вид напорно-принудительной. В состав сооружений напорно-принудительных систем входят пульпонасосные станции. Гидравлическая схема гидротранспорта представлена на рис. 2.

Таблица 2 – Гранулометрический состав

Фракция, мм	Содержание, %	Σ, %
-0,0084	19,24	19,24
+0,0084-0,0114	5,99	25,23
+0,0114-0,0175	9,73	34,96
+0,0175-0,025	12,08	47,04
+0,025-0,034	8,66	55,70
+0,034-0,045	3,1	58,80
+0,045-0,071	12,7	71,50
+0,071	28,5	100

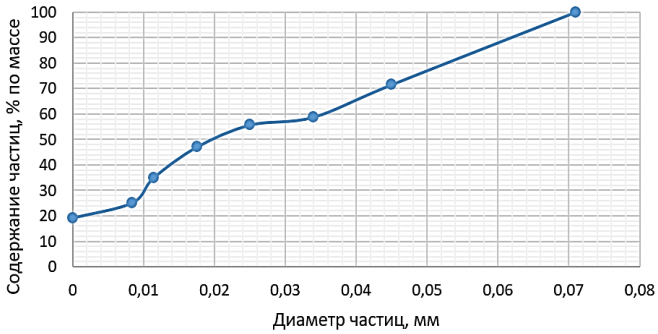


Рис. 1. Гранулометрический состав

Полные гидравлические потери состоят из суммы гидравлических потерь напора по длине и местных гидравлических сопротивлений [6].

$$H = k(\sum h_{l_i} + h_м),$$

где k – рекомендуемый коэффициент «запаса» [2], соответственно принят 1,15; h_{l_i} – гидравлические потери напора по длине i-го участка; $h_м$ – суммарные местные потери напора.

Гидравлические потери напора по длине i-го участка определяются по формуле Р. Дюрана [6]:

$$h_{l_i} = \Delta i_i l;\ \Delta i_i = \lambda \frac{v^2}{D2g},$$

где Δi_i – гидравлический уклон при движении гидросмеси в трубе; l – длина рассматриваемого участка; λ – коэффициент гидравлического трения; v – фактическая скорость движения гидросмеси в трубе; D – диаметр трубопровода; g – ускорение свободного падения, $g = 9{,}81$ м/с.

Рис. 2. Гидравлическая система гидротранспорта

Минимальные гидравлические потери имеют место при средних скоростях движения потока, равных критической скорости. Поэтому при подборе диаметра трубопровода необходимо принимать критическую скорость, как скорость минимальных гидравлических потерь [7].

Местные гидравлические потери напора определяются по формуле Дарси-Вейсбаха [2]:

$$h_{\text{м}} = \xi \frac{v^2}{2g},$$

где ξ – коэффициент местных сопротивлений, определяющийся по [2].

Результаты исследования. Был проведен расчет для подбора оптимального диаметра трубопровода, обеспечивающего минимальные гидравлические потери системы гидротранспорта на величину геометрического перепада 44,4 м. Рассмотрены три варианта диаметров полиэтиленовых труб ПЭ 100 SDR 13.6 S 6 [3]. Результаты расчета приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Результаты расчетов полных гидравлических потерь

Внешний диаметр трубопровода, мм	630	710	800
Внутренний диаметр трубопровода, мм	515,6	605,6	682,4
Критическая скорость, м^2/с	1,92	2,03	2,11
Расчетная скорость потока, м^2/с	3,85	2,79	2,20
Потери по длине, м	61,57	30,41	19,94
Потери на задвижках, м	0,19	0,10	0,06
Потери на поворотах, м	2,00	1,05	0,65
Полные потери с уч. геометрии, м	19,36	-12,84	-23,75

Выводы.

Согласно результатам расчета в табл. 3 полные потери с уч. геометрии меньше нуля при диаметрах 710 и 800 мм, что обеспечивает условие работы напорно-самотечной системы гидротранспорта. Изменение режима эксплуатации системы гидротранспорта с напорно-самотечной на напорно-принудительную не требуется. Устройство ПНС не требуется.

Выбор требуемого диаметра трубопровода может быть обусловлена экономической целесообразностью. Однако, анализируя возможное перспективное развитие ГОКа и увеличение объема выработок, которые повлияют на объем складирования, тем самым повлияют на высоту ограждающего сооружения. Необходимо учесть и спрогнозировать возможность эксплуатации системы гидротранспорта при заданных диаметрах трубопроводов, см. рис. 3.

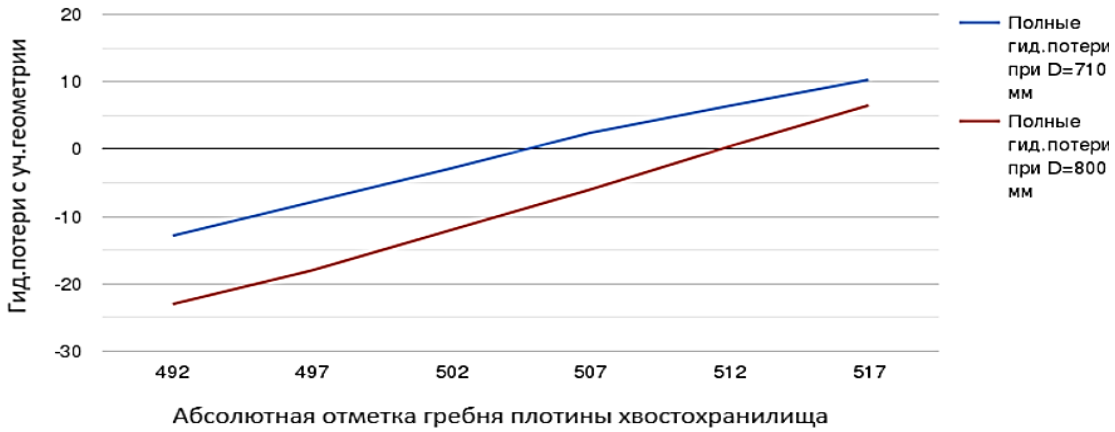


Рис. 3. График зависимости гидравлических потерь от уровня гребня ограждающего сооружения

При выборе закладываемых диаметров труб рекомендуется применение труб ∅800 мм, гарантирующие наименьшие гидравлические потери, тем самым обеспечивая более длительную эксплуатацию ГОКа без дополнительного устройства ПНС.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кибирев В.И., Райлян Г.А., Сазонов Г.Т. Гидравлическое складирование хвостов обогащения, справочник. – М.: Недра, 1991 г., с. 207.
2. П 59–72. Инструкция по гидравлическому расчету систем напорного гидротранспорта грунтов. – Ленинград.: ВНИИГ, 1972 г., с. 36.
3. ГОСТ 18599–2001. Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия. 134 с.
4. СП 36.13330.2012. Магистральные трубопроводы. Актуальная редакция СНиП 2.05.06-85*.
5. ИТС 25–2017. Добыча и обогащение железных руд. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. М.: Бюро НДТ, 2017 г., 224 с.
6. Зайцев О.И., Кожевникова Е.Н., Локтионова Е.А., Орлов В.Т. Гидравлика. Лабораторные работы по курсу «Основы гидравлики»: учебное пособие. – СПб, 2012 г., 41 с.
7. Алтшуль А.Д. Гидравлические потери на трение в трубопроводах. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963., с. 256.

УДК 626.01

М.Д. Никандров, Н.Д. Беляев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ ДЛЯ УЧАСТКОВ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Цель работы – повышение эффективности реализации проектов гидротехнических сооружений со сложной геометрией.

Один из наиболее масштабных проектов среди грузопассажирских причалов в России – международный морской терминал для приема круизных и грузопассажирских судов в г. Пионерский Калининградской области.

Проектируемый терминал располагается в г. Пионерском Калининградской области, на северном побережье Самбийского полуострова, омываемого Балтийским морем, в небольшом заливе между мысом Гвардейский и мысом Купальный. Проектируемый терминал ориентирован преимущественно на пассажирские перевозки и небольшой объем грузоперевозок. Проект предусматривает создание причалов для приема круизных судов и паромов, оградительных гидротехнических сооружений, вновь образованной территории, а также других объектов инфраструктуры порта и пункта пропуска через государственную границу РФ.

При разработке проектной документации одной из основных задач было обеспечение надежности и устойчивости гидротехнических сооружений под воздействием высоких ветро-волновых нагрузок: на момент штормовых воздействий 02.01.2019 высота волн достигала 6,7 м (соответственно, нагрузка на 1 погонный метр Оградительного мола превышала 800 кН/м). Как следствие, по результатам пространственных расчетов Заказчику было предложено оптимальное конструктивное решение Оградительного мола, сочетающее в себе преимущества взаимозаанкеренного больверка и наклонных свай, обеспечивающее надежность и устойчивость сооружения на периоды строительства и эксплуатации с минимальной материалоемкостью. Корректность принятых решений была подтверждена независимыми расчетами сторонних организаций, а также экспертной оценкой специалистов ФАУ «Главгосэкспертиза России».

В процессе работы была создана расчетная схема сооружения и заданы все необходимые характеристики грунтов и конструктивных элементов [1]. Необходимо отметить, что пространственные расчетные схемы позволили корректно смоделировать напряженно-деформированное состояние системы «грунтовый массив-сооружение» для участков сложной геометрии – там, где гидротехнические сооружения находятся в непосредственной близости, либо связаны между собой. Строительство зданий или сооружений в условиях непосредственной близости друг от друга, может вызывать дополнительные деформации их оснований. Эти дополнительные перемещения увеличивают неравномерность осадок фундаментов и вызывают появление различного рода отказы в отдельных частях или элементах самих сооружений [2-4]. Для решения этой задачи в современных условиях применяются различные программные комплексы, позволяющие смоделировать сложные модели грунтов с разной степенью точности. Участок сопряжения Оградительного мола и Причала 1 представлен на рис. 1.

Одним из наиболее распространенных программных комплексов является PLAXIS [5]. Программный комплекс PLAXIS – конечно-элементная программная система, используемая для решения геотехнических задач. Программный комплекс способен учитывать особенности гидротехнических конструкций, а также позволяет моделировать грунт как многокомпонентный материал, состоящий из частиц и пор, заполненных водой и газом. Программа PLAXIS способна моделировать поэтапно процесс возведения сооружения, анализировать сценарии аварийных ситуаций и оценивать их последствия [6]. При моделировании грунтов в основании фундаментов использовалась упругопластическая модель Мора – Кулона, которая требовала введения пяти основных параметров: модуля деформации грунтов E, коэффициента Пуассона ν, удельного сцепления c, угла внутреннего трения φ и угла дилатансии ψ [7].

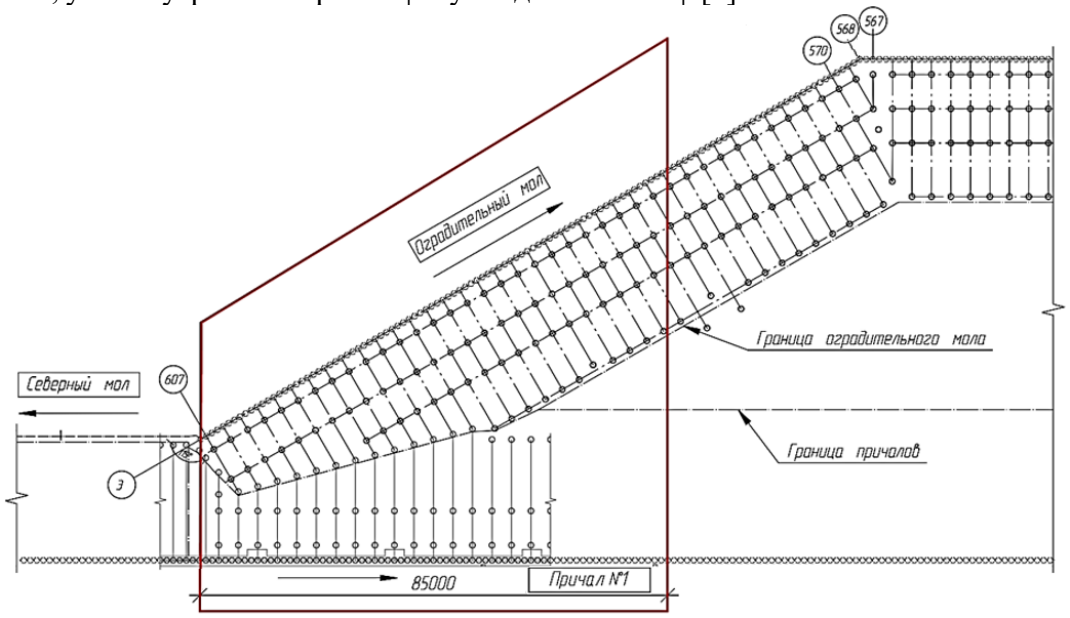


Рис. 1

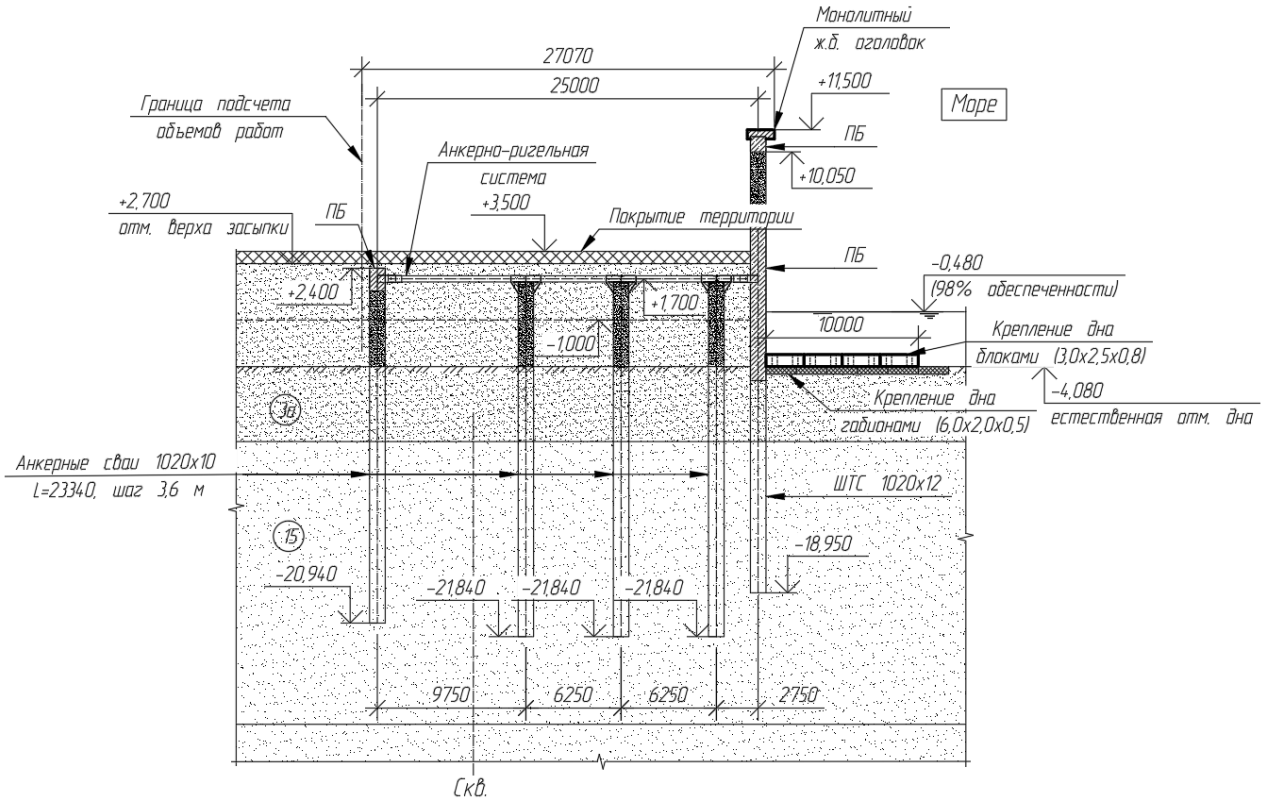


Рис. 2

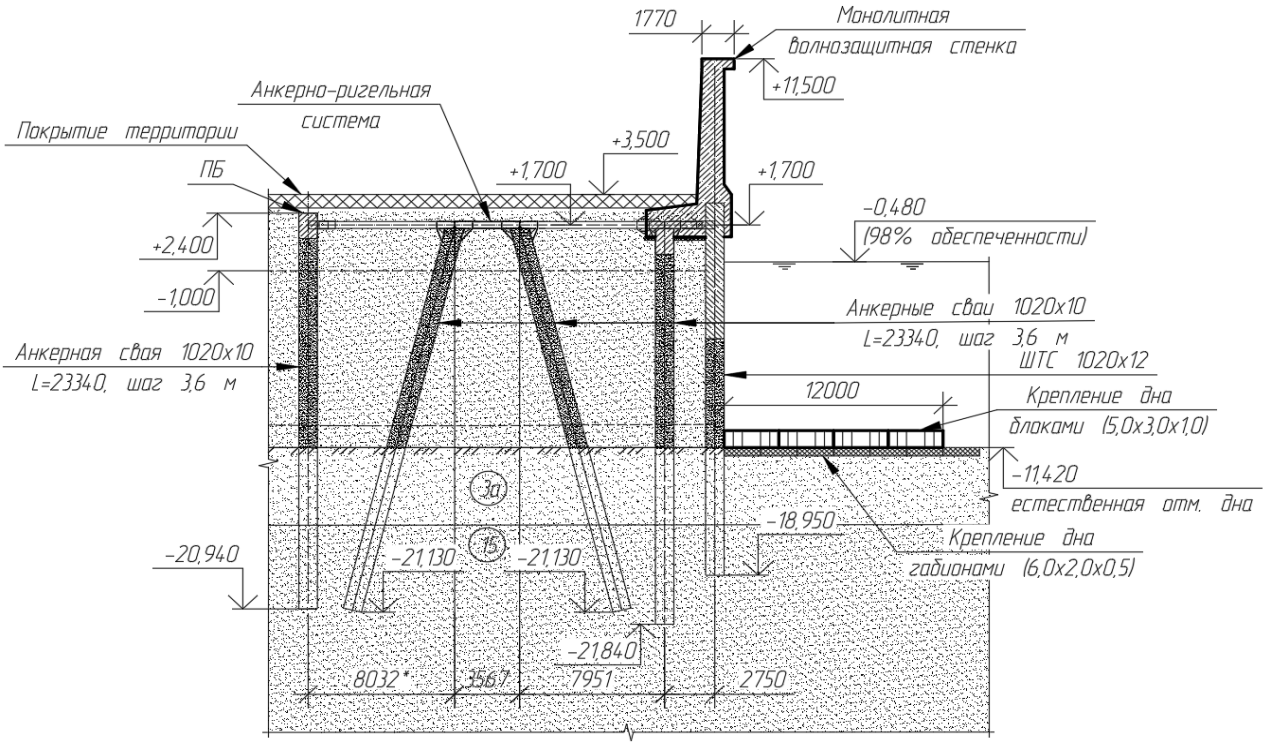


Рис. 3

Сопоставление результатов плоского и пространственного расчетов представлено в таблице 1: для лицевой стенки Причала 1 напряжения в 3D расчете уменьшаются на 16–20%, а для экранирующих свай – на 35–40%. Столь значительная разница (для данного конкретного участка) обусловлена сложной пространственной геометрией участка сопряжения

Оградительного мола и Причала 1, взаимовлиянием сооружений друг на друга, и, следовательно, перераспределением усилий в несущих элементах.

Таблица 1

Расчет	Несущий элемент	Максимальные расчетные напряжения
Плоский	Лицевая стена (трубошпунт 1020×10)	220,2 МПа
	Экранирующие сваи (трубы 1020×10)	340,4 МПа
Пространственный	Лицевая стена (трубошпунт 1020×10)	184,6 МПа
	Экранирующие сваи (трубы 1020×10)	206,6 МПа

На рис. 2 и 3 представлены основные варианты конструктивного решения Оградительного мола на участках с минимальной отметкой дна перед лицевой стенкой (-10,400) и максимальными ветро-волновыми нагрузками (порядка 800 кН на 1 п.м.):

- вариант 1 (рис. 2) с вертикальными экранирующими сваями и волнозащитной стенкой из трубошпунта;
- вариант 2 (рис. 3) с наклонными экранирующими сваями и монолитной волнозащитной стенкой, сооружаемый в два этапа.

Вывод. Резюмируя, можно отметить, что залогом успешной (в том числе и с экономической точки зрения) реализации проектов гидротехнических сооружений со сложной геометрией являются следующие аспекты:

- построение пространственных расчетных схем, позволяющих максимально эффективно использовать несущую способность конструкций;
- использование усовершенствованных нелинейных математических моделей грунта с реалистичным моделированием напряженно-деформированного состояния в массиве;
- геотехнический мониторинг в процессе строительства, позволяющий оперативно принимать решения в случае развития нештатных ситуаций.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Степура Д.О. Применение расчетного комплекса PLAXIS для достоверного моделирования напряженно-деформированного состояния эксплуатируемого сооружения. Вопросы устойчивого развития общества, 2022 г. 1185–1188 с.
2. Сотников С.Н., Симагин В.Г., Вершинин В.П. Проектирование и возведение фундаментов вблизи существующих сооружений / под ред. С.Н. Сотникова. М.: Стройиздат, 1986. 96 с.
3. Балашов Б.В., Беляев Н.Д., Михаленко Е.Б., Вилькевич В.В. Анализ проблем, связанных с обследованиями портовых ГТС (на примере глубоководной достроечной набережной). Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2013. Т. 269. С. 110–117.
4. Колгушкин А.В., Беляев Н.Д. Инженерные мероприятия по увеличению долговечности сквозных гидротехнических сооружений. Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2007. № 1 (49). С. 185–193.
5. Фадеев А.Б. Параметры модели упрочняющегося грунта программы «PLAXIS». – СПб.: Изд-во СПбГАСУ, 2012 г. 13–20 с.
6. Мальцев А.В., Исаев В.И., Плюйко А.Д. Оценка взаимного влияния близко расположенных ленточных фундаментов в PLAXIS-2D. Традиции и инновации в строительстве и архитектуре, 2018 г. 285-289 с.
7. Полищук А.И., Самарин Д.Г., Филиппович А.А. Оценка несущей способности свай в глинистых грунтах с помощью ПК PLAXIS 3D FOUNDATION. Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2013 г. 351–359 с.

УДК 627.034

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

ВЛИЯНИЕ ЛЕДОВОЙ НАГРУЗКИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ОСНОВАНИЯ ЛСП-1

Цель работы – провести исследование влияния ледовой нагрузки на основание ледостойкой стационарной платформы (ЛСП) при заданном типе грунта методом конечных элементов средствами Plaxis 3D. Для достижения поставленной цели необходимо определить зависимость устойчивости основания ЛСП-1 от ледовых нагрузок при заданных грунтовых условиях в программе Plaxis 3D [1].

В работе рассчитываются ледовые нагрузки [2] от основания стационарной ледостойкой платформы ЛСП-1 на грунт. Основные размеры сооружения представлены рис. 1 [3]. Основание ЛСП-1 состоит из понтонов, колонн и плиты основания.

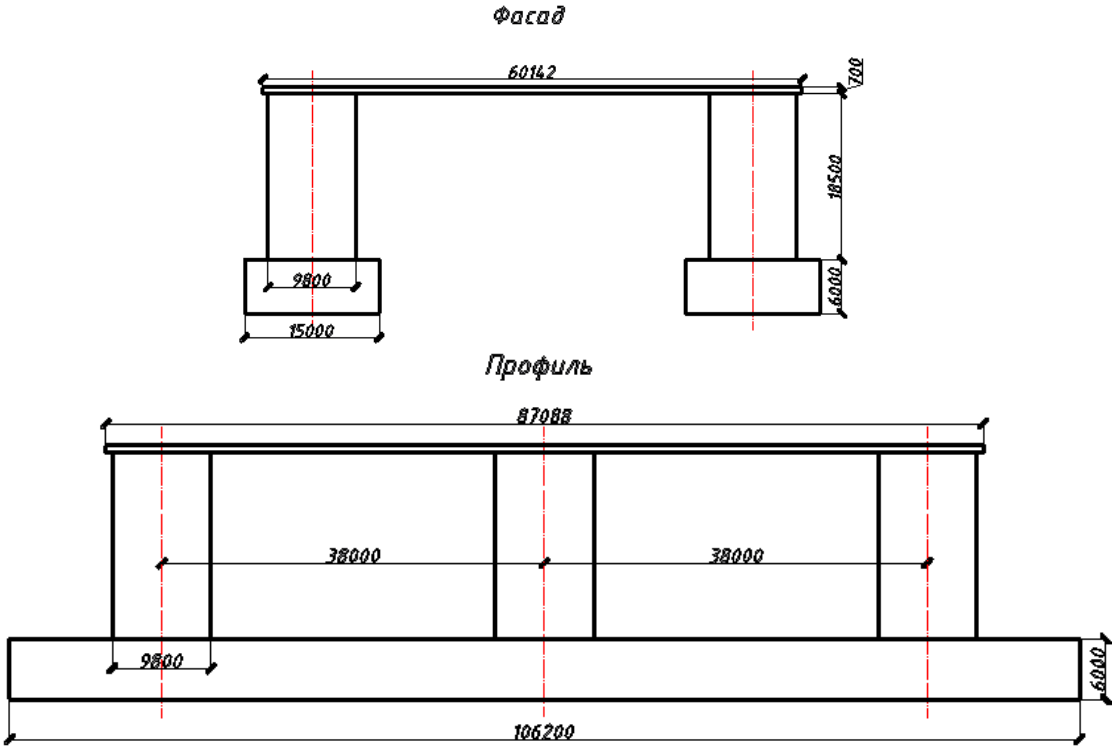


Рис. 1. Основные размеры платформы ЛСП-1

Ледостойкая стационарная платформа ЛСП-1 установлена в центре мелководной Северной части Каспийского моря. Грунты приняты согласно местоположению ЛСП-1.

Для выполнения вычислений в программе Plaxis 3D была создана модель рассматриваемого основания и модель грунта [4]. Рассматриваемая модель является статической постановкой задачи, динамические явления не учитываются, используется статическая постановка программы Plaxis 3D [5].

Данный подход был ранее успешно применен для расчета аналогичной конструкции [6]. Нагрузки, рассматриваемые в данной работе, определены для случая движения льда, то есть эффекты обмерзания не учитывались [7].

Методом последовательных итераций был определен коэффициент надежности без воздействия ледовых нагрузок при действии вертикальных сил, который составил 1,073 (рис. 2).

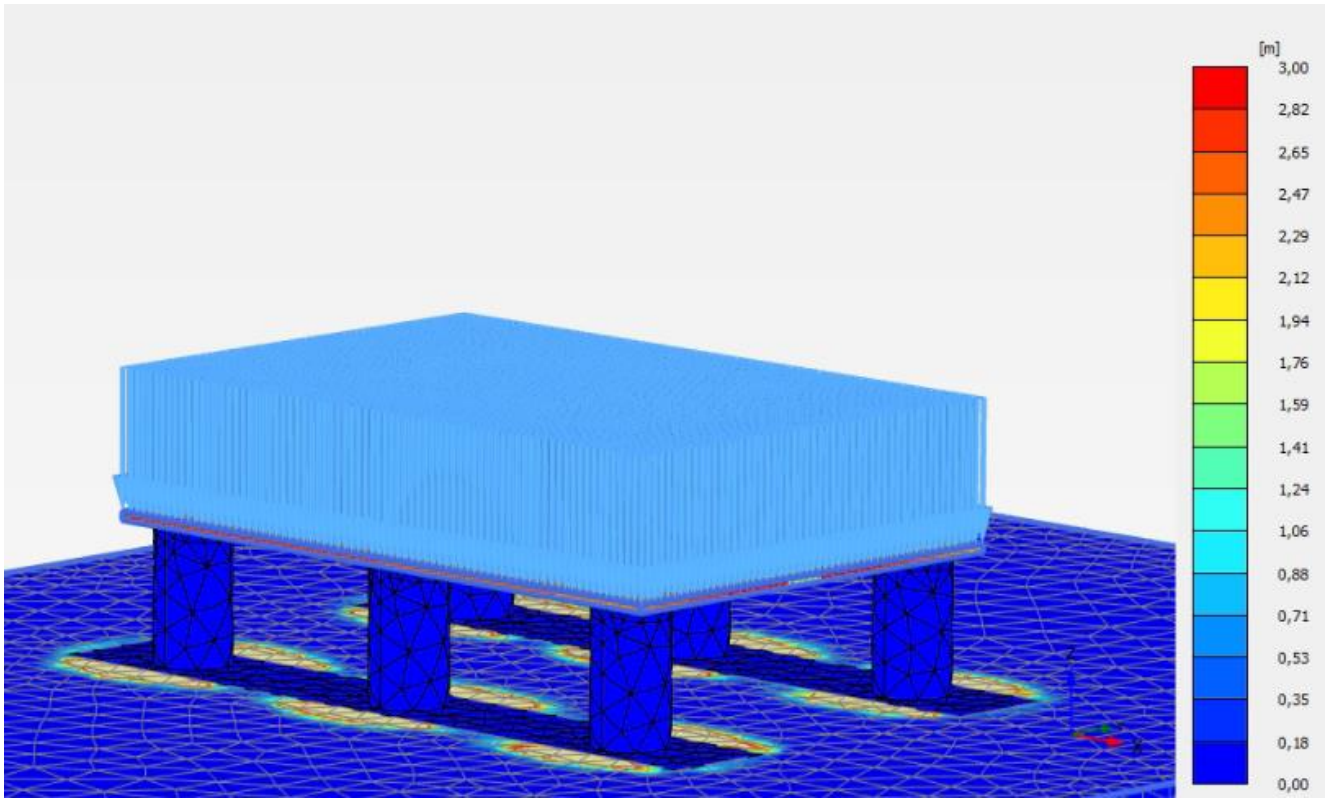


Рис. 2. Результат расчета без воздействия ледовых нагрузок

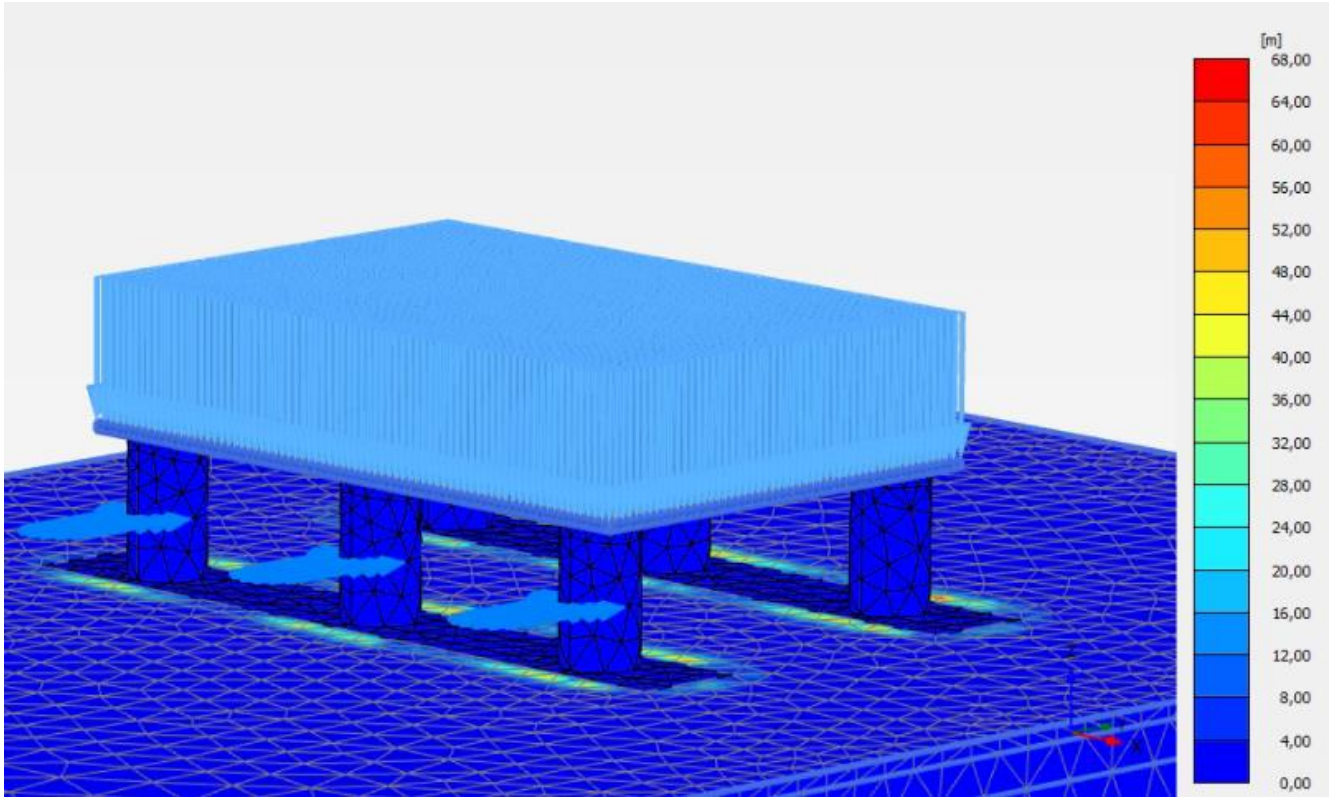


Рис. 3. Результат расчета при воздействии ледовых нагрузок

Методом последовательных итераций был определен коэффициент надежности при воздействии ледовых нагрузок. При одновременном действии горизонтальных (109000 кН/м) и вертикальных (40 кН/м^2) нагрузок не соблюдается условие устойчивости сооружения. Было решено снизить значение горизонтальной нагрузки до 500 кН/м. При снижении данной нагрузки условие устойчивости выполняется (рис. 3), коэффициент устойчивости составляет 1,215.

Необходимо отметить, что при ледовых нагрузках сооружение начинает скользить вбок неограниченно. Расчет показал 68, но это не предельное значение.

Вывод: Проведенные в работе расчеты, с использованием методов конечных элементов, позволили определить влияние ледового воздействия на устойчивость основания платформы ЛСП-1, при отсутствии ледового воздействия коэффициент надежности составил 1,073. При ледовых воздействиях коэффициент надежности составляет 1,215. Таким образом, можно утверждать, что при заданных нагрузках основание платформы ЛСП-1 не опрокидывается, однако при наличии горизонтального смещения, его эксплуатация сомнительна.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Plaxis 3D Foundation: Учеб. пособие. Версия 1 [Электр. ресурс]. URL: https://www.plaxis.ru/support/manual_supplement (Дата доступа: 06.03.2023).
2. ГОСТ Р 58283-2018. Нефтяная и газовая промышленность. Арктические операции. Учет ледовых нагрузок при проектировании морских платформ. – Введ. 2019-04-01.
3. Макарова В.В. Расчет устойчивости и остойчивости платформы ЛСП-1: ВКР. – СПб.: СПбПУ, 2022. – С.81.
4. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. – Введ. 2013-01-01. – М.:Стандартинформ, 2013. – 85с.
5. Sharapov D.A., Gebre T.H., Ali Y.M. The effect of story drift in a multi-story building under the influence of an earthquake // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2021. Т. 17. No 3. С. 270–277. http://dx.doi.org/10.22363/1815-5235-2021-17-3-270-277.
6. Bakanovichus, N.S., Klimovich, V.I., Lialina, A.A. et al. Studies of Hydrodynamic and Ice Impacts on Offshore Hydraulic Structures and their Stability. Power Technol Eng 55, 816–822 (2022). https://doi.org/10.1007/s10749-022-01437-0.
7. Sharapov D., Delvalls T.Á., Shkhinek K. Ice collars, development and effects. Ocean Engineering. 2016. Т. 115. С. 189–195.

УДК 626/627

П.С. Скачков
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МЕТОДЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ГТС ПРИЧАЛА СТРОИТЕЛЕЙ В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КРЕСТОВСКОГО ОСТРОВА

Актуальность исследования. На территории России широко распространены причальные сооружения типа «больверк» [1]. Пик массового строительства подобных типов причалов приходится на 1960…1970-х годы. Большинство из имеющихся причальных сооружений типа «больверк» относятся к III классу. Класс сооружения назначается в зависимости от высоты вертикальной лицевой стенки (III класс соответствует высоте стенки до 20 м). Постоянно растущий товарооборот влияет на габариты морского флота, которые, в свою очередь, оказывают влияние на характеристики причальных сооружений, в частности на увеличение глубин у существующих причалов. Таким образом, вопрос реконструкции причальных сооружений типа «больверк» является актуальным по причине растущего числа причалов, не отвечающих передовым требованиям, а также имеющих физический либо моральный износ [2–5].

Методы исследования. В исследовательской работе использовались следующие методы исследования: анализ, моделирование, описание.

Целью исследования является предложение мероприятий по перепрофилированию причала строителей. Следовательно, *задачами исследования* являются:

1. Дать характеристику рассматриваемого причала.
2. Провести анализ данных инженерно-технического обследования.
3. Привести план сооружения.

Результаты исследования.

Альтернативой сносу объектов и их постройки заново является использование новейших технологий ремонта и реконструкции гидротехнических сооружений. Для того, чтобы уточнить целесообразность реконструкции объекта, необходимо провести анализ данных инженерно-технического обследования для выявления дефектов и нарушений работоспособности сооружения [6].

Гидротехническое сооружение, построенное в 2009 г., расположено в западной части Крестовского острова г. Санкт-Петербург. Функциональное назначение причала строителей – перегрузка с судов инертных материалов и крупногабаритных строительных конструкций, необходимых для строительства «Зенит-Арена», посредством грузоперевозок.

Причал представляет собой заанкеренный больверк, лицевая стенка причала состоит из стальных свай-оболочек диаметром 1020 мм и полутруб, соединенных замковыми устройствами. В качестве анкерных опор использованы стальные сваи-оболочки диаметром 1020×11 мм. Выполнена отсыпка песка средней крупности с уплотнением. Объем насыпи составляет – 160822 м^2. Длина причала составляет 160 м, отметка верха кордона – плюс 3.200 м БС, отметка западного открылка – плюс 109.6 м, отметка восточного открылка плюс 105.6 м, отметка дна составляет минус 5.700 м. В соответствии с критериями классификации ГТС гидротехническое сооружение относится к III классу [7].

В результате анализа данных инженерно-технического обследования было определено, что состояние причала и всех его конструктивных элементов оценивается как ограниченно работоспособное: имеются некоторые дефекты и повреждения, приведшие к снижению несущей способности, следовательно, необходимо усиление и реконструкция. Поэтому было принято решение о реконструкции и дальнейшем перепрофилировании сооружения – с созданием благоустроенной остановки в составе воднотранспортной сети Санкт-Петербурга. Через реки и каналы города перекинуто 342 моста, из них 21 разводной, 24 пешеходных и 297 транспортных мостов. Такое разделение Санкт-Петербурга дельтой реки Невы, реками и каналами на отдельные части накладывает отпечаток на развитие его транспортного комплекса: с одной стороны, водные преграды разрывают транспортные связи наземных видов транспорта, а с другой реки и каналы, проходящие по территории Санкт-Петербурга, сами по себе могут выступать в качестве путей сообщения, что создает предпосылку для развития водных пассажирских перевозок в Санкт-Петербурге.

В рамках реконструкции причала предусмотрено использование различных методов проведения ремонтно-восстановительных работ. План сооружения представлен на рисунке 1.

Под усилением сооружений понимается комплекс мероприятий, обеспечивающих восстановление несущей способности сооружения, конструктивные элементы которого в процессе эксплуатации получили повреждения или ослабления. При усилении может представиться возможность придать сооружению новые технические характеристики и изменить режим эксплуатации при увеличении допускаемых эксплуатационных нагрузок, сохранения глубины у причала или небольшом ее увеличении на 1,0… 1,5 м.

Реконструкция включает комплекс мероприятий, обеспечивающих повышение технических характеристик физически изношенных или морально устаревших причалов путем изменения конструктивной схемы существующего сооружения [8]. При реконструкции может представиться возможность приспособить сооружение к новому назначению, значительно увеличить глубину у причала (свыше 1,5 м) и существенно повысить

допускаемые эксплуатационные нагрузки. В результате усиления и реконструкции существующая кордонная линия причала сохраняется или осуществляется небольшой вынос ее в сторону акватории на 1… 2 м.

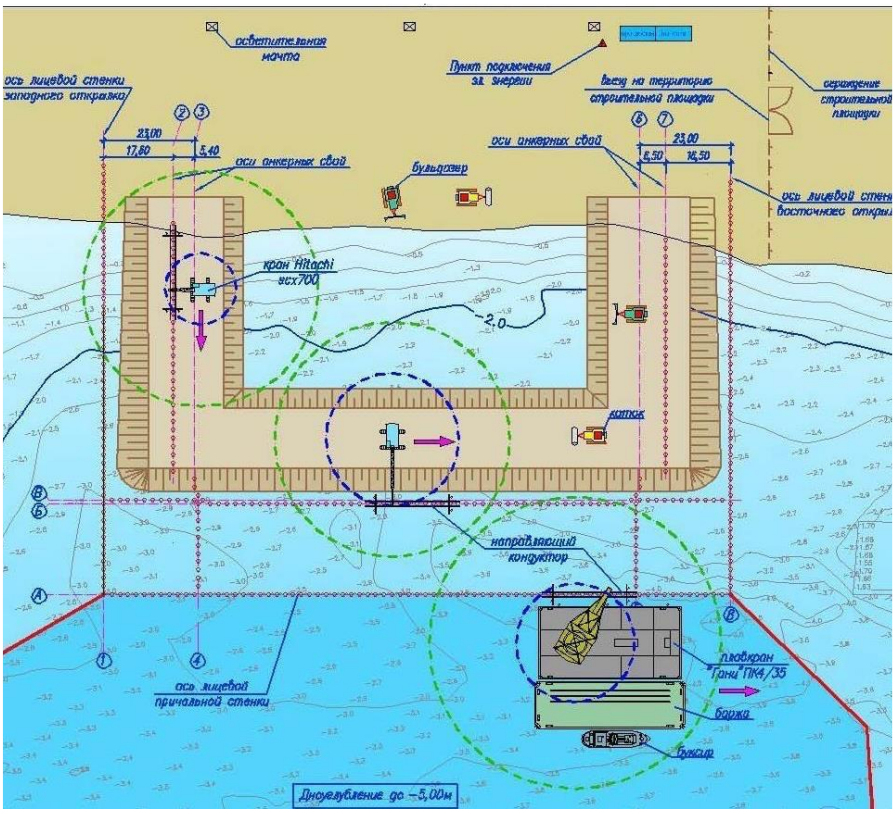


Рис. 1. План сооружения

Усиление больверка с лицевой стенкой из свай-оболочек при небольшом выносе кордонной линии можно осуществить путем устройства дополнительной шпунтовой стенки со стороны акватории с заполнением пространства между стенками бетоном. В случае необходимости устанавливаются дополнительные анкерные тяги или существующие тяги заменяются новыми. Железобетонная надстройка поверху объединяет новую стенку с существующей [9]. Для достижения наибольшего эффекта от разгружающего воздействия существующего сооружения лицевую стенку оторочки следует располагать на близком расстоянии от лицевой стенки существующего сооружения.

В больверках из свай-оболочек за стенкой рекомендуется погрузить один экранирующий ряд свай-оболочек с разгрузочной платформой по верху. Заглубление существующей лицевой стенки можно увеличить путем устройства буронабивных армированных свай, бетонируемых через внутреннюю полость свай-оболочек. Прочность лицевой стенки обеспечивается заполнением армированным бетоном внутренней полости свай-оболочек на необходимую высоту. Щели между сваями-оболочками в нижней части лицевой стенки до отметки, расположенной несколько ниже отметки проектного дна, заделываются подводным бетоном методом ВПТ через обсадные трубы.

Реконструкцию можно осуществить, выполнив работы по устройству за стенкой дополнительных наклонных грунтовых анкеров, а также путем устройства второй анкерной системы (анкерные опоры и тяги). При этом дополнительные тяги могут быть закреплены к стенке на уровне существующих анкеров.

При возведении передней стенки из свай-оболочек, грунтозадерживающая завеса образуется забивкой стенки из плоского стального шпунта вдоль тыловой линии свай-оболочек, или при помощи подводного бетонирования щелей через обсадную трубу.

Вывод. Реконструкция объекта положительно скажется на улучшении городской среды в целом и позволит достигнуть целей, которые были заложены при строительстве «Зенит Арены». Пешеходная система очень удобно связана с причалом, что является одним из его преимуществ и может сделать данный причал центром притяжения Крестовского острова, как для местных жителей, так и для гостей города. Результаты исследования показали, что совместное использование методов усиления и реконструкции причала позволит создать необходимые условия для его перепрофилирования и получения социальной и экономической выгоды от проведенных работ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Костюков В.Д. Надежность морских причалов и их реконструкция // М.: Транспорт, 1987.
2. Малеванов К.А., Беляев Н.Д. Характерные повреждения причалов типа «больверк» и мероприятия по их устранению. XXXII неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской НТК. 2004. С. 17–19.
3. 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. СПб, 2006. С. 3–4.
4. Балашов Б.В., Беляев Н.Д., Михаленко Е.Б., Вилькевич В.В. Анализ проблем, связанных с обследованиями портовых ГТС (на примере глубоководной достроечной набережной). Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2013. Т. 269. С. 110–117.
5. Николаевский М.Ю., Горгуца Р.Ю., Соколов А.В. Реконструкция причалов типа «больверк» путем изменения характера работы сооружения с распорного на гравитационный // Гидротехника. XXI век., №1 (17) 2014.
6. Затворницкая Т.А. Современный опыт реконструкции и ремонта зон переменного уровня воды ГТС на примере Саратовской ГЭС / Т.А. Затворницкая, С.Ю. Кузнецов, ЮВ. Хрипакова // Безопасность энергетических сооружений. – 2016. – No 1(21). – С. 52–66.
7. Об утверждении критериев классификации гидротехнических сооружений: постановление Правительства РФ от 5 окт. 2020 г. No 1607 // Собрание законодательства. 2020.
8. Колгушкин А.В., Беляев Н.Д. Инженерные мероприятия по увеличению долговечности сквозных гидротехнических сооружений. НТВ СПбГПУ. 2007. № 1 (49). С. 185–193.
9. РД 31.31.38-86. Инструкция по усилению и реконструкции причальных сооружений / СоюзморНИИпроект. Введ. 01.07.1986. М., 1987.

УДК 626

К.В. Соловарова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА 3D МОДЕЛИ ПРИЧАЛА ЭСТАКАДНОГО ТИПА С ПОМОЩЬЮ ПЛАТФОРМЫ NANOCAD «МОДУЛЬ 3D»

Цель работы: разработка 3D модели уникального глубоководного причала контейнерного терминала для создания демонстрационного виртуального макета будущей реконструкции и уточнения некоторых технических решений с помощью параметрического и прямого объемного моделирования.

Использование технологий моделирования при реализации строительных проектов становится обязательным даже на государственном уровне, как в России, так и за рубежом. Вместе с тем внедрение этих технологий при возведении гидротехнических сооружений находится на начальном этапе, при котором только формируются директивные требования к процессу создания моделей, нормы их регламентации и контроля [1].

Способность платформ автоматизированного проектирования обрабатывать и преобразовывать графическую информацию позволила решить различные задачи, связанные с построением трехмерных моделей. Все чаще в техническом здании проекта появляется пункт о необходимости визуализации проектируемого объекта. При разработке проектной и рабочей документации в гидротехническом строительстве возникают ситуации, когда проектирование какого-либо элемента или узла невозможно без его объемной визуализации, например, при разработке сложных видов железобетонных конструкций с нетипичным многоуровневым армированием или большого объекта со сборно-монолитным верхним строением.

Для создания моделей часто используются зарубежные системы автоматизированного проектирования, такие как Plaxis и AutoCad [2, 3], но в настоящее время разработка отечественного программного обеспечения шагнула вперед. «Модуль 3D» платформы Nanocad позволяет быстро и без проблем создавать умные 3D-объекты с ассоциативной связью модели и ее проекции, а также накладывать различные геометрические ограничения и выполнять реалистичную визуализацию с помощью наложения текстур на элементы проектирования [4, 5].

В статье рассматривается реконструкция уникального глубоководного причала контейнерного терминала, которая предусматривает удлинение существующего сооружения на 233,7 м в юго-западном направлении. Проектный участок расположен на северном берегу бухты Черного моря внутри акватории судоремонтного завода. Объект проектирования имеет конструкцию эстакадного типа, что обуславливается его расположением в сейсмической зоне. Согласно СП 14.13330.2018 сейсмичность площадки строительства составляет 9 баллов [6].

Свайное снование причала выполняется по аналогии с конструкцией существующего причала с сохранением осей свайных рядов в продольном направлении из вертикальных свай диаметром 1220×20 мм. Проектируемый причал имеет форму прямоугольной трапеции со скругленным правым верхним углом и максимальной шириной 113,20 м. Такая форма обусловлена расположением участка удлинения вдоль существующего оградительного мола. Верхнее строение причала с отметкой кордона 3,000 м – железобетонное, сборно-монолитное. На верхних концах свай выполняются сборно-монолитные железобетонные капители. Плиты перекрытия укладываются на ригельную систему. В прикордонной секции система ригелей продольно-поперечная, в тыловой и средней секциях – поперечная. План верхнего строения приведен на рисунке 1.

При проектировании сборно-монолитного верхнего строения такой сложной формы возникло несколько спорных технических вопросов, которые требовали разработки 3D визуализации участка удлинения, а также некоторых отдельных узлов (рис. 2, 3).

В секциях 11 и 12 при проектировании монолитных участков требовалось учесть расположение фундаментов мачт освещения с закладными деталями (рис. 4). Создание 3D модели позволило определить необходимую толщину монолита (1,66 м) и сократить объем железобетонной опоры под лотки инженерных сетей.

При разработке рабочей документации свайного основания проектируемого эстакадного причала необходимо заранее учесть конструкцию верхнего строения для точного составления ведомости объемов работ. Например, объем стали (659 шт. свай) на этапах предварительного проектирования составлял 11680 т, а после визуализации причала и учета особенностей верхнего строения – 6880 т.

Разработка 3D модели проектируемого участка удлинения позволила:

- визуализировать и оценить масштабность проекта;
- создать 2D чертежи (фасад, разрезы, план);
- тщательно проработать сложные узлы и конструкции верхнего строения;
- уточнить положение закладных деталей;
- разработать точное армирование железобетонных элементов, тем самым избежать ошибок при подсчетах стали;
- конкретизировать объемы работ, как верхнего строения, так и для свайного основания.

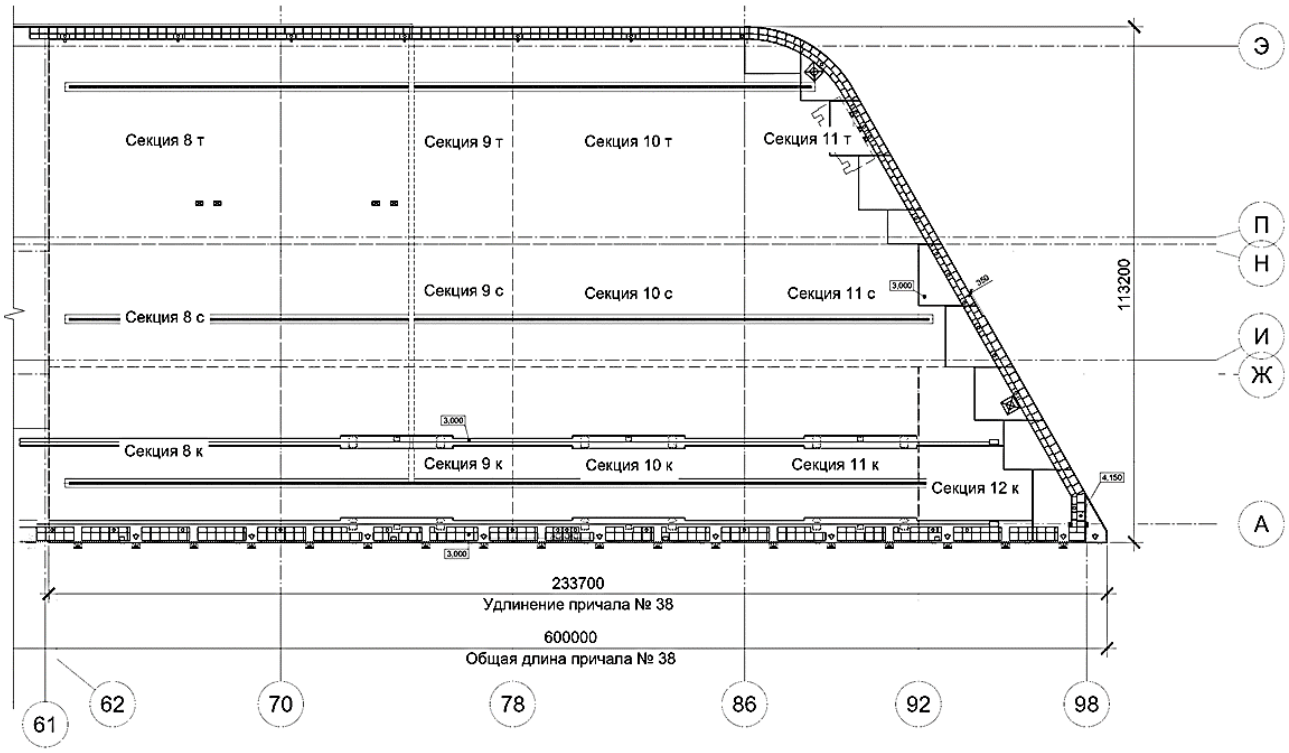


Рис. 1. План верхнего строения

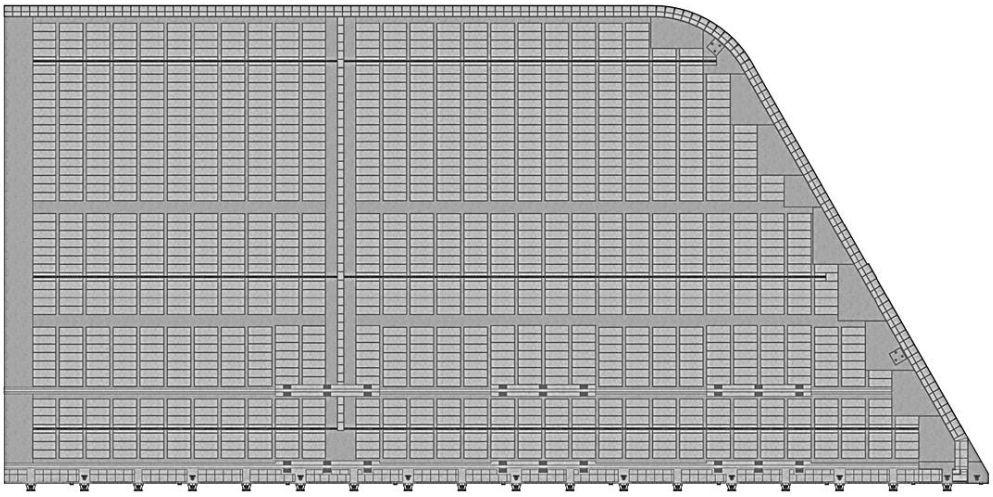


Рис. 2. План верхнего строения 3D модель

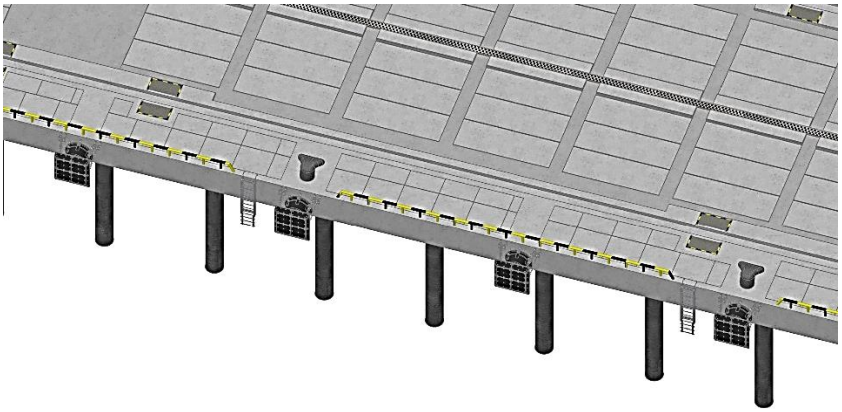


Рис. 3. Кордонная балка 3D модель

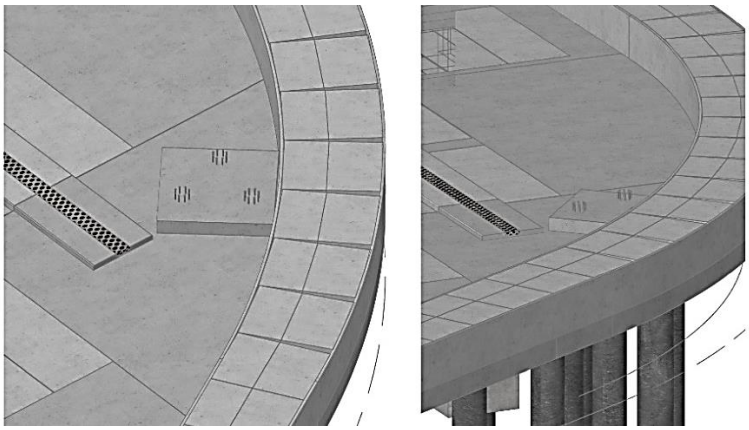


Рис. 4. Фундамент под мачту освещения 3D модель

Вывод: благодаря платформе Nanocad возможно создание удобного для работы виртуального макета (3D модели), с помощью которого можно проверить геометрическую согласованность модели, сгенерировать любые необходимые виды и разрезы, сформировать основные чертежи, получить исходные данные для расчетов и смежных задач.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бабчук В., Шилова Л., Евстратов В. Использование технологий информационного моделирования в гидроэнергетическом строительстве // Энергетическая политика – 2022 – №10 – С. 66–73.
2. Sharapov D.A., Sumtsova A.S. Strength of stone coast protection in ice. Power Technology and Engineering. 2023.
3. Шарапов Д.А., Шхинек К.Н. Ледовые нагрузки на вмерзшие сооружения. Труды 10-й Международной конференции и выставки по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ (RAO / CIS Offshore 2011). СПб.: Химиздат, 2011. – 537–542 с.
4. Модуль «3D». Универсальный инструмент объемного моделирования: [Электронный ресурс]. URL: https://www.nanocad.ru/products/module_3d/ (Дата обращения: 11.03.2023);
5. Полещук Н.Н. Путь к nanoCAD. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 365 с.
6. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*.

УДК 626

С.С. Суднищиков, И. Того, И.Е. Фролова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ПРОЕКТИРОВАНИИ КОМПЛЕКСНОГО ГИДРОУЗЛА ТАУССА В РЕСПУБЛИКЕ МАЛИ

Введение: на территории Республики Мали в засушливых регионах остро ощущается нехватка воды на питьевые нужды, для ведения сельскохозяйственной деятельности, а также для решения вопросов, связанных с растущим дефицитом электроэнергии, для развития отраслей народного хозяйства. Одновременно, в районах, где протекают реки, часто наблюдается явление неконтролируемых наводнений.

Для решения перечисленных проблем на многоводных равнинных реках Республики Мали можно возвести низконапорные комплексные гидроузлы, одновременно решая задачи ряда отраслей: энергетики, водного транспорта, орошения, обводнения, водоснабжения и борьбы с наводнением.

После проведенных гидрологических и геологических исследований международной инжиниринговой компанией Coyne et Bellier в 2006 и 2008 годах был определен район Таусса

на реке Нигер для строительства гидроузла, который в дальнейшем должен обеспечить устойчивое развитие региона в социальном, сельскохозяйственном, энергетическом и экономическом планах [1].

Цель работы: анализ рельефа местности района Таусса на реке Нигер, поиск и выбор створа строительства будущего гидроузла с учетом технических, экономических, социальных и экологических требований, перечисленных проектом, демонстрация возможности использования геоинформационных систем (далее ГИС) открытого доступа Google Earth и QGIS, построение кривой связи расходов и уровней в створе водомерного поста (ВП).

Ввиду отсутствия точных топографических данных необходимо использовать открытые геоинформационные источники, с помощью которых возможно составление примерного топографического плана местности Таусса на реке Нигер.

ГИС Google Earth (Google Планета Земля) представляет собой проект, в рамках которого в общий доступ были размещены спутниковые изображения поверхности планеты Земля. Данный проект отображается в виде цифрового глобуса, демонстрирующий поверхность планеты. Большая часть ГИС использует данные цифровой модели рельефа, собранных по результатам миссии НАСА «Shuttle Radar Topography Mission» [2].

ГИС QGIS – это свободная кроссплатформенная геоинформационная система для работы с различными видами геопространственной информации. С помощью данного ПО возможна компоновка топографической карты на основе физического отображения рельефа в ГИС Google Earth.

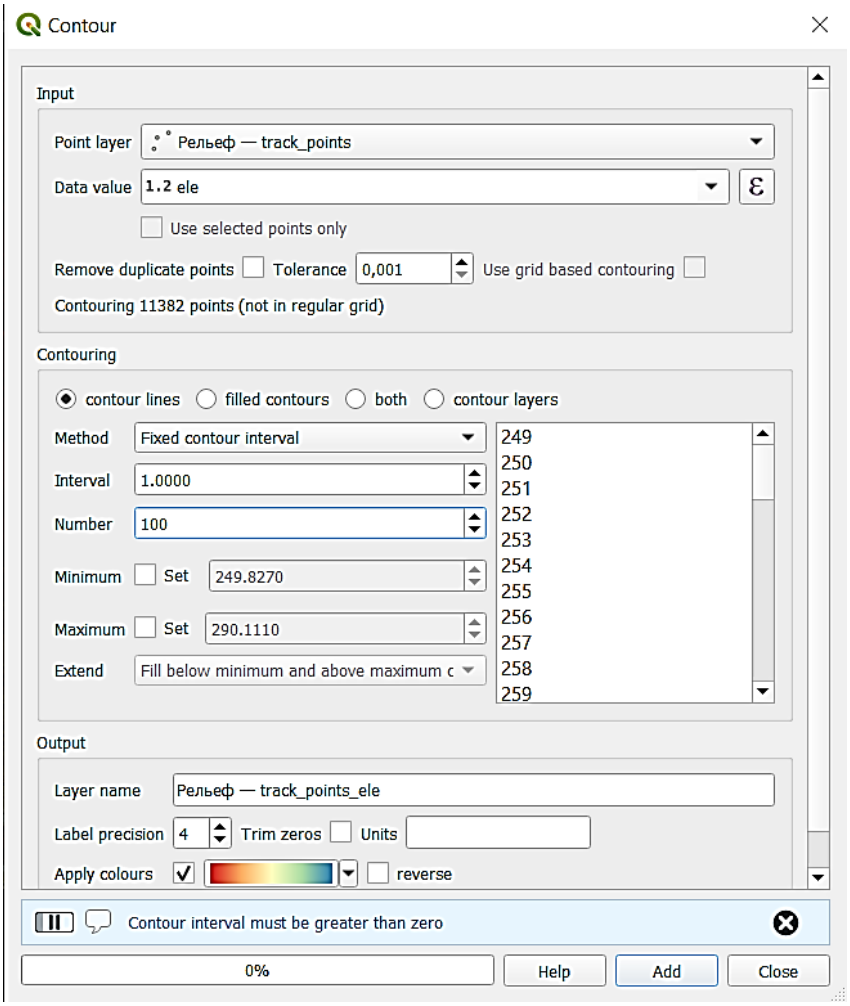


Рис. 1. Интерфейс плагина Contour

Один из способов создания топографической карты – функция «Добавить путь» в ГИС Google Earth. Обозначая необходимые габариты интересующего участка, существует возможность выгрузки созданных автоматически узлов в отдельный файл формата .kmz, содержащий данные месторасположения нужной части карты, включая данные о рельефе выбранного участка.

Используя выгруженный файл и открыв его через программу QGIS, можно сгенерировать с помощью плагина Contour на основе высотных отметок (формат ele – сокр. Elevetion – превышение над уровнем Мирового океана в метрах) топографическую карту местности. Интерфейс плагина Contour представлен на рис. 1.

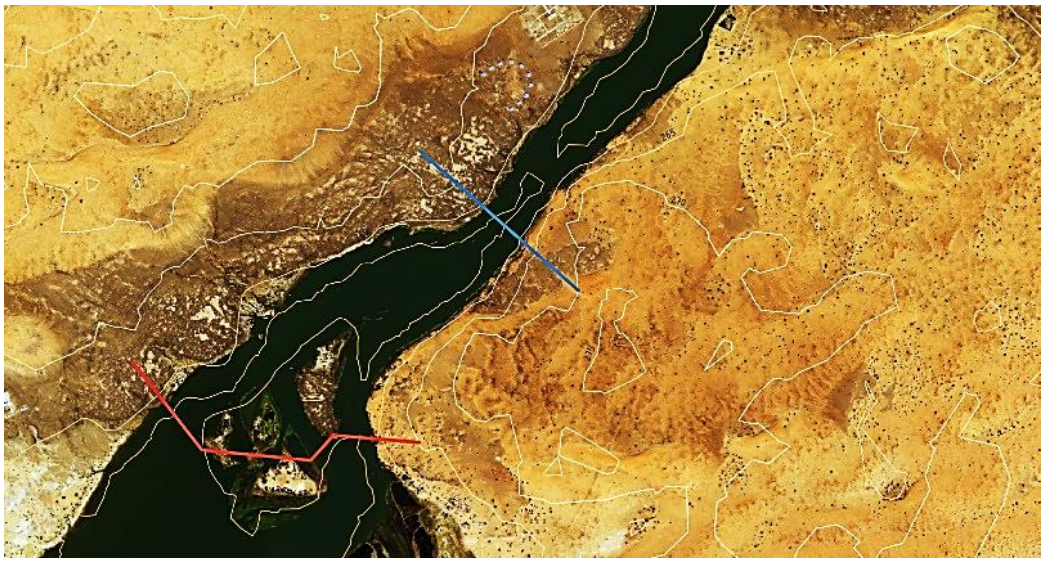


Рис. 2. Фрагмент сгенерированной топографической карты,
наложенной на спутниковый снимок

Результатом генерации является топографическая карта местности с указанным шагом горизонталей (в нашем случае 5 м), которая представлена на рис. 2.

Выбор места строительства гидроузла осуществляется на основе сравнения технико-экономических характеристик различных вариантов местоположения, с учетом всех сооружений входящих в его состав.

В исследуемом случае рассмотрено два варианта, изображенных на рис. 2. Из них оптимальным является вариант с криволинейной осью створа гидроузла. Данное решение облегчает компоновку водопропускных и специальных сооружений (ГЭС, шлюз и др.), а также снижает трудности во время возведения гидроузла [5].

В качестве исходных данных для проектирования сооружений гидроузла необходимо иметь кривую связи расходов и уровней в створе строительства. Анализируя топографические данные в створе, можно сделать вывод, что отметка дна русла будет равна 244 м. Используя сгенерированную топографическую карту, можно построить поперечный профиль русла реки в створе водомерного поста. Это позволит определить площадь живого сечения, через которое проходит расход реки и смоченный периметр на любой отметке уровня воды.

С помощью формулы Шези (1) и формулы Маннинга (2) определяем среднюю скорость воды в русле реки, после чего по формуле (3) можно определить расход при заданной отметке уровня воды и уклоне дна [4].

$$V = C\sqrt{Ri}; \quad (1)$$

$$C = \frac{1}{n}R^{\frac{1}{6}}, \quad (2)$$

где V – средняя скорость потока в русле, м/с; C – коэффициент Шези, м^{0,5}/с; $R = \frac{\omega}{\chi}$ – гидравлический радиус, м; i – гидравлический уклон русла, м/м; ω – живое сечение, м^2 ; χ – смоченный периметр, м; n – коэффициент шероховатости.

Коэффициент шероховатости принимается равным $n = 0{,}2$ в связи с высоким содержанием твердых взвесей в потоке реки [3].

$$Q = \omega V. \quad (3)$$

Результаты вычислений приведены в табл. 1, по которым построена кривая связи расходов и уровней в створе ВП (рис. 3).

Таблица 1 – Результаты вычислений

Q, м^3/с	УНБ, м	ω, м^2	χ, м	R, м	n	i, м/м	C, м^{0,5}/с	v, м/с
962,63	254	4613,5	841	5,49	0,2	0,00018	6,64	0,21
1254,16	255	5465,3	863,8	6,33			6,80	0,23
1570,35	256	6618,3	994,9	6,65			6,86	0,24
1682,80	257	8264,1	1562,6	5,29			6,60	0,20
1747,96	258	9070,1	1862,7	4,87			6,51	0,19
1835,54	259	9776	2087,7	4,68			6,47	0,19

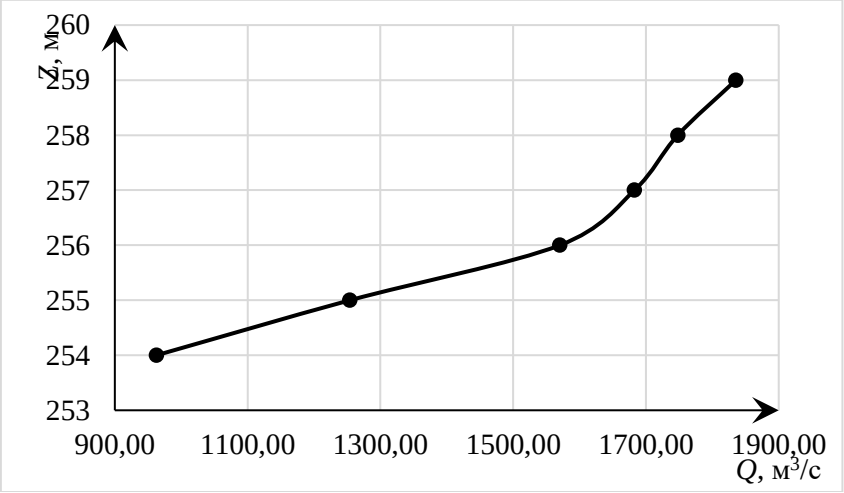


Рис. 3. Зависимость уровня воды от расхода в створе ВП

Вывод. В результате проделанной работы были получены топографические и гидрологические исходные данные для дальнейшего проектирования гидроузла на реке Нигер в Республике Мали.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Juin 2012 Rapport «Etude du schema des amenagements hydro agricoles de la boucle du Niger» / SCET – TUNISIE, 2012. – 118 p.
2. Википедия [Электронный ресурс]: Google Планета Земля – Электрон. дан. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Google_Планета_Земля
3. Киселев П. Г. Справочник по гидравлическим расчетам [Текст] / П. Г. Киселев. – М.: Энергия, 1972. – 312 с.
4. Гиргидов А.Д. Механика жидкости и газа (гидравлика): Учебник для вузов. 3-е изд., испр. и доп. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. 545 с.
5. Чугаев Р.Р. Гидротехнические сооружения. Учеб. пособие для студ. гидротех. спец. вузов. В 2-х ч. – 2-е изд., перераб. И доп. Ч.I. Глухие плотины. – М.: Агропромиздат, 1985. – 318 с., ил.

УДК 627.84

Т.Д. Холодаев, И.Е. Фролова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КОНСТРУИРОВАНИЕ ВОДОПРИЕМНИКА МГЭС «НОККИ» С МИНИМИЗАЦИЕЙ ПОТЕРЬ НАПОРА

В работе ставится задача по проектированию очертаний водопроводящего тракта водоприемного сооружения плотинно-деривационной МГЭС «Нокки» в Республике Карелия. Объектом исследования является водоприемник малой ГЭС, выполненный из железобетона, состоящий из двух отверстий с расходом $Q = 6$ м^3/с на каждое отверстие. Расчетная схема водоприемника представлена на рис. 1.

Актуальность работы связана с увеличивающимся спросом на проектирование и строительство малых ГЭС, которые могут работать как автономно на изолированного потребителя, так и на энергосистему, что крайне важно для такого энергодефицитного и богатого на водные ресурсы региона, как Республика Карелия [1].

Целью работы является определение оптимальных очертаний элементов водопроводящего тракта водоприемника МГЭС «Нокки». Для этого необходимо выполнить расчет потерь напора на водоприемнике с предложенным гидравлически оптимальным очертанием его проточной части и сравнить с потерями напора на водоприемнике, конструкция которого выполнена удобной с точки зрения производства работ.

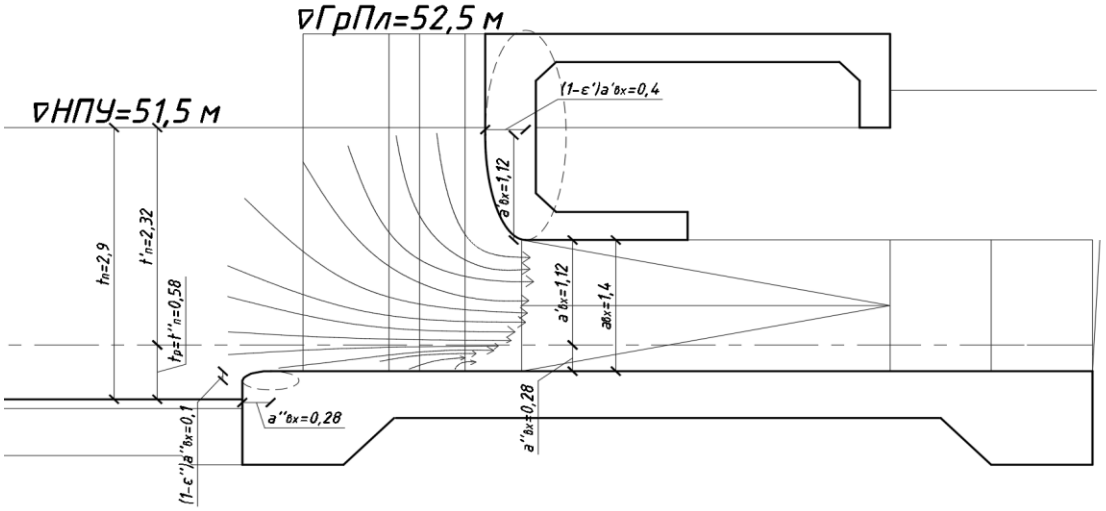


Рис. 1. Расчетная схема водоприемника

Определение очертания и размеров отверстия водоприемника

Заглубление центра тяжести отверстия под минимальный уровень верхнего бьефа ($\nabla\text{УВБ}_{\text{мин}} = 51$ м) определяется условием недопущения образования вихревой воронки на входе, появление которой уменьшает пропускную способность, провоцирует разрушение элементов подводящего участка, засасывание шуги, льда, мусора и т.п. Для определения критического напора $H_{\text{кр}}$, при котором образуется воронка, воспользуемся рекомендациями [2] и получим заглубление центра тяжести сечения на 1,4 м под уровень $\nabla\text{УВБ}_{\text{мин}} = 51$ м.

Из условия рекомендуемой скорости потока на сороудерживающей решетке $V_{\text{р}} = 1$ м/с [3] и обеспечения пропускной способности водоприемника принимаем размеры отверстий шириной $b = 3$ м и высотой $a_{\text{вх}}$= 1,4 м. Отметка порога водоприемника принята равной $\nabla\text{П} = 48{,}9$ м. Отверстия водоприемника оборудованы сороудерживающими решетками и аварийно-ремонтными затворами.

Конструирование водопроводящего тракта проектируемого водоприемника

По данным [4] при замене реального вихревого потока вязкой жидкости в водоприемнике на аппроксимирующие эллиптические кривые линий тока, можем представить поток как истекающий из-под затвора с эллиптической поверхностью. Тогда большую полуось эллипса принимают равной высоте отверстия $a = a_{\text{вх}}$, а меньшую полуось определим по формуле:

$$b = (1 - \varepsilon)a_{\text{вх}},$$

где ε – коэффициент сжатия.

Коэффициент сжатия ε вычисляем по формуле А.Д. Альтшуля [5]:

$$\varepsilon = 0{,}57 + \frac{0{,}43}{1{,}1 - \eta}.$$

Используя зависимости, приведенные выше, были получены очертания верха забральной балки и порога водоприемника $a'_{\text{вх}}, b', a''_{\text{вх}}, b''$, которые обозначены на рис. 1.

Основные допущения при конструировании оголовков быков:

– подход воды к отверстию – прямолинейный;
– сжатие потока происходит только в горизонтальной плоскости;
– быки достаточно выдвинуты в ВБ, что позволяет считать поток плоскопараллельным.

Учитывая изложенное, принимаем форму быков на входе по дуге окружности с радиусом:

$$r = 0{,}5b_{\text{бык}} = 0{,}5 \cdot 1 = 0{,}5 \text{ м}.$$

Это решение позволяет добиться хорошей обтекаемости потоком и удобства конструктивного исполнения.

Пазы, расположенные в быках, для установки сороудерживающих решеток и аварийно-ремонтных затворов являются источниками гидравлических потерь и их размеры и очертания должны назначаться с учетом возможного снижения потерь напора. В проекте принята одна пара пазов размерами $l_{\text{п}1}h_{\text{п}1} = 0{,}3 \times 0{,}15$ м для расположения аварийно-ремонтного затвора и одна пара размерами $l_{\text{п}2}h_{\text{п}2} = 0{,}2 \times 0{,}1$ м для установки сороудерживающей решетки. Возможны несколько вариантов оптимальных очертаний пазов [4]. В настоящей работе, исходя из конструктивных соображений, принимается смещение выходной кромки вглубь паза с линейным скосом. Величина смещения выходной кромки δ принимается равной:

$$\delta = l_{\text{п}} \tan\gamma,$$

где $l_{\text{п}}$ – ширина паза; γ – угол расширения потока в пазе. Согласно теории турбулентных струй [6] угол γ можно принять равным 9°.

Схема конструкции пазов и оголовков представлена на рис. 2. Переходный участок представляет собой конфузорный участок стального трубопровода с размерами прямоугольного сечения 3×1,4 м в начале и круглым кольцевым сечением ∅1,4 м в конце. Оптимальный угол конфузорности для энергетических водоприемников принимается исходя из допустимых потерь напора. Минимальным потерям напора отвечают углы в 5…7° [4]. По конструктивным соображениям принимаем конфузор длиной 3,64 м.

Сороудерживающая решетка**.** Для пропеллерной турбины расстояние в свету между стержнями принимаем равным 60 мм [7] . Толщину стержня s принимаем равной $s = 10$ мм, которое в соответствии с [4] является оптимальной (рис. 3). С учетом рекомендуемого соотношения $l/s = 5$, ширина стержня по потоку будет равна $l = 5 \cdot 10 = 50$ мм.

Вычисление потерь напора в водоприемнике

Суммарное сопротивление водопроводящего тракта водоприемника складывается из местных сопротивлений: на входе в пределах быков; на входе в отверстие водоприемника с учетом забральной балки, быков и порога; пазов для размещения механического оборудования; сороудерживающих решеток; переходного участка.

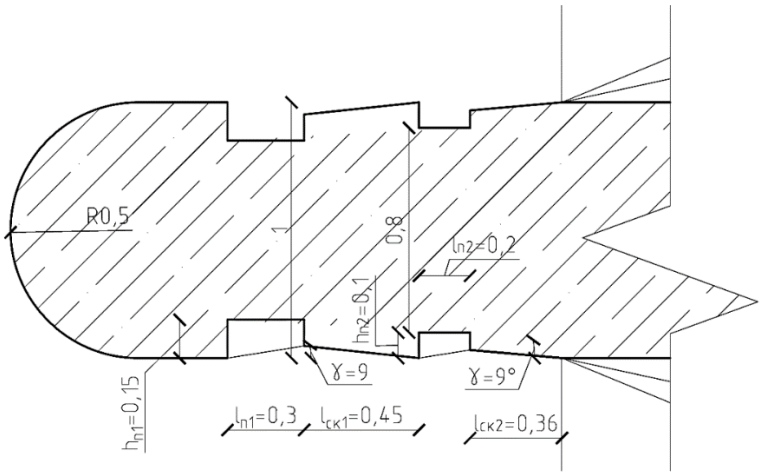


Рис. 2. Схема к конструированию пазов и оголовков

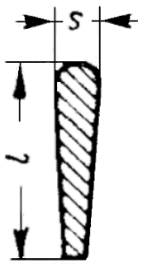


Рис. 3. Сечение стержня сороудерживающей решетки

Коэффициенты местного сопротивления ξ предпочтительнее определять по экспериментальным данным или по данным натурных наблюдений для сооружений, схожих с проектируемым. В данной работе расчет потерь напора ведется с использованием зависимостей, предложенных в литературе [5, 8].

В результате проделанной работы были определены основные размеры водоприемника. Предложено оптимальное очертание водопроводящего тракта с учетом минимальных потерь напора и проведено сравнение с конструктивно удобным с точки зрения производства работ.

Суммарный коэффициент сопротивления водоприемника, выполненного с учетом простоты при производстве работ, оказался равен $\xi' = 0{,}544$, потери составили $h' = 0{,}057$ м. В то же время для водоприемника с гидравлически оптимальными очертаниями проточной части коэффициент сопротивления и потери напора более чем в два раза ниже ($\xi = 0{,}249$ и $h = 0{,}026$ м).

Оптимизация очертаний проточного тракта водоприемника в общем случае является технико-экономической задачей – уменьшение потерь напора ведет к увеличению выработки электроэнергии, одновременно усложнение производства работ по устройству водоприемника ведет к увеличению капитальных затрат. А это значит для определения окончательного варианта конструкции требуется дальнейшее исследование.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ругачева А.В., Алеханова Е.И. Проблемы и перспективы развития энергетической инфраструктуры Республики Карелия // Петрозаводск: Изд. Петрозаводского государственного университета. Studia Humanitatis Borealis. 2014. № 2. С. 80–90.
2. Волосухин В.А., Белоконев Е.Н., Волынов М.А. К вопросу повышения надежности работы верхнего бьефа трубчатых водозаборных гидротехнических сооружений. Прага: Publishing House «Education and Science» s.r.o. Materiály VIII mezinárodní vědecko – praktická konference. 2012.
3. Андреев А.Е. Гидроэлектростанции малой мощности: учеб. пособие / А.Е. Андреев, Я.И. Бляшко, Л.И. Кубышкин; под общ. ред. В.В. Елистратова. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2009.
4. Слисский С.М. Гидравлика зданий гидроэлектростанций. М.: Энергия, 1970 – 424 с.
5. Гиргидов А.Д. Механика жидкости и газа (Гидравлика): Учебник для вузов. 2-е изд., испр. и доп. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003.
6. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. Под ред. Г.Н. Абрамовича ; [Г.Н. Абрамович, Т.А. Гиршович, С.Ю. Крашенинников и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1984. – 716 с.
7. Гидроэлектрические станции: Учебник для вузов / Н.Н. Аршеневский, М.Ф. Губин, В.Я Карелин и др.; Под ред. В.Я. Карелина, Г.И. Кривченко. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
8. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.: Машиностроение, 1992.

УДК 627.84

Т.Д. Холодаев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАСЧЕТ ПОДЗЕМНОГО КОНТУРА ВОДОПРИЕМНИКА В СРЕДЕ PLAXIS 2D

Водоприемник здания станции МГЭС «Нокки» в Республике Карелия представляет из себя бетонную плиту с уширениями, два отверстия с забральными балками и понур из суглинка. Водоприемник предназначен для забора воды из верхнего бьефа и доставки до гидроагрегатов. Конструкция водоприемника должна отвечать условиям статической устойчивости, фильтрационной и суффозионной прочности основания. Также нельзя допускать перерасход материала для минимизации капитальных затрат на возведение МГЭС, которые повлияют на срок окупаемости проекта [1].

Среди противофильтрационных мероприятий могут применяться [2]:

1. Шпунтовые стенки;
2. Дренаж;
3. Цементационные завесы;
4. Противофильтационные элементы из маловодопроницаемых материалов (ядро, понур, экран и т.д.)
5. Бетонные уступы и др.

В проектной практике применяется одно из перечисленных мероприятий или их комбинация, что позволяет подобрать оптимальные условия работы подземного контура для конкретных топографический и геологических условий. Не учитывалось сезонное влияние температуры, то есть фильтрационные свойства грунтов принимались для грунтов в оттаявшем состоянии [3, 4].

Цель работы: провести исследование различных конфигураций подземного контура водоприемника в среде конечно-элементного анализа PLAXIS 2D, сравнить результаты с аналитическим расчетом.

Подземный контур водоприемника включает в себя: понур, плиту водоприемника, шпунтовые стенки и дренаж. Основанием водоприемника служит песчаный аллювиальный слой, подстилаемый слаботрещиноватым гранитом. Расчетная схема подземного контура водоприемника представлена на рис. 1.

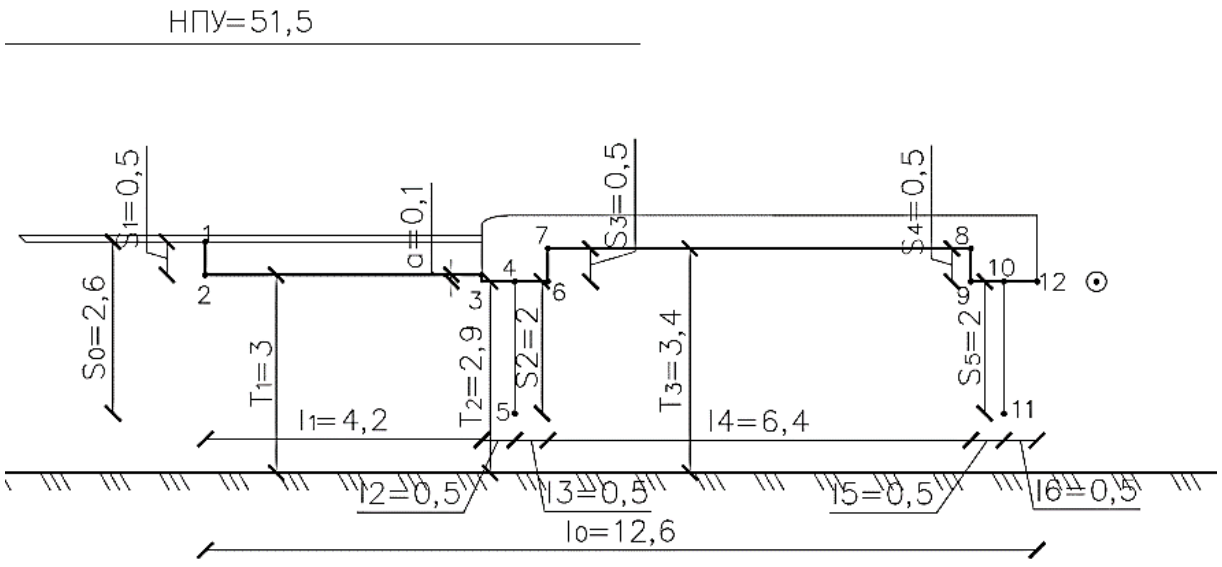


Рис. 1. Расчетная схема подземного контура водоприемника

Для расчета в среде PLAXIS 2D были выполнены следующие шаги [5]:

1. Задание слоев грунта и материалов (табл. 1);
2. Импорт геометрии в формате DXF;
3. Задание граничных условий водного потока и водонепроницаемых шпунтовых стенок. В качестве граничных условий в верхнем бьефе принят НПУ = 51,5 м, в нижнем – принимающее дренажное устройство на отметке 47,9 м;
4. Генерация сетки с помощью команды «Mesh»;
5. Разделение расчетных случаев на фазы расчета;
6. Выполнение расчета и обработка результатов.

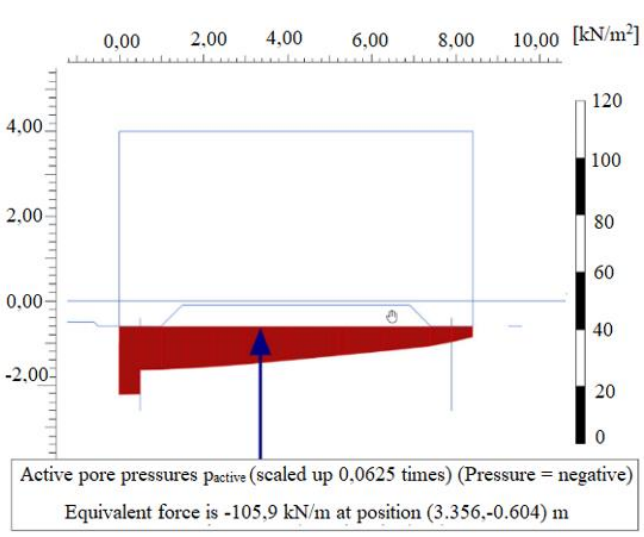


Рис. 2. Эпюра противодавления в случае с передней шпунтовой стенкой

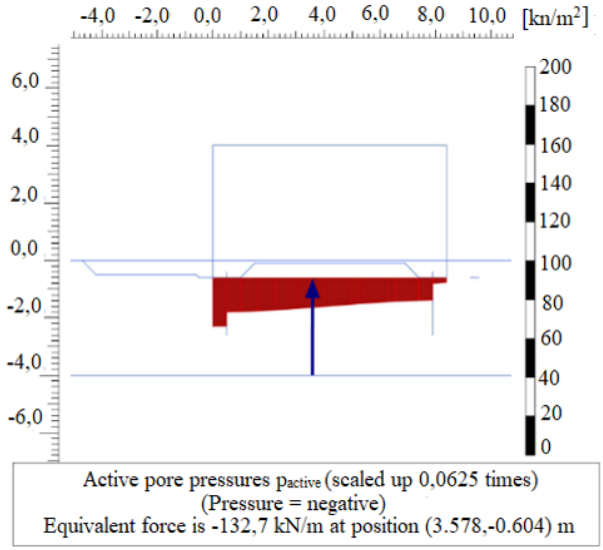


Рис. 3. Эпюра противодавления в случае с двумя шпунтовыми стенками

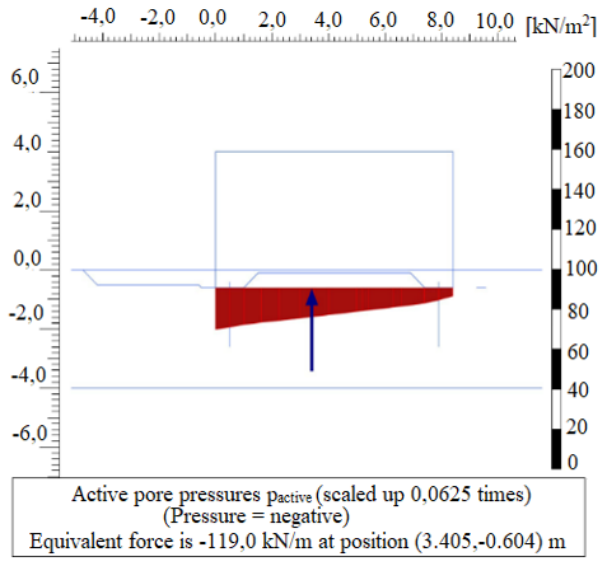


Рис. 4. Эпюра противодавления в случае без шпунтовых стенок

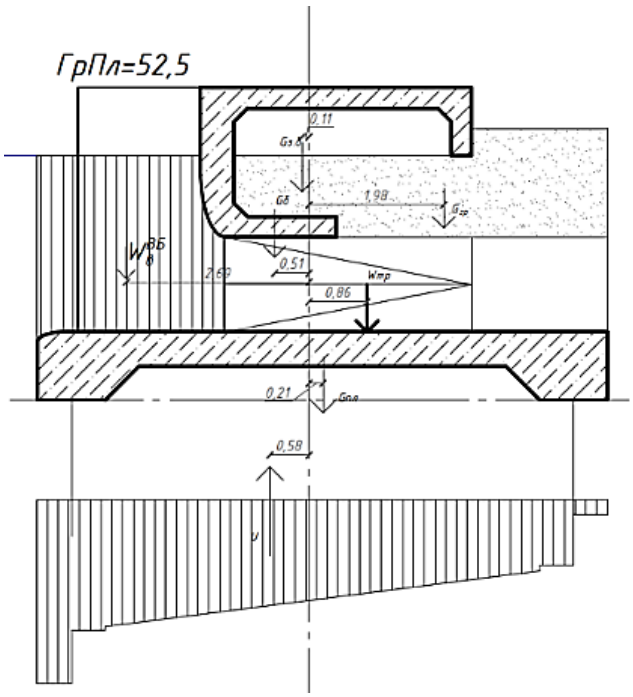


Рис. 5. Эпюра противодавления

Таблица 1 – Характеристики материалов и грунтов оснований

№	Имя	Мощность слоя, м	$К_ф$, м/сут	Удельный вес γ, кН/м^3
1	Аллювиальный слой из с/з песка	4	20	18,6
2	Гранит	>20	–	25
3	Суглинок	–	0,01	19,1
4	Бетон	–	–	24

В результате расчета были получены эпюры противодавления для трех расчетных случаев:

1. С передней шпунтовой стенкой длиной 2 м в уширении в начале плиты водоприемника (рис. 2);
2. С двумя шпунтовыми стенками в обоих уширениях плиты водоприемника (рис. 3);
3. Без использования шпунтовых стенок (рис. 4).

Значения погонной нагрузки от противодавления на плиту водоприемника для трех расчетных случаев:

$$P_{U1} = 105{,}9 \text{ кН/м}, P_{U2} = 132{,}7 \text{ кН/м}, P_{U3} = 119{,}0 \text{ кН/м}.$$

Альтернативный метод расчета подземного контура – метод коэффициентов сопротивлений Р.Р. Чугаева [6]. Для случая с двумя шпунтовыми стенками автором был выполнен аналитический расчет по данной методике, в результате которого была построена эпюра противодавления (см. рис. 5) и получено значение погонной нагрузки от противодавления на плиту водоприемника $P_U = 126{,}7$ кН/м.

Результаты численного и аналитического расчета для случая с двумя шпунтовыми стенками отличаются на 4,5%, что не превышает инженерную точность в 5%. Также можно сделать вывод, что исходя из результатов работы следует провести дальнейшие расчеты на прочность и устойчивость водоприемника, чтобы определить окончательную конфигурацию подземного контура.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Сидоренко Г.И., Кудряшева И.Г., Пименов В.И. Экономика установок нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Технико-экономический анализ. Учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 248 с.
2. Гидротехнические сооружения / Н.П. Розанов, Я.В. Бочкарев, В.С. Лапшенков и др.; Под ред. Н.П. Розанова. — М.: Агропромиздат, 1985. – 432 с.
3. Sharapov D. Ice collars around piles, Ocean Engineering. 2023. Т. 274. ISSN 0029-8018
4. Sharapov D. Harbour on frozen ground design, Ocean Engineering. 2023. Т. 274. ISSN 0029-8018
5. Руководство пользователя к программному комплексу PLAXIS. 2D, V.20.3.060.
6. Чугаев Р.Р. Подземный контур гидротехнических сооружений. Изд. 2-е, перераб. – Л.: Энергия. 1974. – 237 с.

УДК 627.03

Д.Н. Шишминцев

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАСЧЕТ МОЛА-ПРИЧАЛА В РАЙОНЕ ВЫСОЦКА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ PLAXIS 2D

Порт расположен на побережье Выборгского залива, переходящего в Финский залив Балтийского моря. Это небольшой российский порт на Балтийском море, находящийся на острове Высоцкий, в 12 км к юго-западу от Выборга [1].

Производственные мощности порта позволяют перерабатывать широкую номенклатуру грузов. Это круглый лес, листовая сталь и прокат, химические грузы, оборудование,

контейнеры ИСО, уголь, руда и прочее. Специализация порта – перевалка российского энергетического угля, экспортируемого в страны Северной и Западной Европы.

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

В работе обосновывается устройство оградительного сооружения. Конструкция корневой части принимается откосного профиля из наброски сортированного камня с защитным покрытием внешнего откоса обыкновенными фасонными блоками [2].

Толщина каменой отсыпки нижнего слоя 1 м. Ядро сооружения отсыпается из несортированного камня. Между камнем нижнего слоя и грунтом основания устраивается обратный фильтр из крупнозернистого песка толщиной 1 м [3].

Основные параметры конструкции:

- Ширина по гребню – 14 м.
- Отметка парапета – +7,1 м.
- Высота сооружение – 18,2 м.
- Заложение откосов – 1:1,3

Данное сооружение также является одним из вариантов защиты от наползания льда.

Цель работы – математическое моделирование оградительного сооружения в порту «Высоцкий» и расчет его деформаций при ледовой нагрузке.

Расчет [4] проводился в программном комплексе Plaxis 2D [5-7]. Модель представлена на рисунке 1.

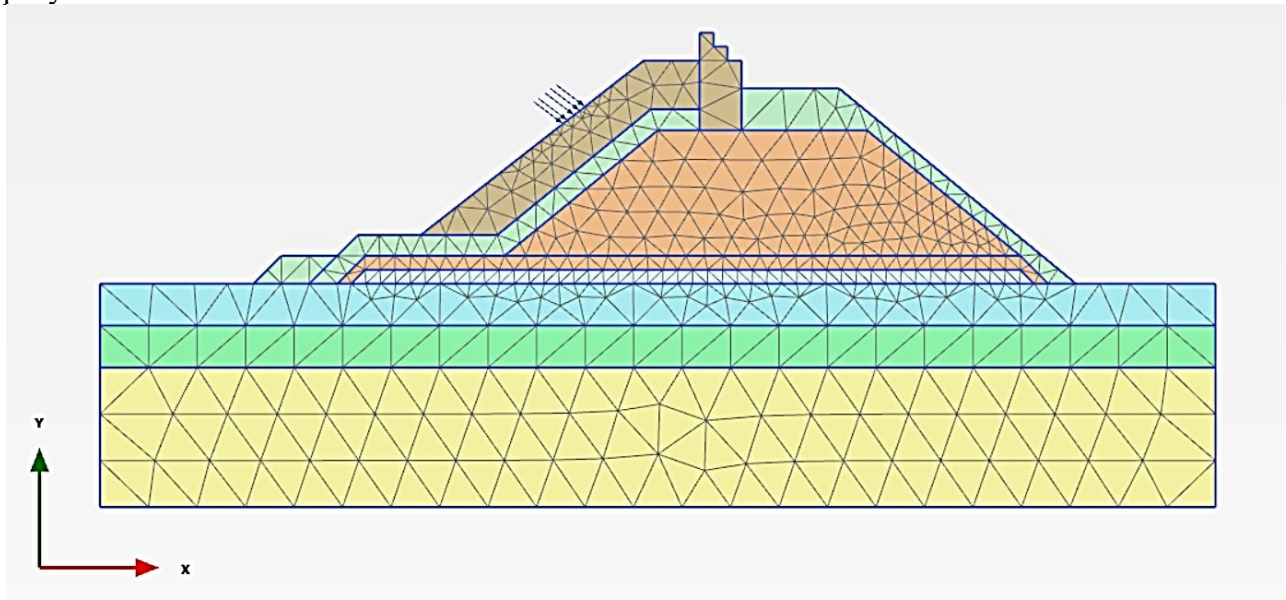


Рис. 1. Модель мола-причала в Plaxis 2D

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

Нагрузка от наползания льда на каменную наброску, равно как и эффект утаскивания камней льдом, является сложно прогнозируемым с точки зрения известных расчетных методик. Между тем ряд работ содержат модели, позволяющие оценить влияние наползания льда на каменную наброску [8, 9]. Ледовая нагрузка, посчитанная по методике [10], задается в виде распределенной нагрузки.

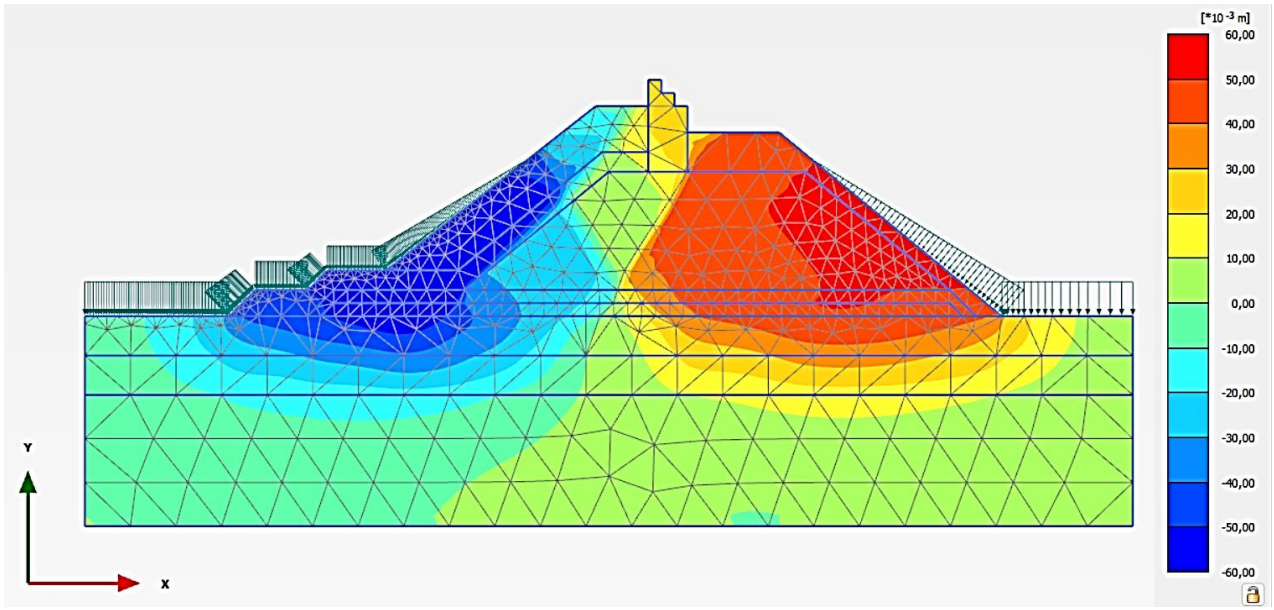


Рис. 2. Горизонтальные деформации конструкции u_x

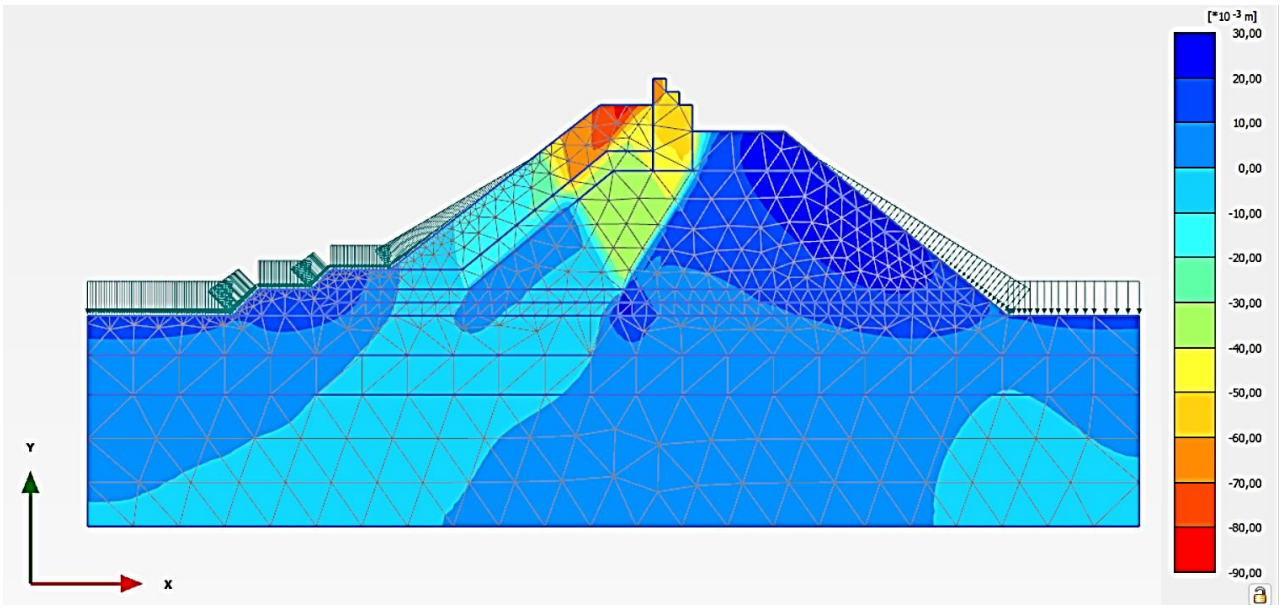


Рис. 3. Горизонтальные деформации конструкции u_y

Расчет проходил по восьми стадиям:

1. Отсыпка постели из щебня крупной фракции.
2. Укрепление постели каменной наброской.
3. Отсыпка тела мола.
4. Укрепление откосов камнем двумя слоями.
5. Возведение верхнего строения.
6. Укрепление откосов тетраподами.
7. Установка обратного фильтра.
8. Приложение ледовой нагрузки.

Осадка сооружения под действием нагрузки не должна нарушать нормальные условия работы оградительного сооружения по защите акватории порта от высоких волн.

Результатами расчетов являлись значения максимальной деформации. Значения горизонтальных (u_x) и вертикальных (u_y) деформаций представлены на рис. 2 и 3.

В результате математического моделирования деформаций оградительного сооружения под действием ледовой нагрузки получены следующие результаты: максимальная осадка – 90 мм и горизонтальное смещение – 60 мм. На основании полученных данных можно сделать вывод, что деформации сооружения не влияют на условия работы мола и это значит, что такая конструкция пригодна для использования. На основе полученных результатов можно составить рекомендации по проектированию оградительных сооружений порта «Высоцкий».

ЛИТЕРАТУРА:

1. Анализ морских портов [Электр. ресурс]. URL: https://otherreferats.allbest.ru/. Дата обращения – 10.03.2023.
2. Шишминцев Д.Н. Причальные и оградительные сооружения на Балтийском море: ВКР. – СПб.: СПбПУ, 2022. – с. 38.
3. СП 23.13330.2011. Основания гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.02.-85.
4. РД 31.31.55-93. Инструкция по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений.
5. PLAXIS. Справочное пособие [Электр. ресурс]. URL: https://www.PLAXIS.ru/. Дата обращения – 10.03.2023.
6. PLAXIS. Пособие по моделям материалов [Электр. ресурс]. URL: https://www.PLAXIS.ru/. Дата обращения – 10.03.2023.
7. PLAXIS. Научное пособие [Электр. ресурс]. URL: https://www.PLAXIS.ru/. Дата обращения – 10.03.2023.
8. Шарапов Д.А., Сумцова А.С. Устойчивость каменной наброски к подвижкам льда методом КЭ. Гидротехническое строительство. 2023. №2. С. 2–7.
9. Sharapov D.A., Sumtsova A.S. Strength of stone coast protection in ice. Power Technology and Engineering. 2023.
10. СП 38.13330.2018. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.04.-82.

УДК 626

Ю.С. Уколов, С.А. Фролов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ АКВАТОРИИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ И ОБОСНОВАНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ВЭУ

Цель работы: анализ акватории Баренцева моря и обоснование расположения ВЭУ.

Ветер является возобновляемым энергетическим ресурсом, который имеет высокий потенциал. В России на данный момент очень слабо развита ветроэнергетика. После принятого постановления от 28.05.2013 года №449 на территории страны появилось несколько объектов ветроэнергетики, что послужило развитию данной отрасли. Однако количество появившихся ветропарков достаточно мало [1].

Для стимулирования развития ветроэнергетики России предлагается использовать офшорную зону, то есть участок территории страны, где ветер развивает максимальную скорость и крайне редко затихает. На рисунке 1 представлена карта среднегодовых скоростей ветра на территории страны [2].

Для расположения ВЭУ в работе выбрано Баренцево море. Это сделано не случайно, так как по данным на 2020 г. только в Архангельской области работают более 6 крупных теплоэлектростанций и также боле 40 децентрализованных дизельных электростанций. Проблема развития альтернативной энергетики актуальна.

Карта Баренцева моря представлена на рисунке 2. Предполагаемым местом расположения ВЭУ является район Центральной банки, обозначенный на рисунке 2. Данный

район выбран из участков с меньшими глубинами (до 150 м). Карта глубин Центральной банки представлен на рисунке 3. Также в районе Центральной банки обнаружено крупное газоконденсатное месторождение, показано на рисунке 4. Дополнительными причинами выбора Центральной банки в качестве места возведения ВЭУ являются большие скорости в этой области, что продемонстрировано на рисунке 5 [3].

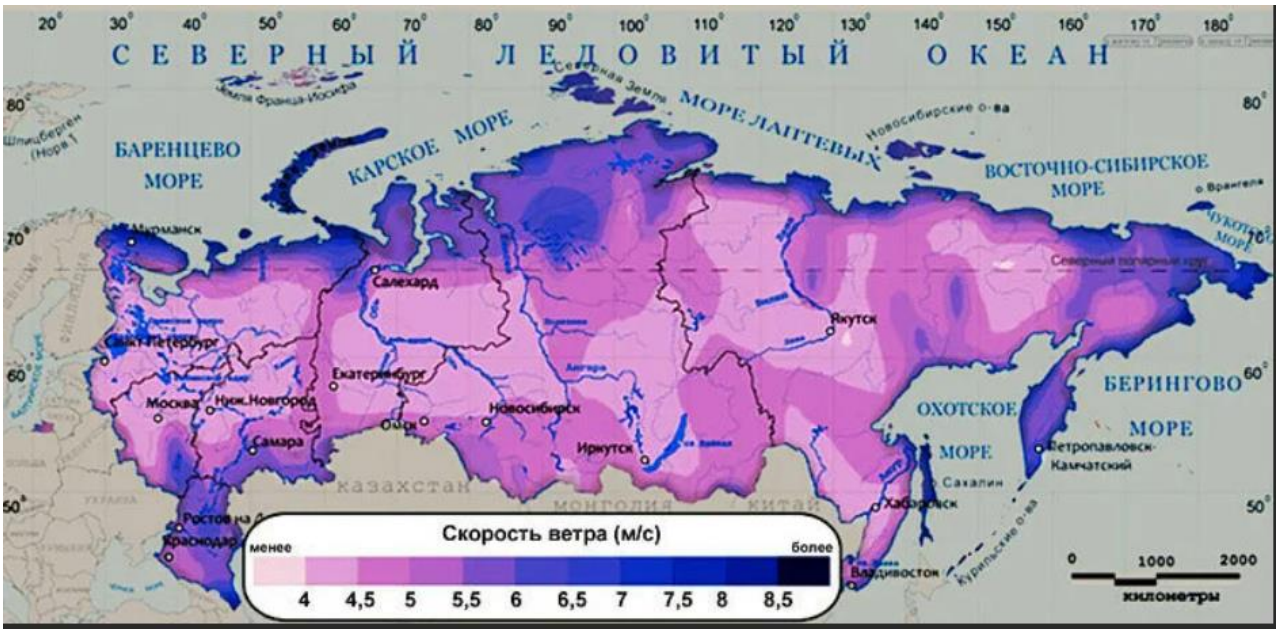


Рис. 1. Среднегодовые скорости ветра

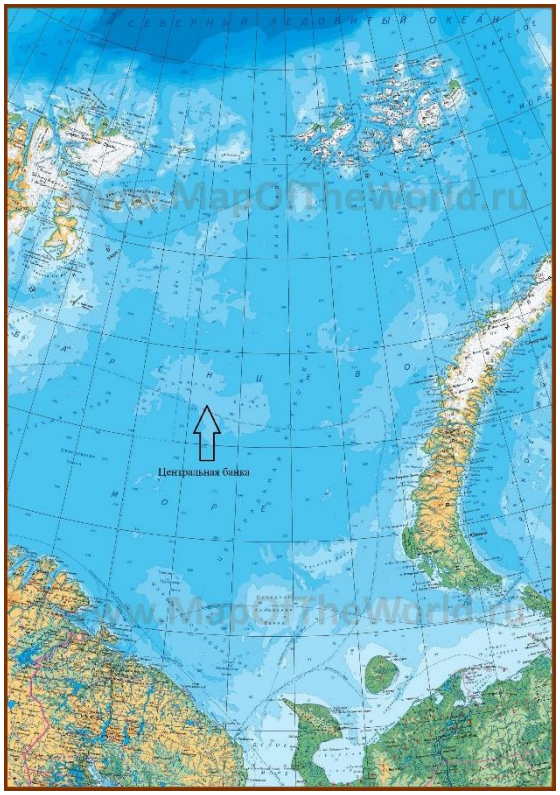


Рис. 2. Карта Баренце моря

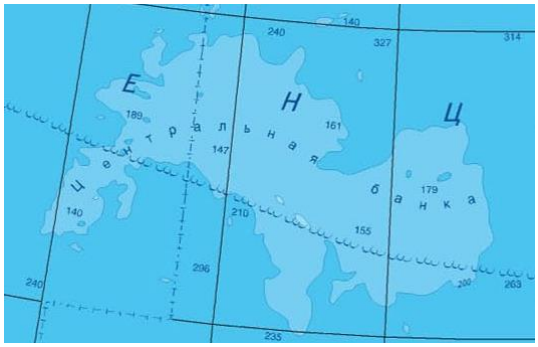


Рис. 3. Фрагмент области «Центральная банка»

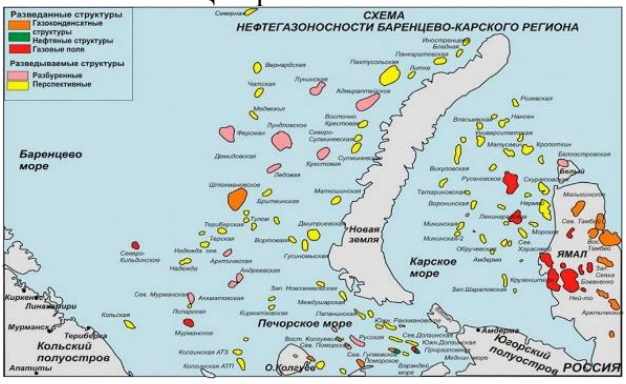


Рис. 4. Карта месторождений в Баренцевом море

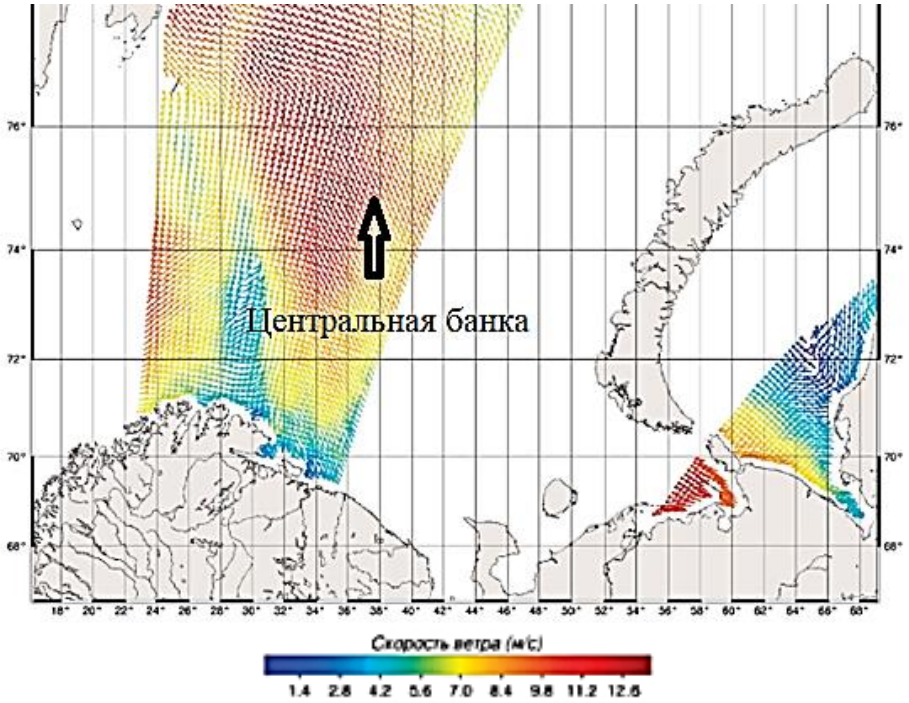


Рис. 5. Карта скоростей в Баренцевом море

Климатические условия Баренцева моря: средняя скорость ветра 12 м/с; толщина льда 1 м; максимальная высота волн 10 м; соленость воды 35‰; грунты основания – песок с примесью гальки [4, 5].

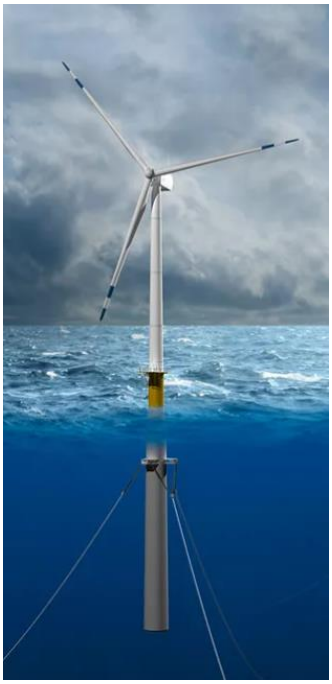


Рис. 6. Платформа типа Spar

Рис. 7. Полупогружная платформа TLP

В качестве основной конструкции для возведения ВЭУ делается выбор между двумя типами сооружения. Первым возможным вариантом является платформа типа SPAR, вторым – полупогружная платформа типа TLP. Варианты представлены на рисунках 6 и 7 соответственно. Полупогружная платформа с провисающими связями, как альтернатива

платформы типа TLP, не может быть использована, так как высота ветроустановки достаточно велика.Для окончательного выбора между данными типами платформ проводятся расчеты и экономическое сравнение.

В качестве ветрогенератора, учитывая, что платформа будет плавучая, был выбран Siemens SWT-6.0 с мощностью до 6 МВт. Оптимальная скорость ветра для данного ветрогенератора составляет 13…15 м/с. Расстояние от ветроустановки до месторождения будет составлять около 500 км.

Выбранная область «Центральная банка» обоснована и с точки зрения скоростей ветра, и с точки зрения глубины (глубина меньше, чем на соседних участках), а также с экономической точки зрения, так для разработки газоконденсатного месторождения будет требоваться большое количество энергии. Развитие ветроэнергетики в данном районе Баренцева является перспективным.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Никонов И.А. Эффективность и выгодность развития ветроэнергетики на севере России / И. А. Никонов. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2020. – № 36 (326). – С. 17–20. – URL: https://moluch.ru/archive/326/73435/ (дата обращения: 12.03.2023).
2. Денисов Р.С., Елистратов В.В., Гзенгер Ш. Ветроэнергетика в России: возможности, барьеры, и перспективы развития // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2017. Т. 23. № 2. С. 17–27. DOI: 10.18721/JEST.230202
3. Баренцево море. Карты значений скорости и направления приводного ветра по данным MetOp/ASCAT. URL: http://planeta.infospace.ru/prod-cgi/last.pl?product=328
4. Тематический отчет №1 по ледовым условиям Баренцева моря. Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2020 г.
5. Система Баренцева моря / Российская академия наук, институт океанологии им. П.П. Ширшова.

УДК 627.8.065

А.С. Сольский, И.Е. Фролова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН С ЯДРОМ ИЗ СУГЛИНКА И «СТЕНОЙ В ГРУНТЕ»

Возведение грунтовых плотин по технологии «стена в грунте» [1], в сравнении с ядром из суглинка позволяет сократить объем требуемых строительных материалов и уменьшает время на ввод объекта в эксплуатацию, что в итоге приводит к снижению сроков окупаемости.

Целью работы является технико-экономическое сравнение грунтовой плотины с ядром из суглинка и «стеной в грунте» в условиях Дальнего Востока России на примере Нижне-Бурейской ГЭС.

Одним из способов создания противофильтрационного элемента (ПФЭ) материала является технология «стена в грунте», выполненная методом буросекущихся свай (БСС). Основным рабочим материалом в ней является глиноцементобетонная (ГЦБ) смесь, обладающая определёнными противофильтрационными, прочностными и деформационными свойствами. Деформируемость такого материал близка к деформируемости грунта, что позволяет избежать концентрации напряжений в стене, предотвратить ее разрушение и потерю противофильтрационных свойств [1].

В настоящее время имеется широкий спектр оборудования, машин и механизмов, технических средств контроля производства работ, позволяющих с высоким качеством и интенсивностью выполнять работы по устройству ПФЭ. Применяемые технические и технологические решения в промышленно-гражданском строительстве, используемые машины и механизмы также успешно применяются и в гидротехническом строительстве.

В России в гидротехнических сооружениях ГЦБ диафрагма начала внедряться сравнительно недавно, с конца 1990-х. На Курейской ГЭС (1990 г.) выполнен ремонт ядра [3] в 2000–2002 гг. методом БСС диаметром 1,2 м. Высота плотины 81,5 м. В 2001 году на Вилюйской ГЭС 3 (Светлинская ГЭС) выполнен ремонт путём устройства «стены в грунте», диаметр БСС 1,02 м. На Гоцатлинская ГЭС (2006–2016 гг.) в аллювиальном основании выполнен ПФЭ методом буросекущихся свай [2,4] диаметром – 1,2 м. Высота плотины 69 м., а сейсмостойкость 9 баллов.

В проекте Нижне-Бурейской ГЭС 2008 года, была принята конструкция плотины с суглинистым ядром (рис. 1). Однако, в связи с тем, что срок строительства ГЭС начал сильно отклоняться от запланированного, в 2014 г. были внесены корректировки в проект с целью уменьшения сроков строительства. Основные изменения коснулись конструкции земляной плотины, а именно был изменен противофильтрационный элемент на ГЦБ диафрагму [2] (рис. 2). Это позволило сократить срок ввода ГЭС в эксплуатацию почти на год. Глубина стены Нижне-Бурейской ГЭС составляет 33,4 м, а диаметр БСС 1,2 м. Основные материалы для изготовления свай: цемент ПЦ 400 – 7%, бентонитовый глинопорошок – 10%, песок и гравий – 66%.

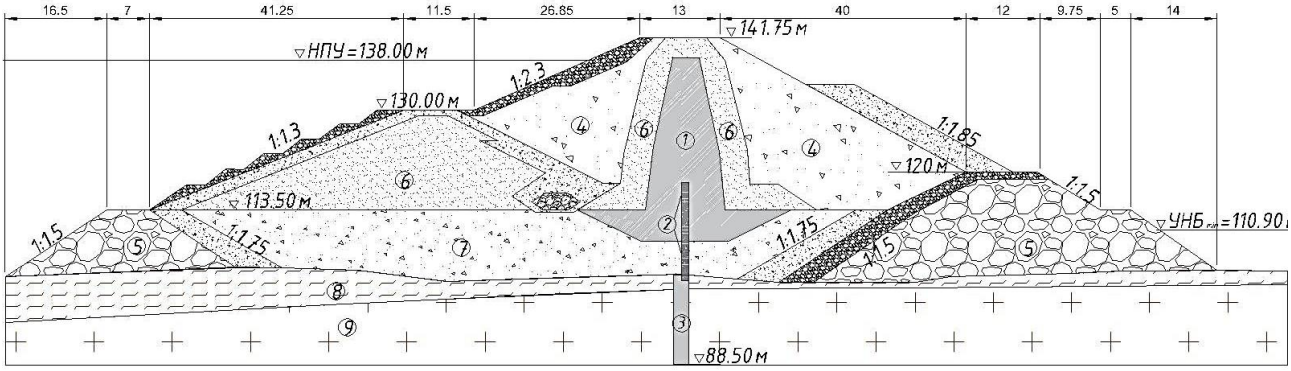


Рис. 1. Грунтовая плотина с суглинистым ядром: 1 – ядро из суглинка; 2 – стена в грунте из ГДБ; 3 – цементационная завеса; 4 – тело плотины из гравийно-галечниковых грунтов; 5 – дренажный банкет из каменной наброски; 6 – песчаный грунт; 7 – песчано-гравийный грунт; 8 – трещиноватое скальное основание; 9 – скальное основание.

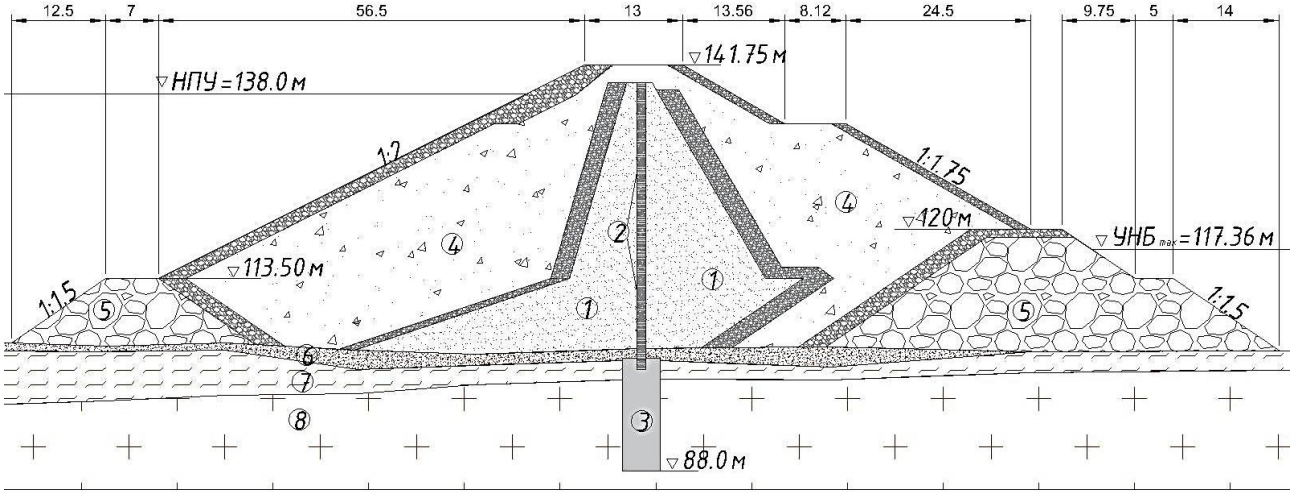


Рис. 2. Грунтовая плотина со «стеной в грунте»: 1 – призма из песчаных грунтов; 2 – стена в грунте из ГДБ; 3 – цементационная завеса; 4 – тело плотины из гравийно-галечниковых грунтов; 5 – дренажный банкет из каменной наброски; 6 – аллювиальные отложения; 7 – трещиноватое скальное основание; 8 – скальное основание

Одним из основных преимуществ грунтовых плотин со «стеной внутри» можно назвать снижение сроков строительных работ, по сравнению с суглинистым ядром. Внедрение данной ГЦБ диафрагмы позволяет изменить конструкцию плотины и уменьшить ее габариты. Укладка глиноцементобетона может вестись при неблагоприятных погодных условиях и при низких отрицательных температурах, когда укладка глинистых грунтов невозможна. Так же опыт строительства Нижне-Бурейской ГЭС (введена в эксплуатацию в 2017 г.), показал, что наличие в теле плотины центральной песчаной призмы, воспринимающей паводковые уровни в строительный период, позволяет ускорить выполнение работ по достройке водосбросной плотины. При возведении Нижне-Бурейской ГЭС срок строительных работ за счет ГЦБ диафрагмы был снижен на 40% (на девять месяцев) [2].

На первый взгляд, недостатком ГЦБ диафрагмы является ее дороговизна. Тем не менее, приведем упрощённое экономическое сравнение (табл. 1) земляной плотины с суглинистым ядром и со «стеной в грунте» на примере Нижне-Бурейской ГЭС.

По перерасчету цен на 2022 г. технология использования суглинистого ядра на 13,5% (или на 350,75 млн руб.) дешевле, чем «стена в грунте».

С другой стороны, срок строительства грунтовой плотины с глиноцементобетонной диафрагмой и ввод ГЭС в эксплуатацию снижается на девять месяцев. За счет низкой себестоимости производства гидроэлектроэнергии (в 5–6 раз ниже в сравнении с ТЭЦ и АЭС) высокая доходность перекроет удорожание строительства. Поскольку на Дальнем Востоке реализация электроэнергии осуществляется по особым правилам, приведем расчеты для 2-й ценовой зоны оптовой электроэнергии в России. По данным, публикуемым ассоциацией «НП Совет рынка», средневзвешенный индекс РСВ (рынок на сутки вперед) за 2022 год составил 1165,9 руб./МВт·ч. По данным, публикуемым ПАО «РусГидро», годовая выработка электроэнергии на Нижне-Бурейской ГЭС составляет 1,8 млн МВт·ч [6]. Соответственно выручка для ПАО «РусГидро» за 9 месяцев составит 1,58 млрд рублей, что в 4,5 раза (или на 1,23 млрд рублей) выше чем удорожание строительства по технологии «стена в грунте».

Таблица 1 – Сравнение стоимости грунтовой плотины с суглинистым ядром и «стеной в грунте»

Наименование работ	Стена в грунте		Ядро из суглинка	
	Объем, $м^3$	Стоимость, тыс. руб.	Объем, $м^3$	Стоимость, тыс. руб.
Выемка (стоимость выемки)	62 100	1 174,37	84 500	1 544,87
Насыпь грунтов плотины:	1 313 000	56 036,65	1 361 800	64 499,56
Суглинок			117 500	8 496,43
Стена в грунте	17 436	93 508,04	7 051	57 191,97
Цементация	5 215	20 950,18	5 215	20 950,18
Стоимость ПФЭ		114 458,22		86 638,58
Стоимость прочих работ		1 865,43		1 459,39
Итого в ценах по состоянию на 01.01.2000 г.		178 166,26		154 142,40
Итого в текущих ценах II кв. 2022 г. (без НДС)		1 354 925,03		1 172 158,70

Выводы. Представлено перспективное направление совершенствования конструкций земляных плотин, строящихся в удаленных регионах РФ с суровыми климатическими условиями и дефицитом местных глинистых материалов для использования их в качестве противофильтрационных элементов, базирующееся на основе использования технологии «стена в грунте» выполняемая в том числе методом буросекущихся свай с применением ГДБ. Данная технология в настоящее время полностью обеспечена необходимым комплексом оборудования для ее реализации и успешным отечественным опытом строительства средненапорных (до 40 м) земляных плотин с противофильтрационным элементом в виде глиноцементобетонной диафрагмы.

Выполнен сопоставительный анализ основных технико-экономических показателей вариантов конструкции земляной плотины с традиционной конструкцией противофильтрационного элемента – суглинистым ядром и инновационной конструкцией – ГЦБД.

Проведен анализ сметной стоимости материалов и работ, рассчитаны сроки возведения по обоим конструктивным вариантам. На основании анализа рассчитан положительный экономический эффект от внедрения технологии «стена в грунте».

ЛИТЕРАТУРА:

1. Орищук Р.Н. Новые конструкции грунтовых плотин с глиноцементобетонными диафрагмами // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. – 2019. – Т. 292. – С. 21–29.
2. Орищук Р.Н. Глиноцементобетонная диафрагма, расчётное обоснование новых конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2019. № 5(89). С. 16–25
3. Малышев Л.И., Шишов И.Н., Кудрин К.П., Бардюков В.Г. Технические решения и результаты первоочередных работ по сооружению противофильтрационной стены в грунте в ядре и в основании плотины Курейской ГЭС // Гидротехническое строительство. 2001. №3. С. 31–36.
4. Королёв В.М, Смирнов О.Е., Аргал Э.С., Радзинский А.В. Новое в создании противофильтрационного элемента в теле грунтовой плотины // Гидротехническое строительство. 2013. №8. С. 2–9.
5. Пресс-центр ассоциации «НП Совет рынка»: https://www.np-sr.ru/ru/press
6. Новости АО «Нижне-Бурейская ГЭС» http://www.nbges.rushydro.ru/

УДК 681.5.037

М.В. Рудаков, В.И. Мелихов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАСЧЕТ ЗОН ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ ГРУНТА ПРИ НАМЫВЕ ОГРАЖДАЮЩЕЙ ДАМБЫ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ЗОЛОТОИЗВЛЕКАТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ «БЕЛАЯ ГОРА»

Актуальность. Фракционирование грунта – процесс, положенный в основу конструкции намывных плотин и проявляющийся в раскладке зерен грунта по крупности по длине откоса намыва с постепенным уменьшением средней крупности намытого грунта по мере удаления от выпуска пульпы из распределительного пульпопровода.1 С точки зрения экономической выгодности и экологической безопасности использование хвостов при возведении ограждающих дамб является необходимым. Для обеспечения устойчивости будущего сооружения, непроницаемости намытого противофильтрационного экрана и корректности укладки хвостов для обеспечения необходимых характеристик упорной призмы необходимо проводить расчет зон фракционирования грунтов.

Данный расчет позволяет определить такие факторы, как возможность строительства ограждающих сооружений в целом, определить заложение низового откоса, первичные противофильтрационные свойства намытого экрана, экономическую выгоду при строительстве и качество карьерных грунтов для строительства в целом. Однако при уменьшении фракции используемых грунтов и уменьшении геометрических различий фракций между собой расчет невозможно использовать для полного прогнозирования укладки хвостов без натурных наблюдений непосредственно при намыве.

Целью исследования является практический анализ фракционирования грунта, определение примерного гранулометрического состава той или иной части сооружения. А также определение возможных дополнительных мер для достижения корректного фракционирования.

Методы исследования. Для исследования применена методика расчета зон фракционирования несвязных грунтов, изложенная в СП 39.13330.2012 «Плотины из грунтов материалов» [1].

Объект исследования. Объектом исследования является ограждающая дамба хвостохранилища ЗИФ «Белая Гора». Особенностью данного объекта является размер фракций намываемых хвостов. Так как это золотоизвлекательная фабрика – размер фракций довольно мелкий, а в составе в основном песчаные и глинистые грунты [2].

Таблица 1 – Гранулометрический состав грунтов

Фракция d_{0i}, мм	Содержание p_i, %	Суммарное содержание p_{is}, %
<0,0084	19,24	19,24
0,0084	5,99	25,23
0,0114	9,73	34,96
0,0175	12,08	47,04
0,025	8,66	55,7
0,034	3,1	58,8
0,045	12,7	71,5
0,071	28,5	100

Согласно п. 4.1 СП39.13330.2012 дамба хвостохранилища классифицируется как однородная плотина со свободно формируемым верховым откосом и способ возведения путем одностороннего намыва с дамбами обвалования на низовом откосе. По методике, изложенной в приложении Е СП39.13330.2012, выполнен расчет осредненного зернового состава для дамбы хвостохранилища. Определим средневзвешенную крупность исходного грунта d_0, мм, по формуле

$$d_0 = \frac{\sum_{p=0,05}^{p=0,95} d_{0i} p_i}{90},$$

где d_{0i} – среднеарифметическое значение крупности i-й стандартной фракции в составе карьерного грунта, мм; p_i, % – процентное содержание i-й стандартной фракции;

Суммарное содержание учитываемых фракций в составе карьерного грунта принято равным 90%. Фракции более 95% и мнее 5% не учитываются. Диаметр i-й фракции d_i, мм, определяется по формуле

$$d_i = \alpha_i \, d_0,$$

где α_i – безразмерная величина, получаемая по графику на рисунке Е1, СП39.13330.2012, для однородных плотин.

Расчет выполнен в табличной форме.

Таблица 2 – Расчет грансостава материала в намывной части дамбы

%	α_i	d_i, мм
10	0,58	0,021199
20	0,65	0,023758
30	0,7	0,025585
40	0,82	0,029971
50	0,9	0,032895
60	1	0,03655
70	1,2	0,043861
80	1,5	0,054826
90	2	0,073101

Гранулометрический состав промпродукта в намывном массиве дамбы хвостохранилища приведен на рисунке 1.

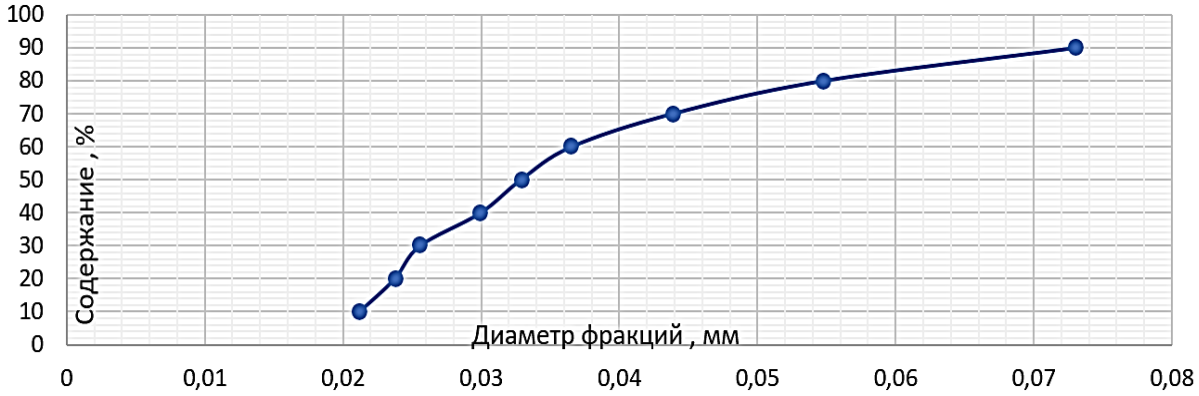


Рис. 1. Расчетный гранулометрический состав промпродукта в намывной части дамбы промпродукта

Для определения границ упорной призмы, образуемой за счет фракционирования складируемого промпродукта применена методика, изложенная в ВСН 291-72* [3], так как она определяет зоны фракционирования для глинистых фракций.

Таблица 3 – Определение содержания фракций

Наименование	Содержание фракций, % при крупности фракций, мм			Сумма
	0,1-0,05	0,05-0,01	<0,01	
Исходный материал	28,5	46,27	25,23	100
Зона упорной призмы	28,5	46,27	-	74,77
Зона отложений мелких фракций	-	-	25,23	25,23

Таблица 4 – Определение границ упорной призмы

Величина	Первичная дамба	Ярус 1	Ярус 2	Ярус 3	Ярус 4	Ярус 5	Ярус 6
L_i, м	1035,0	1005,0	978,0	950,0	926,0	911,0	896,0
$X_п$, м	773,9	751,4	731,2	710,3	692,4	681,1	669,9
$X_о$, м	261,1	253,6	246,8	239,7	233,6	229,9	226,1

В таблице приняты следующие обозначения: L_i – расстояние от бровки внешнего откоса до уреза пруда-отстойника; $X_п$ – граница зоны пляжа; $X_о$ – граница зоны подводного отложения.

Границы зон фракционирования представлены на рисунке 2.

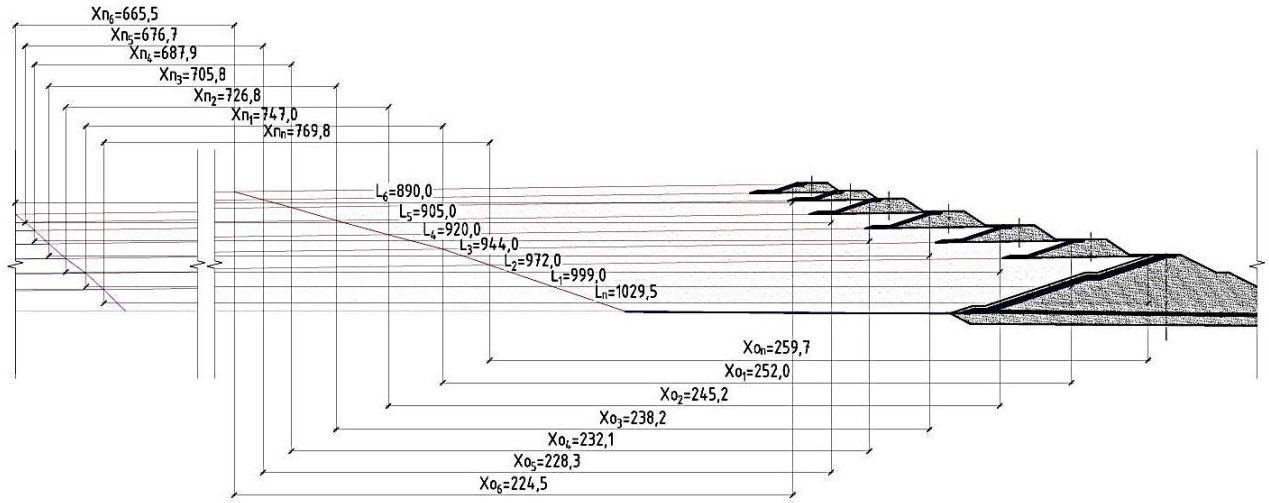


Рис. 2. Границы зон фракционирования

Выводы. Согласно результатам расчета, приведенным в таблице 4, были определены и графически показаны предполагаемые зоны фракционирования грунтов. Зона упорной призмы с наиболее крупными фракциями оказалось значительно больше зоны мелких частиц, что означает высокую устойчивость сооружения и малую долю выноса мелких частиц за границу расчетной зоны. Опираясь на известные данные с сооружений-аналогов, рекомендуется установка выпусков по бортам ложа для регулирования напора и направления подачи пульпы и выполнения корректного фракционирования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 39.13330.2012. Плотины из грунтов материалов.
2. ГОСТ 25100–2011. Грунты. Классификация (с Поправками).
3. ВСН 291-72*. Инструкция по проектированию гидроотвалов из глинистых грунтов и прогнозированию их состояния.
4. Меленьев В.А., Колпашников Н.П., Волнин Б.А. Намывные гидротехнические сооружения. – М.: «Энергия», 1973.
5. Киселев П.Г. Справочник по гидравлическим расчетам. – М., Л.: Госстройиздат, 1961.
6. Технические условия и нормы на проектирование и возведение земляных намывных плотин. Проект. – Госстройиздат, 1959.
7. РТМ 8-54-87. Нормы технологического проектирования хвостовых хозяйств гидрометаллургических заводов и обогатительных фабрик.

УДК 627.01

А.А. Шодиев[1], И.Д. Рамзин[2]

[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

[2]Bayes Business School, Лондон

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В последние годы нейронные сети стали широко применяться во многих областях, включая строительство. Использование нейронных сетей в строительстве может упростить и автоматизировать создание рекомендаций и документации проектов, основываясь на заданных критериях. Нейронная сеть – это алгоритм машинного обучения, который способен обрабатывать и анализировать большие объемы данных, находить закономерности и прогнозировать результаты. В строительстве нейронные сети могут быть использованы для оценки технических решений, предсказания возможных проблем и оптимизации проектов.

Применение нейронных сетей в будущем станет неизбежным в свете быстро развивающихся технологий и требований к эффективности и точности строительных проектов. В настоящее время, есть огромный потенциал для улучшения нейронных сетей, но иногда возникают ограничения, связанные с отсутствием данных для обучения. В рамках этого исследования авторы использовали нейронную сеть ChatGPT, ключевым ограничением которой является набор данных, который не обновляется с 2021 года и невозможность системы взаимодействовать с веб-страницами.

Целью работы является рассмотрение возможности применения неспециализированной нейронной сети для решения узконаправленных задач, связанных с гидротехническими сооружениями. Проанализировано, насколько текущая сеть хорошо обучена и есть ли возможность улучшения её работы. Результаты исследования позволят оценить применимость нейронной сети для решения задач данного типа и выявить возможности для дальнейшего улучшения её работы. На данный момент большая часть исследований в вопросе использования нейронных сетей в строительстве сфокусирована на расчетах и проектировании, нежели чем на сопутствующем документообороте [1].

Исходные данные взяты из отчета об инженерной экспертизе гидротехнического сооружения и опубликованных статей [2, 3]. Рекомендации, приведенные в источниках, использованы в качестве референтных значений для последующей оценки работы нейронной сети. Для получения наиболее точных результатов вводные данные были разделены на отдельные запросы, так как это позволило ускорить и упростить взаимодействие с системой, поскольку при единовременной загрузке вводных данных единым запросом, система выдавала краткие рекомендации, в то время как при разделенном вводе результаты были более детальными. Проблема данного метода заключается в том, что при его использовании анализируется сооружение с целью обнаружения элементов, требующих ремонта. В связи с этим, при отсутствии необходимости ремонта, сеть считает нужным провести повторный осмотр до тех пор, пока такие элементы не будут обнаружены. Анализ результатов проведен с использованием нормативных документов [4-9].

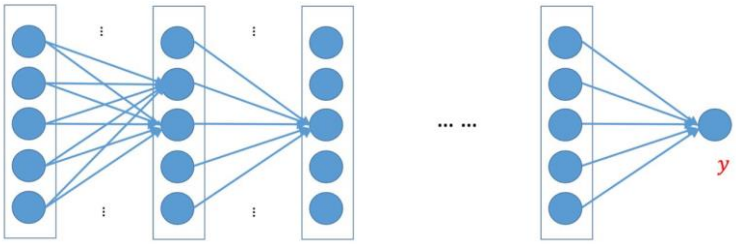


Рис. 1. Схема работы нейронной сети

Нейронная сеть для распознавания и выдачи текста работает на основе обучения на большом количестве текстовых данных. Она состоит из множества нейронов, которые связаны между собой и передают информацию в виде чисел. Входной текст преобразуется в числовой вектор, который затем обрабатывается нейронной сетью. Нейроны в сети обрабатывают информацию и выдают на выходе вероятности принадлежности входного текста к различным категориям или же генерируют новый текст на основе образцов, на которых она была обучена. Схема работы подобного алгоритма представлена на рисунке 1. Качество работы нейронной сети зависит от качества и объема обучающих данных, а также от параметров ее архитектуры и выбранного алгоритма обучения [10].

Таблица 1 – Сравнение результатов

Конструкция	Мероприятия, рекомендованные нейронной сетью	Мероприятия, рекомендованные в отчете
Шпунтовая стенка	Ремонт шпунтовой стенки	Ремонт шпунтовой стенки
Железобетонная кордонная балка	Ремонт кордонной балки	Ремонт кордонной балки на площади ≥160 м^2
Железобетонная плита	Ремонт плиты	Ремонт нижней грани плиты ростверка на участке заделки шпунта
Асфальтовое покрытие	Ремонт поврежденных участков	Ремонт повреждённых участков на площади ≥1500 м^2
Отверстия для слива	Ремонт отверстий для слива	Восстановление системы водоотведения
Отбойные устройства	Установка отбойных устройств	Навеска новых отбойных устройств
Швартовые устройства	Ремонт швартовных тумб	Замена швартовной тумбы №6 и ремонт остальных
Колесотбойный брус	Замена колесоотбойного бруса	Восстановление колесоотбойного бруса
Передвижные стремянки	Повторный осмотр	–
Крановые пути	Повторный осмотр	–
Дно	Проведение дополнительных исследований и очистка дна	Восстановление проектной отметки дна у набережной и очистка дна от посторонних предметов

Результат исследования – процент совпадения выводов, сделанных системой и живым специалистом. Анализ проводится по средствам сравнения процента совпадения выводов с референтными значениями и среднего индустриального коэффициента. Подобный подход позволяет математически обработать результаты исследования. Успешность работы сети предложено считать по формуле (1):

$$\frac{\text{Количество совпадающих рекомендаций}}{\text{Общее количество рекомендаций}} \times 100\%; \qquad \frac{8}{11} \times 100\% = 72{,}7 \sim 73\%. \tag{1}$$

В индустрии нет стандартизированного значения, которое бы определяло успешность результатов. Для систем, распознающих изображения, этот параметр равен 95%. Так как предмет исследования данной статьи достаточно новый, средне индустриальное значение еще не установлено. Безусловно, данное значение может быть повышено, с помощью использования специализированной системы. Несмотря на то, что в последнее время нейронные сети достаточно сильно продвинулись в распознавании и генерации текста, создание текста в рамках больших оформленных по необходимому шаблону документов, например, отчетов, сделанных по принятым стандартам, вызывает у системы, в ее текущем виде, ряд затруднений, из-за которых ее нельзя назвать пригодной для коммерческого использования в текущем виде.

Полученный в процессе исследования результат – числовое значение, показывающее применимость неспециализированной нейронной сети для решения задач узкого профиля путем сравнения со средним индустриальным коэффициентом. Данная нейронная сеть имеет общую направленность и в текущем виде ограничена в массиве данных, на основании которых оперирует. Для получения более релевантных результатов необходима разработка более узконаправленной нейронной сети, которая была бы сориентирована на работу с техническими данными, а также выводом результатов, на основании предварительно загруженных в нее шаблонов.

Серьезной проблемой, связанной с обучением такой системы является нехватка данных, подходящих и разрешенных для использования. Решением подобной проблемы может стать использование синтетических данных, созданных на основании уже имеющихся.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Li, H. Neural networks for construction cost estimation: On the positive side neural networks demonstrate many features that are coherent with the nature of cost estimation. Major strengths include their ability to self-organize knowledge from training data, their ability to generate results from incomplete information and their ability to cope with complex relations. These largely resemble the way human estimators develop expertize through experience. Building research and information : the international journal of research, development and demonstration, 1995, vol. 23, no. 5, pp. 279–284.
2. Шарапов Д.А., Сумцова А.С., Устойчивость каменной наброски к подвижкам льда методом КЭ. Гидротехническое строительство. 2023. № 2. С. 2–7.
3. Школьная А.А., Огиевич И.А., Шарапов Д.А. Статическая устойчивость дамбы хвостохранилища Михайловского ГОКа им. А.В. Варичева в среде PLAXIS. Неделя науки ИСИ. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 55–57.
4. РД 31.3.3-97. Руководство по техническому контролю гидротехнических сооружений морского транспорта. – М.: Минтранспорта РФ, 1997.
5. РД 31.31.55-93. Инструкция по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений. – М.: Минтранспорта РФ, 1996.
6. РД 31.35.10-86. Правила технической эксплуатации портовых сооружений и акваторий. – М.: Минморфлота СССР, 1986.
7. РД 31.35.13-90. Указания по ремонту гидротехнических сооружений на морском транспорте. – М.: Минморфлота СССР, 1990.
8. СНиП 3.07.02-87. Гидротехнические морские и речные транспортные сооружения. – М.: Госстрой СССР, 1987.
9. СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения. – М.: Госстрой России, 2004.
10. Liang, 2016, Introduction to Deep Learning. URL: https://towardsdatascience.com/an-introduction-to-deep-learning-af63448c122c

УДК 626

Д.Н. Смирнова, С.А. Фролов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

НЕФТЕДОБЫВАЮЩАЯ ЛЕДОСТОЙКАЯ ПЛАТФОРМА В КАРСКОМ МОРЕ

Цель работы – выбор оптимальной конструкции ледостойкой нефтедобывающей платформы, способной функционировать в ледовых условиях Карского моря.

Западносибирская нефтегазовая провинция, продолжением которой является Карское море, в настоящее время обеспечивает две третьих добычи нефти в России.

По оценкам комплексных исследований месторождение содержит сверхлегкую нефть, которая по основным показателям (таким, как содержание серы и плотность) превосходит нефть марок SiberianLight и WTI и нефть марки Brent, являющейся эталонной. Характеристики данной нефти сопоставимы с нефтью месторождения шельфа Вьетнама «Белый тигр».

Нефть с подобными показателями высоко востребована на мировом рынке из-за преобладания метановых углеводородов и низкого содержания смол. Она достаточно проста в переработке. Используется как в качестве сырья для нефтехимических предприятий, так и для разбавления тяжелой нефти. К тому же в мире сейчас наблюдается тенденция резкого снижения запасов легкой нефти, что также повышает ее привлекательность у потребителей.

По оценкам экспертов, Карское месторождение должно превзойти по объему ресурсов таких гигантов, как Мексиканский залив и арктический шельф Северной Америки и Канады, и сравниться с ресурсами Саудовской Аравии [1].

Карское море характеризуются тяжелыми ледовыми условиями и соответственно большими действующими на сооружения ледовыми нагрузками. Эти нагрузки могут быть существенно понижены за счет выбора формы корпуса платформы в районе ледовых воздействий. В свою очередь обеспечение ледостойкости платформ и, соответственно, продление периода работы за счет возможности удержания платформы на точке до определенного предела нагрузок в период воздействия на нее ледовых образований имеет большое значение.

При проектировании ледостойких платформ применяется несколько основных приемов уменьшения воздействия льда на сооружение: уменьшение числа опорных элементов в районе ватерлинии; устройство защитных конструкций вокруг опор; придание внешней поверхности корпуса (или защитной конструкции) конической или иной формы, способствующей разрушению льда от изгиба [2].

При освоении глубоководных месторождений наиболее перспективными представляются морские платформы типа SPAR и суда FPU, удерживаемые в заданной точке акватории с помощью якорных систем [3].

На сегодняшний день нефтяные платформы типа Spar являются основным видом плавучих нефтяных платформ, которые используются для бурения нефти в очень глубоких водах. Основной особенностью таких платформ можно выделить цилиндрический корпус, имеющий значительное преобладание длины к диаметру.

Существуют различные варианты конструктивных типов платформ Spar, объединяя их особенности, можно выделить следующее:

- Ввиду ограничения по длине корпуса могут быть установлены только на больших глубинах.
- Высокая стабильность положения на волнении, что позволяет устанавливать устьевое оборудования прямо на самой платформе, что упрощает технологические процессы на платформе.
- Транспортировка корпуса к месту установки может происходить буксировкой за счет плавучести, однако для ускорения проведения данной морской операции, могут быть использованы специальные баржи.

– Позволяет устанавливать крупные верхние строения, как методом наката, так и с использованием плавучих кранов.
– Имеют положительный безопасный опыт эксплуатации.

Рис. 1

В качестве системы удержания распространены предварительно вертикально натянутые связи и растянутые системы удержания, к которым относятся обычная якорная связь, полунатянутые связи и натянутые связи [4].

Принимая во внимание все особенности платформ типа Spar, их можно применять на континентальном шельфе России. Однако, необходимы конструктивные доработки, так как ни одна платформа типа Spar не была установлена в замерзающих морях. Следует отметить, что в России основная часть глубоководных районов расположена в морях, имеющих тяжелую ледовую обстановку.

Для обеспечения противодействию ледовой нагрузке можно обеспечить конусную часть корпуса в районе ватерлинии, что позволяет уменьшить нагрузку, так как при этом лед будет разрушаться под действием изгибающих сил, а не сжимающих. Прочность льда на изгиб меньше чем на сжатие.

Специально разработанная форма корпуса в виде конуса, сужающегося к низу, является основной особенностью установки такого типа. При контакте с сооружением лед разрушается от изгиба, а максимальная нагрузка соответствует моменту разрушения льда.

Таким образом, с точки зрения минимизации ледовых нагрузок, оптимальной может быть названа конструкция, имеющая в месте контакта со льдом наклонную (конусообразную) бортовую обшивку. На рис. 1 представлена модель платформы Spar для исследования в опытовом бассейне. Предложенная конструкция является оптимальной для суровых природно-климатических условий северных морей России и способна выдержать тяжёлые ледовые условия.

Технологически платформа будет способна выполнять такие операции как добыча нефти, обслуживание скважин, подготовка нефти к дальнейшей транспортировке трубопроводом или танкером, обеспечение погрузки.

На следующих этапах научно-исследовательской деятельности будет выполнено математическое моделирование поведения вышеописанной платформы в ПК «Anchored Structures» при различных внешних условиях. Особое внимание будет уделяться динамике взаимодействия сооружения со льдом.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Нефть в Карском море, результаты разведки и благоприятные планы на будущее [Электронный ресурс] // https://greenologia.ru/eko-problemy/proizvodstvo-neft/dobychi-v-karskom-more.html (дата обращения 23.01.2023).
2. Крыжевич Г.Б. Проблемы проектирования и перспективы развития ледостойких полупогружных плавучих буровых установок // Арктика: экология и экономика. – 2017. – № 4 (28). – С. 108–117.
3. Шхинек К.Н., Большев А.С., Фролов С.А., Балагура С.В. Математическое моделирование взаимодействия ровного льда и торосов с заякоренными плавучими сооружениями типа FPU и платформами типа SPAR. Научно-технический сборник РМРС, вып. 32, 2009, с. 93–108.
4. Кульмач П.П. Якорные системы удержания плавучих объектов (Вопросы статики и динамики плавучих сооружений на якорях), Судостроение, 1980, 336 с.
5. Носков Б.Д., Правдивец Ю.П. Гидросооружения водных путей, портов и континентального шельфа. Часть III. Сооружения континентального шельфа: Учебник. – М.; Издательство АСВ, 2004. – 280 с.
6. Морские гидротехнические сооружения на континентальном шельфе: Учеб. / Г.В. Симаков, К.Н. Шхинек, В.А. Смелов и др. – Л.: Судостроение, 1989. – с.: 328, ил.

УДК 625.855.3

Н.В. Примак, Д.А. Шарапов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА РЕБЕР СЕГМЕНТНОГО ЗАТВОРА МЕТОДОМ КЭ

Цель работы – обоснование конструкции сегментного затвора. Выбор наилучшего варианта проводится, за счет уточнения величины напряжений и деформаций в обшивке затвора и подборе оптимального количества ребер-диафрагм.

Сегментный затвор представляет собой криволинейную конструкцию, в состоящую из ригелей и диафрагм удерживающие металлическую листовую обшивку и образующие цилиндрическую круговую поверхность. Данные затворы могут использоваться для пропуска излишков водохранилищ, образованных, в том числе, дамбами [1]. Для целей оптимизации конструкции оценивалось минимальное количество диафрагм, необходимое для восприятия гидравлического давлений на затвор.

В ходе работы для каждого варианта компоновки, методом конечных элементов в программе PLAXIS были определены: деформации и напряжения в статической постановке. В Plaxis доступна также динамическая постановке, однако для целей данной работы, влияние динамических нагрузок (землетрясений) не учитывалось [2]. Для этого диафрагмы обшивки поэтапно включались и выключались в расчетную модель. В результате были получены наилучшее и наихудшее работоспособные состояния обшивки и выявлено оптимальное количество диафрагм.

Было определено, что оптимальный вариант (рис. 1, *а*) имеет перемещение $|U| = 1{,}765 \cdot 10^{-3}$ м, а набольшее перемещение, для варианта на рис. 1, *б*, равняется $|U| = 8{,}643 \cdot 10^{-3}$ м.

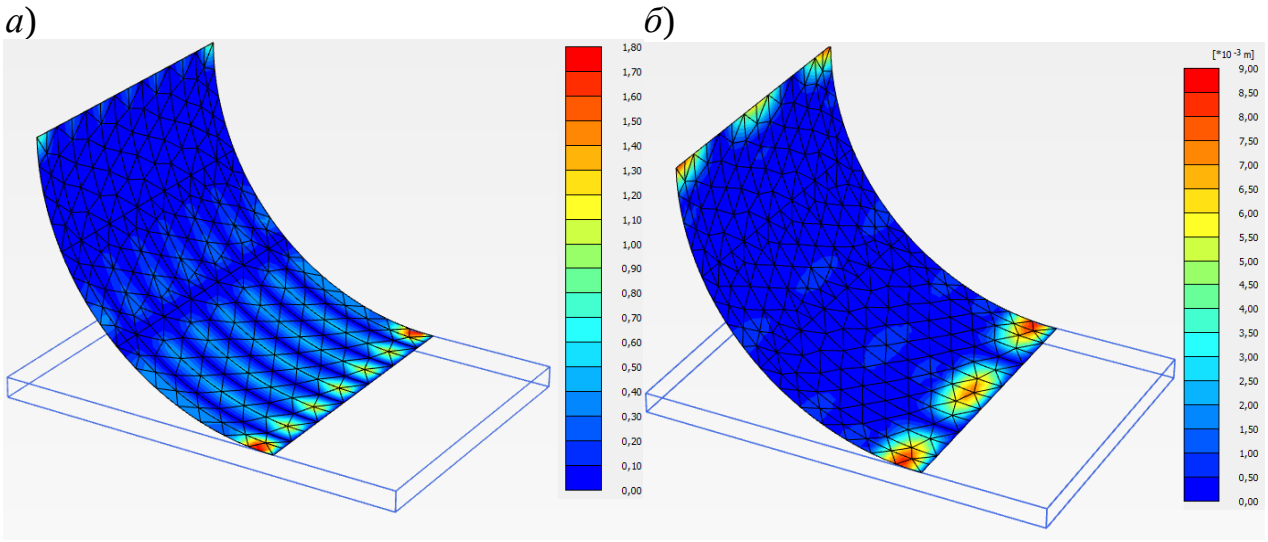


Рис. 1. Сравнение перемещений:
а – наилучший вариант $|U| = 1{,}765 \cdot 10^{-3}$ м; *б* – наихудший вариант $|U| = 8{,}643 \cdot 10^{-3}$ м

Далее для каждого случая были определены значения растягивающего усилия в обшивке. В результате получено:

– для наилучшего варианта получили растягивающие усилия $N_1 = 186{,}9$ кН (рис. 2, *а*) и $N_2 = 153{,}4$ кН (рис. 3, *а*);

– для наихуджшего варианта растягивающие усилия равны: $N_1 = 676{,}6$ кН (рис. 2, *б*) и $N_2 = 146{,}3$ кН (рис. 3, *б*).

Суммарный результирующие усилия определяются как сумма векторов и составят:

– для наилучшего варианта $N_{рез} = 241{,}79$ кН;

– для наихуджшего варианта $N_{рез} = 692{,}24$ кН;

Тогда, нормальные напряжения для наихудшего случая, при рассмотрении только обшивки, будут равны:

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{692{,}24 \text{ кН}}{0{,}012 \text{ м}^2} = 57686667 \text{ Н/м}^2.$$

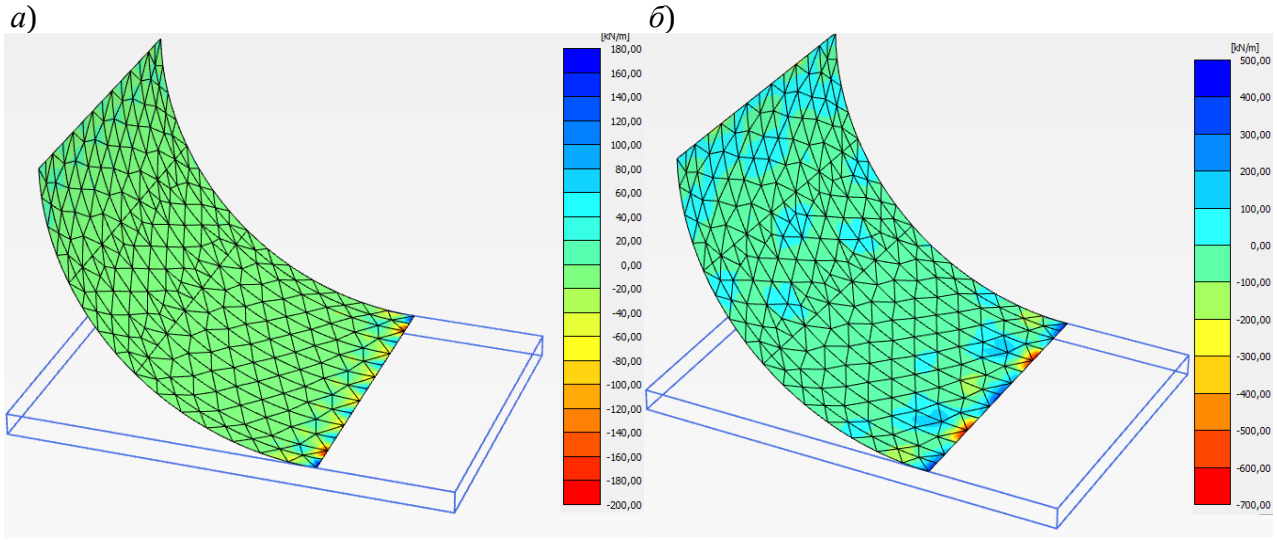


Рис. 2. Значения нормальных напряжений N_1:
а – Наилучший вариант $N_1 = 186{,}9$ кН; *б* – Наихудший вариант $N_1 = 676{,}6$ кН

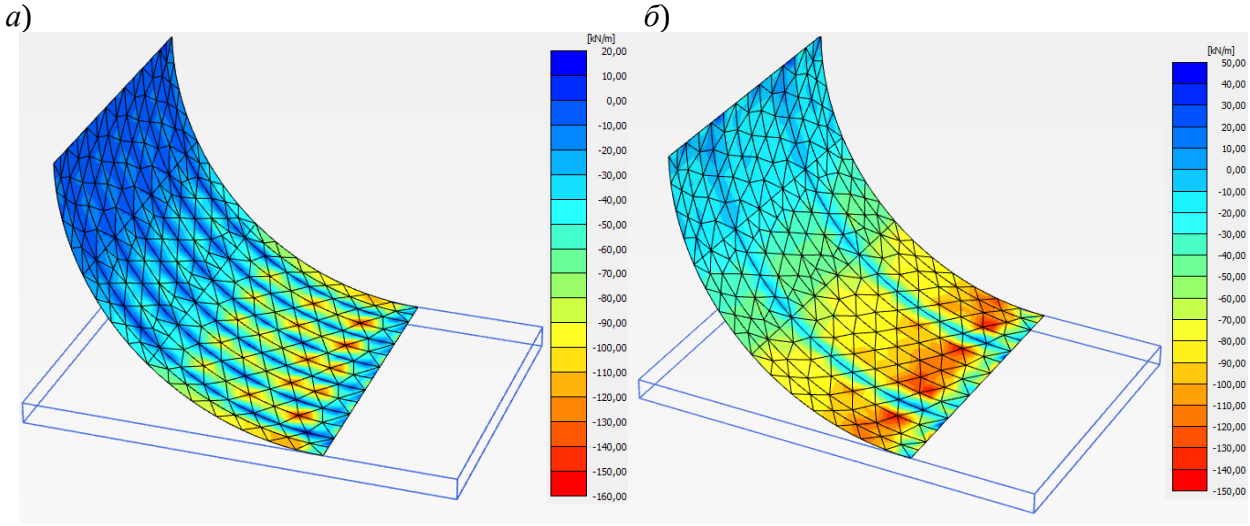


Рис. 3. Значения нормальных напряжений N_2
а – наилучший вариант $N_2 = 153{,}4$ кН; *б* – наихудший вариант $N_2 = 146{,}3$ кН

Выводы

Полученное значение напряжения не может быть воспринято только металлом обшивки, так как не удовлетворяет требованиям [3–5]. Для восприятия сверхнормативных напряжений в конструкции предусмотрены ребра жесткости. В ходе расчета конструкции подтверждена необходимость использования всех имеющихся ребер жесткости, для восприятия нагрузок.

Одним из возможных способов понижения металлоемкости, в данй задаче, может быть повышение класса металла, и тем самым понижение площади расчетных сечений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Школьная А.А., Огиевич И.А., Шарапов Д.А. Статическая устойчивость дамбы хвостохранилища михайловского ГОКа им. А.В. Варичева в среде Plaxis. Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 55–57.
2. Sharapov D.A., Gebre T.H., Ali Yu.M. The effect of story drift in a multi-story building under the influence of an earthquake. Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings. 2021. Т. 17. № 3. С. 270–277.
3. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции
4. СП 58.13330.2019. Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования. М.: Госстрой, 1987.
5. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*

УДК 69.1418

М.К. Морозова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ВОСТОЧНОГО ОГРАЖДАЮЩЕГО МОЛА В МОРСКОМ ПОРТУ ТЕМРЮК

Цель работы – определение прочности и устойчивости сооружения в особо опасном сейсмическом районе в среде SCAD.

В сейсмическом отношении участок изысканий относится к сейсмически опасным районам. В соответствии с картой ОСР-2015-А и СП 14.13330.2018 [1], фоновая (средняя) сейсмичность участка для уровня риска «А» составляет 8 баллов при повторяемости 1 раз в 500 лет с вероятностью 0,90 не превышения этой величины в ближайшие 50 лет.

В соответствии с картой ОСР-2015-В [2] фоновая (средняя) сейсмичность участка для уровня риска «В» также составляет 8 баллов.

По данным микросейсморайонирования сейсмичность участка составляет 8,28 баллов шкалы MSK-64 для уровня ПЗ; 8,49 баллов шкалы MSK-64 для уровня МРЗ.

Сваи погружены в слой серых тугопластичных глин, структура которых не нарушается при сейсмическом воздействии. Верхние концы свай жестко заделаны в монолитный железобетонный оголовок. Со стороны реки Кубань (с тыловой стороны) трубошпунт выполнен из стальной трубы диаметром 1020×12 С245 ГОСТ 27772-2015 и замкового профиля размером 180 мм (рис. 1, 2). Сваи трубошпунта погружаются «гребенкой». Со стороны подходного канала сваи погружаются до отметки минус 27,000 м и до отметки минус 12,500 м попеременно, т.е. шаг свай одной длины 2,40 м. С тыловой стороны (со стороны реки Кубань) сваи трубошпунта также погружаются «гребенкой» до отметок минус 24,000 м, минус 6,500 м и минус 2,500 м, в зависимости от отметок поверхности грунта. Шаг свай одной длины вдоль линии сооружения составляет 2,40 м.

В качестве антисейсмических мероприятий в конструкции мола применены опоры из трубошпунтовых свай, которые изготовлены из стальных труб и являются несущими элементами конструкции [3–5].

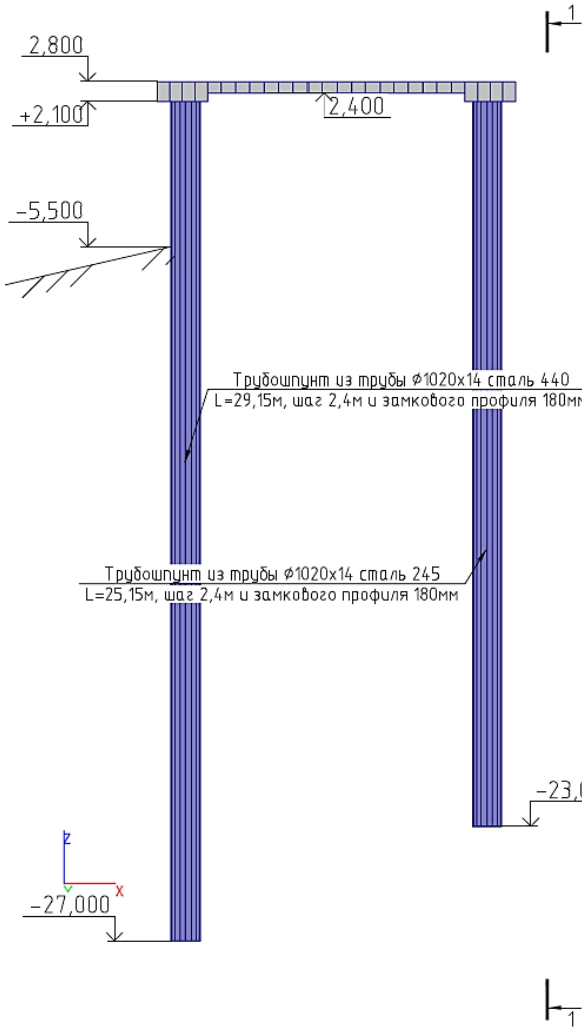


Рис. 1

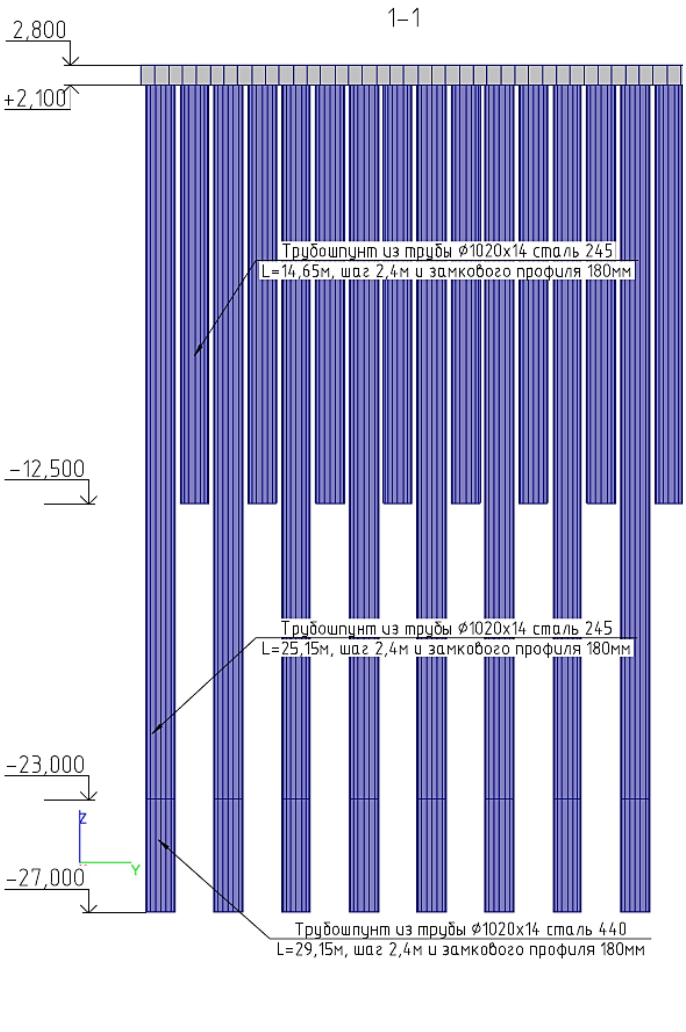


Рис. 2

При выполнении расчетов конструкции [6-8] учтены следующие нагрузки:

- собственный вес;
- эксплуатационная равномерно-распределенная нагрузка 2 т/м^2;
- нагрузка от навала расчетного судна 18 т;
- нагрузка от натяжения швартова 25 т;
- нагрузка от пожарной машины Н-10.

В комбинации загружений собственный вес (СВ) учтен с коэффициентом 1,1 для железобетонных элементов и 1,05 для металлических элементов; эксплуатационная нагрузка учтена с коэффициентом 1,2; нагрузки от навала и швартовки судов учтены с коэффициентом 1,2, волновая нагрузка с коэффициентом 1,0; нагрузка от пожарной машины с коэффициентом 1,2.

Сейсмическая нагрузка учтена с коэффициентом 1,0.

В ходе работы были рассмотрены две наихудшие комбинации загружений представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Комбинации загружений

Сочетание	Постоянные нагрузки от СВ сооружения	Эксплуатационные равномерно-распределённые нагрузки	Швартовая нагрузка	Навал судна	Волновая нагрузка	Сейсмическая нагрузка
1	+	+	+		+	+
2	+	+		+	+	+

Статические расчеты выполнены в линейной постановке.

Размерность нагрузок – т, т/м^2. Размерность результатов расчетов – т·м, мм. Расчетная схема определена как система с признаком 5. Это означает, что рассматривается система общего вида, деформации которой и ее основные неизвестные представлены линейными перемещениями узловых точек вдоль осей *X, Y, Z* и поворотами вокруг этих осей. Для задания данных расчетной схемы использована глобальная правосторонняя система координат *XYZ* [9].

Результаты расчетов приведены ниже в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчетов

Сочетание	Первое	Второе
Продольная сила *N*, т	69,6	71,2
Изгибающий момент *My*, т·м	292,1	327,8
Изгибающий момент *Mz*, т·м	122,2	124,9
Поперечная сила *Qy*, т	16,5	16,8
Поперечная сила *Qz*, т	63,4	66,2

Выводы

В работе получены данные, которые подтверждают, что усилия, возникающие в элементах конструкции, удовлетворяют условиям прочности:

- в стальных трубах свайного основания возникает максимальная продольная сила 71 т;
- в стальных трубах свайного основания возникает максимальный изгибающий момент 327 т·м.

Также в качестве антисейсмических мероприятий при возведении сооружения необходимо соблюдать следующие рекомендации [10]:

- для засыпки за стенку применять однородный песчаногравийный грунт;
- не устраивать засыпок путем намыва;
- предусматривать послойную засыпку грунта за стенку при обязательном уплотнении каждого отсыпанного слоя.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах.
2. РД 31.3.06-2000. Руководство по учету сейсмических воздействий при проектировании морских гидротехнических сооружений типа «больверк».
3. Балашов Б.В., Беляев Н.Д., Михаленко Е.Б., Вилькевич В.В. Анализ проблем, связанных с обследованиями портовых ГТС (на примере глубоководной достроечной набережной). Известия ВНИИГ. 2013. Т. 269. С. 110–117.
4. Колгушкин А.В., Беляев Н.Д. Инженерные мероприятия по увеличению долговечности сквозных гидротехнических сооружений. НТВ СПбГПУ. 2007. № 1 (49). С. 185–193.
5. 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 НТК. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. С. 3–4.
6. СП 58.13330.2019. Гидротехнические сооружения. Основные положения.
7. Р 31.3.07–01. Указания по расчету нагрузок и воздействий от волн, судов и льда на морские гидротехнические сооружения.
8. СП 38.13330.2018. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов).
9. Есиновский В.А., Саинов М.П., Зайцев Б.А., Филиппов С.А. Сейсмостойкость причальной стенки по результатам численного моделирования // Строительство: наука и образование. 2018. Т. 8. Вып. 4. Ст. 2. URL: http://nso-journal.ru. DOI: 10.22227/2305-5502.2018.4.2
10. Горгуца Р.Ю., Григорьев Д.В. Современные методы повышения сейсмостойкости причальных сооружений типа «больверк» // Гидротехника. XXI век, №2 (34), 2018

УДК 627.24

А.К. Казарян
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИЧАЛА ДЛЯ НЕГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ В PLAXIS 2D

Цель работы: создание математической модели причала из пяти рядов опор, образованных шпунтом Ларсен 5-УМ для целей разгрузки негабаритного оборудования; выполнение расчета и проверки устойчивости проектируемого сооружения в программном комплексе «PLAXIS 2D».

Рассматриваемое причальное сооружение служит для швартовки судов при грузовых операциях, снабжении, а также для швартовки служебно-вспомогательного и технического флота и обслуживания пассажиров. Данный причал, рассчитываемый для разгрузки негабаритного тяжеловесного оборудования, а также берегоукрепление площадки для хранения оборудования относятся к IV классу гидротехнических сооружений [1]. Конструкция причальной стенки представляет собой пять металлических рядов, разделенных диафрагмами через 6 м на ячейки из шпунта Ларсен 5-УМ из стали прочности С345, и свай диаметром 1200 мм. Также в причале применяется металлическая шпунтовая стенка Ларсен IV с бетонным шапочным брусом.

Грунты в основании причала состоят из песков мелкой и средней крупности. Нагрузка на причал принята согласно схеме нагрузок и составляет в тылу 30 кН/м от складирования.

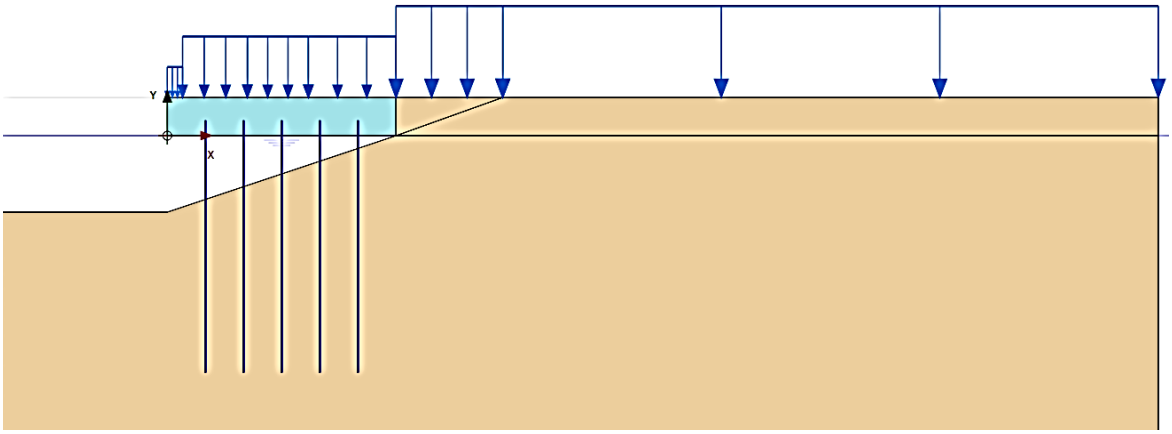


Рис. 1. Схема конструкции причала в программе «PLAXIS 2D»

При анализе модели были определены полные перемещения и устойчивость сооружения. Расчет произведен в программном комплекс «PLAXIS 2D». Данный комплекс позволяет выполнить конечно-элементный расчет напряженно-деформированного состояния сооружений [2-4].

В качестве исходных данных при создании модели использовались [5]:

1. Физико-механические свойства грунтов и данные напластования.
2. Характеристики элементов конструкции причала.
3. Нагрузки на причальное сооружение.

Показатели физико-механических свойств грунтов, которые были перенесены в программный комплекс «PLAXIS 2D», принимались на основании данных по инженерно-геологическим изысканиям.

В расчете не учитывались сейсмические нагрузки.

На рисунке 2 приведена сетка конечных элементов грунтового массива. Результаты расчета приведены на рисунке 3. На основании выполненных расчетов определены:

1. Перемещение сооружения под нагрузкой.
2. Вероятная поверхность обрушения (рис. 3);
3. Коэффициент устойчивости сооружения [6] (рис. 3).

Следует отметить, что значения перемещения, 13,03 м, представленные на рисунке 3, соответствуют развитию сценария потери устойчивости, при определении коэффициента устойчивости программой, и не должны оцениваться.

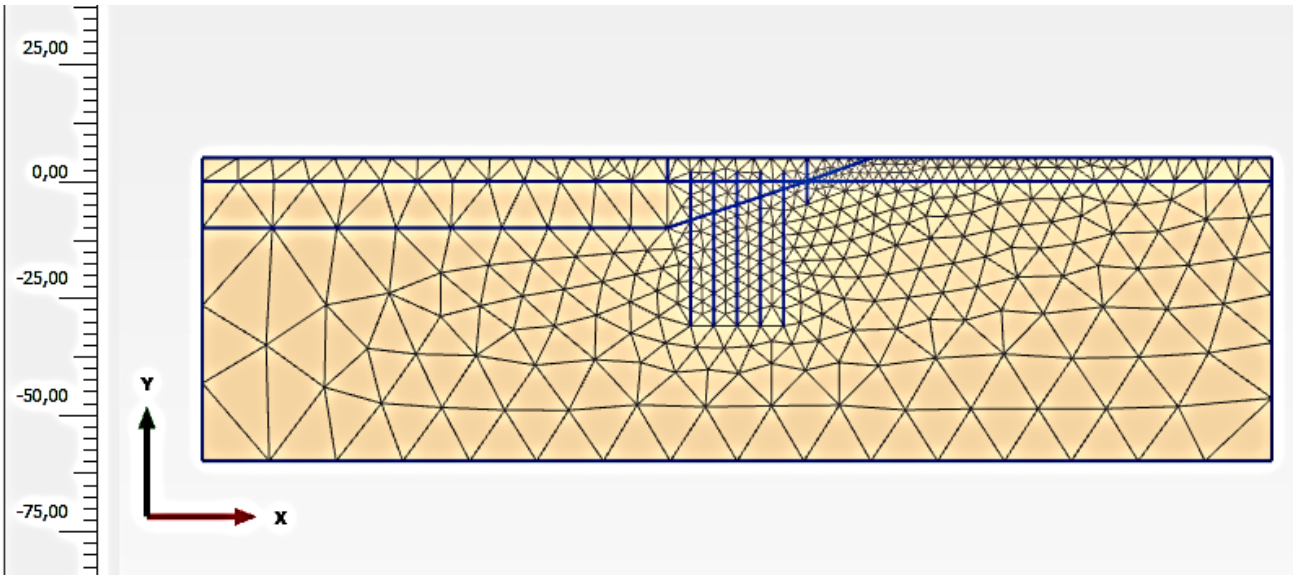


Рис. 2. Сетка конечных элементов

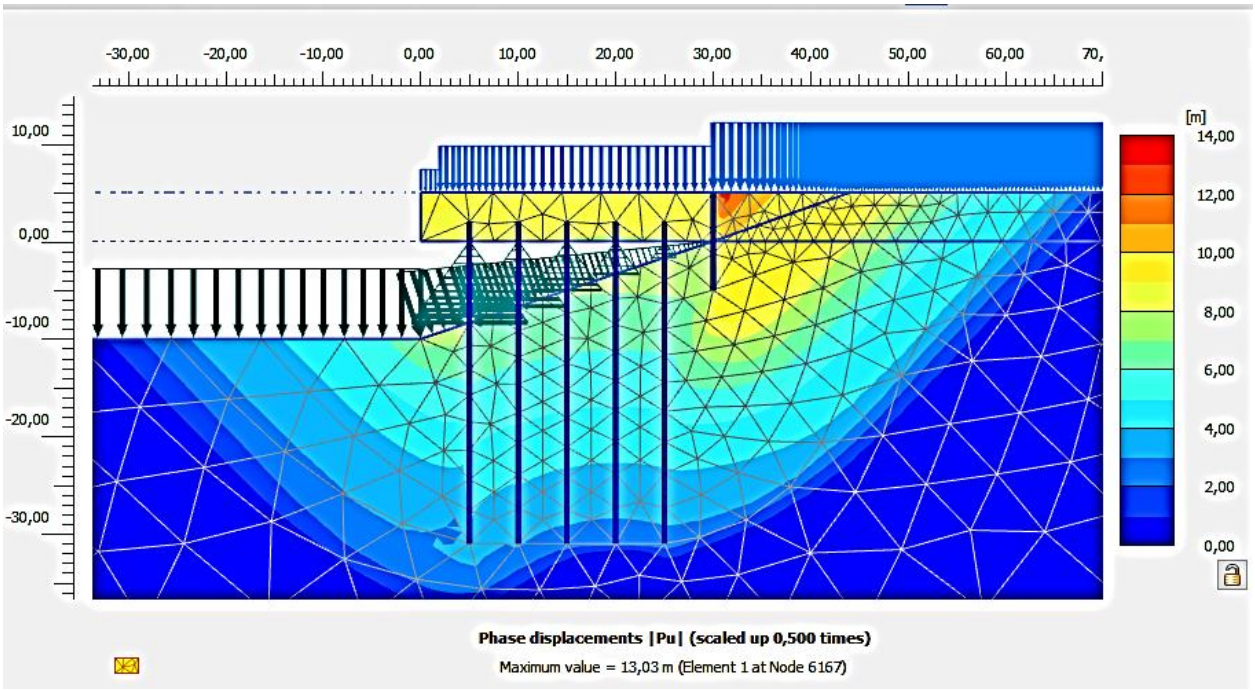


Рис. 3. Вероятные поверхности обрушения, коэффициент устойчивости $M_{sf} = 1{,}17$

Вывод. В результате проведенной работы, была создана, а затем проанализирована конечно-элементная модель. Были определены вероятные поверхности обрушения и коэффициент устойчивости. По результатам расчета модели можно установить, что сооружение не обладает достаточным коэффициентом устойчивости. Повышение устойчивости возможно путем увеличения глубины погружения свай, снижения нагрузок или увеличения ширины сооружения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003 (утв. Приказом Минрегиона России от 29.12.2011 N 623) (ред. от 20.10.2016).
2. Шарапов Д.А., Сумцова А.С. Устойчивость каменной наброски к подвижкам льда методом КЭ. Гидротехническое строительство. 2023. № 2. С. 2–7.
3. Sharapov D.A., Gebre T.H., Ali Y.M. The effect of story drift in a multi-story building under the influence of an earthquake// Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2021. Т.17. No 3. С. 270-227. http://dx.doi.org/10.22363/1815-5235-2021-17-3-270-277.
4. PLAXIS. 2D, B.20.3.060 – Руководство пользователя.
5. СП 38.13330.2018. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)
6. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83

УДК 627.08

Н.В. Лысоконев, О.Г. Никонова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЛА ПЛОТИНЫ КАК ЛИНЕЙНОГО ОБЪЕКТА СОВРЕМЕННЫМИ ПРОГРАММНЫМИ СРЕДСТВАМИ

Цель работы – исследование применимости технологии трехмерного информационного моделирования линейных объектов современными программными средствами для моделирования тела плотины.

Плотины из различных материалов нашли широкое применение в народном хозяйстве всего мира и входят в состав сооружений различных видов строительства (гидроэнергетического и воднотранспортного, мелиоративных систем, систем водоснабжения, рыборазведения, защиты территорий от затопления и т.п.). В зависимости от назначения плотин и условий использования применяются различные конструктивные решения и материалы [1]. Проектировщики активно внедряют BIM-технологий в свою работу [2-5].

Как правило, плотины имеют значительную протяженность и характеризуются однотипными поперечными сечениями по всей длине. Таким образом, данный тип сооружений целесообразно рассматривать как линейный объект. По мнению авторов, на сегодняшний день наиболее развито цифровое проектирование другого типа линейных объектов – автомобильных дорог. В связи с развитием BIM-технологий на рынке представлено значительное количество программных комплексов для трехмерного информационного моделирования дорог, например, Топоматик Robur, Autodesk Civil 3D, Bentley OpenRoads Designer, Microplot Site3D и др. Авторы исследуют применимость технологии трехмерного информационного моделирования (ТИМ) дорог для цифрового проектирования тела плотины средствами программного продукта Autodesk Civil 3D.

При цифровом проектировании линейных объектов, в частности автомобильных дорог, проектируются трасса и отметки проектного профиля (профиля конечной поверхности), затем создаются типовые конструкции дороги (с использованием библиотеки элементов конструкций), которые образуют основную структуру ТИМ дороги – коридора. В завершении

процесса проектирования выпускается проектная документация – планы, продольные профили, профили поперечных сечений и т.д., которые создаются при работе с коридором.

Анализируя встроенную библиотеку элементов конструкции, авторы пришли к выводу, что существующего набора элементов конструкций недостаточно для создания конструкций плотин. Было принято решение дополнить библиотеку элементов конструкций новыми, предназначенными для моделирования тела плотины. Для создания элементов конструкций использовался специальный интерфейс Autodesk Subassembly Composer (ASC), предназначенный для создания и изменения сложных элементов конструкции без программирования в визуальном режиме, что значительно облегчает работу инженера-проектировщика.

Принцип проектирования элементов конструкций в интерфейсе ASC заключается в создании блок-схемы – совокупности точек, звеньев и фигур, расположенных в меню Flowchart (Блок-схема) или в Sequence (Последовательность), имеющих связи и определяющих поведение пользовательского элемента конструкции. Затем необходимо закодировать некоторые элементы ASC для их правильного отображения в программе Autodesk Civil 3D. Диаграмма кодирования элементов конструкции для опытной грунтовой плотины с ядром и обратными фильтрами представлена на рис. 1.

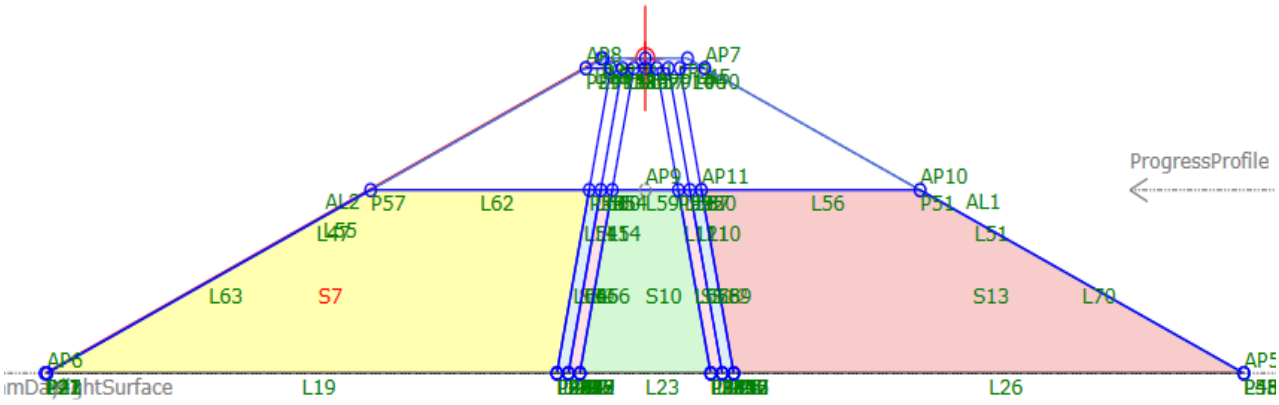


Рис. 1

Результатом работы в интерфейсе ASC являются готовые элементы конструкций, сохраненные в файлах в формате PKT, и используются для создания коридоров. Фрагмент расшифровки обозначений кодов диаграммы элементов конструкции представлен в табл. 1.

Таблица 1

Точка, Звено или Форма	Код	Описание
P1	ВерхЦентр	Верхняя центральная часть плотины
L63	ОткосЛев	Длина левого откоса плотины
…		
S10	ЯдроЗап	Материал заполнитель ядра

Созданные элементы конструкции были добавлены во встроенную библиотеку элементов конструкций программы Autodesk Civil 3D.

В процессе работы авторами были созданы опытные модель рельефа местности, трасса осевой линии плотины, проектный профиль, конструкция типового поперечного сечения плотины и ТИМ тела плотины – коридор, представленная на рис. 2.

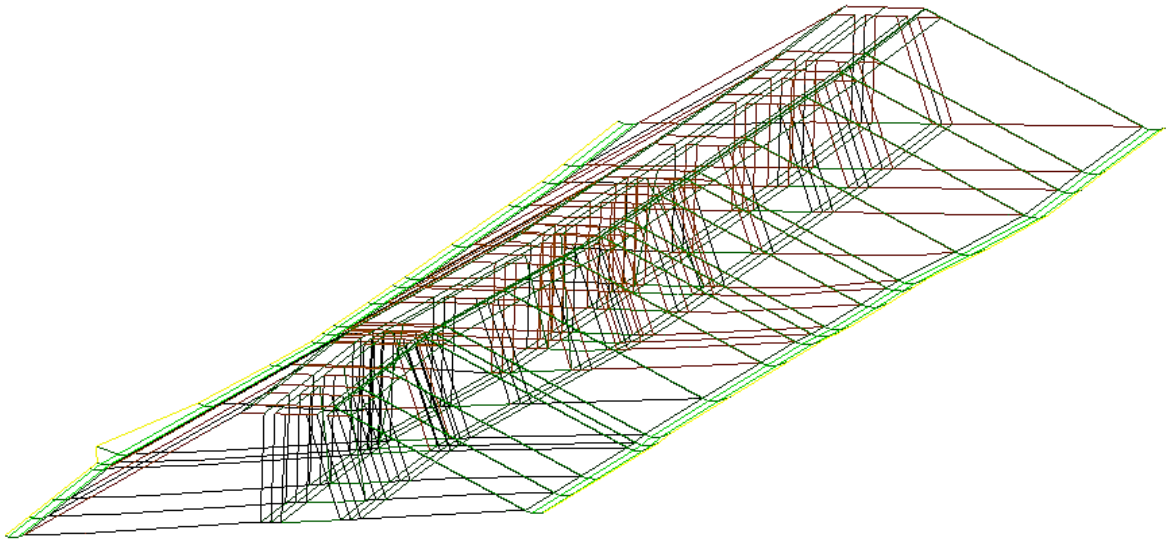


Рис. 2

Для наглядности представлено каркасное отображение коридора, где типовые поперечные сечения плотины расставлены с определенным шагом вдоль трехмерного звена и соединены продольными характерными линиями, построенными по точкам типовых поперечных сечений с одинаковым кодом.

Дальнейшая настройка коридора позволяет создать трехмерную визуализацию коридора и его отдельных элементов, рассчитать объем используемых материалов и построить поперечные сечения плотины с заданным шагом и продольные профили для выпуска проектной документации.

Выводы. В ходе работы был исследован функционал программы Autodesk Civil 3D для создания ТИМ грунтовой плотины с ядром и обратными фильтрами. Авторы пришли к выводу, что благодаря функционалу ASC можно создавать элементы конструкций для цифрового проектирования плотин. Предложенный подход к проектированию грунтовых плотин как линейных объектов позволит значительно сэкономить временные затраты, минимизировать ошибки и в режиме реального времени редактировать ТИМ, внося изменения в проект. Готовые ТИМ целесообразно импортировать в другие специализированные программы для проведения фильтрационных расчетов, оценки напряженно-деформированного состояния и расчетов устойчивости.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 39.13330.2012. Плотины из грунтовых материалов.
2. Калашник Н.А. 3D Моделирование насыпной грунтовой плотины водохранилища муниципального и горнопромышленного значения //Тенденции развития науки и образования. – 2019. – №. 50-2. – С. 24–27.
3. Бугров А.К., Зиновьева Л.Г., Киселева М.Л., Маслова Д.С. Совершенствование расчетов хвостохранилищ для обоснования их конструкций в сложных инженерно-геологических условиях и на сейсмоопасных территориях / Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2014 (274): с. 48–59.
4. Куренков А.С., Лиферова О.Л., Федоренко Е.В. Использование технологий 3D информационного моделирования при проектировании хранилищ промышленных предприятий // Интернет-журнал Геоинфо, https://www.geoinfo.ru/
5. Дидиянц А.А. Обоснование параметров гидротехнических сооружений // Молодёжь и наука: Сборник материалов VIII Всероссийской НТК, посвященной 155-летию со дня рождения К.Э. Циолковского [Электронный ресурс]. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2012. – Режим доступа: http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2012/section09.html

УДК 626.46: 626.45[2]

Н.С. Носов[1], М.А. Колосов[2]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
[2]Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ВАРИАНТ РЕКОНСТРУКЦИИ СУДОХОДНЫХ ШЛЮЗОВ №15 И № 16 ГОРОДЕЦКОГО ГИДРОУЗЛА

Решением Правительства РФ от 8 июля 2021 года предусмотрена реконструкция судоходных шлюзов №15 и №16 Городецкого гидроузла и создание канала от города Городец до города Нижний Новгород.

Проблема данного гидроузла состояла в малых уровнях воды, что отрицательно сказывалось на шлюзование судов с большой осадкой. Первый утвержденный вариант реконструкции был предложен АО «Ленгипроречтранс», который содержал в себе строительство дополнительной камеры к шлюзу № 15 (шлюз 15а) [1]. В результате анализа было установлено, что данный вариант имеет множество недочетов, один из которых, – остановка судоходства на 6–8 лет. Помимо этого, он потребует демонтаж двухрядной причальной стенки, флютбета, направляющих пал и подрезает конструкцию существующей камеры шлюза №15. Основной целью данной статьи является рассмотрение альтернативного варианта реконструкции гидроузла, а именно, создание компенсационного бассейна в нижнем подходном канале, предусмотренного в момент пропуска судов поднимать уровень воды на нижней голове шлюзов №15 и №16 [2–4]. Компоновка разработанная таким образом, предполагает бесперебойное прохождение судов через гидроузел, уменьшает время и затраты на проведение строительно-монтажных работ.

Компенсационный бассейн (рис. 1) включает причальную стенку (существующую), причальную стенку (разделительную), полноповоротные сегментные затворы, береговой откос т.е. грунтовую дамбу, перекрывающую низовой подходной канал к шлюзу на расстоянии 400–500 м. В дамбе установлены судоводопропускные отверстия. Судопропускные сооружения для шлюзования судов на малых реках [5, 6] широко использованы и имели практическое применение на аналогичных гидроузлах.

Рассматриваются два варианта судоходных плотин:

- при малом числе судопропусков и устойчивых уровнях в дамбе устанавливается одно судопропускное отверстие, перекрываемое секторными воротами (рис. 2);
- при интенсивном движении судов в дамбе устанавливаются два судопропускных отверстия, отверстия перекрываются сегментными полноповоротными затворами или затворами клапанного типа.

Разделительная стенка строиться только в случае разделение судов на две группы, в зависимости от размеров и грузоподъемности, при этом глубина в компенсационном бассейне одинаковая.

В нормальных условиях, т.е. когда уровень в нижнем бьефе обеспечивает провождение судов через нижний порог шлюзов №15 и №16, в бассейне поддерживается уровень нижнего бьефа, а затворы находятся в подводном положении, т.е. обеспечивают беспрерывный пропуск судов.

При пониженных уровнях в нижнем бьефе и при пропуске большегрузных судов, уровень воды в бассейне поднят и обеспечивает глубину 4 м на пороге шлюзов №15 и №16. Суда выходят в бассейн, швартуются у причалов и ожидают открытия ворот в дамбе. Открытие ворот происходит после выпуска воды из бассейна в нижний бьеф. После выравнивания уровней вода в бассейне с уровнем в бьефе, затворы погружаются в донную нишу, а суда выходят в нижний бьеф.

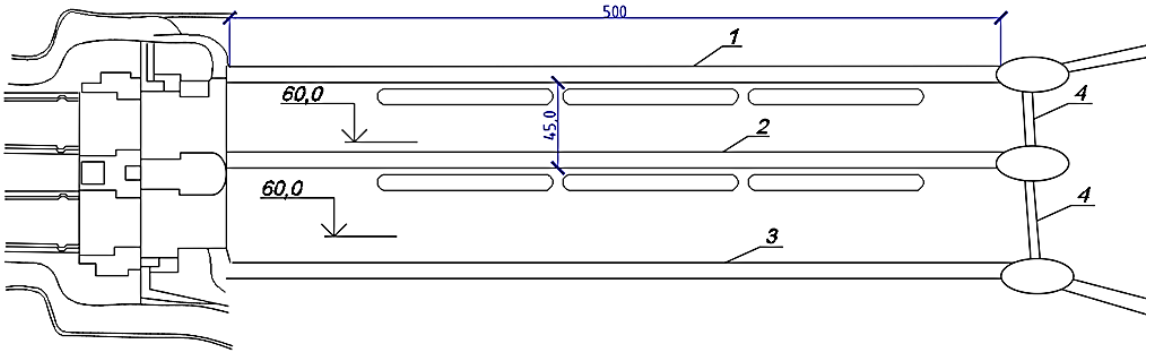


Рис. 1. План компенсационного бассейна в нижнем подходном канале:
1 – существующая причальная стенка; 2 – разделительная причальная стенка;
3 – береговой откос дамбы; 4 – полноповоротные сегментные затворы

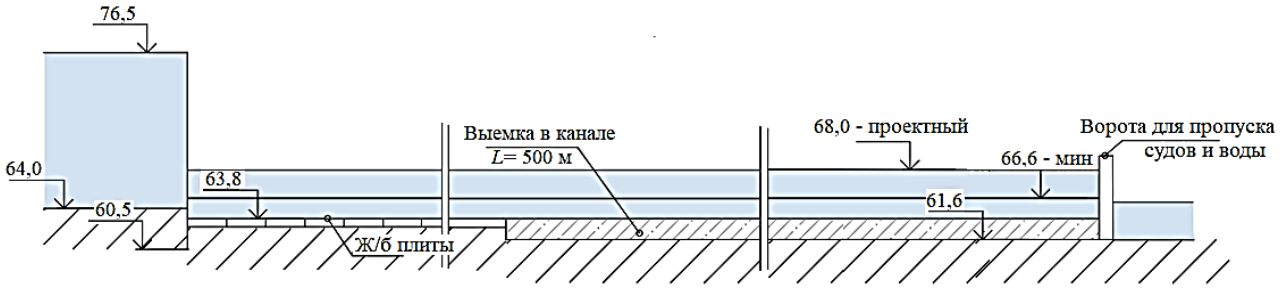


Рис. 2. Продольный разрез по компенсационному бассейну

Для сокращения затрат и времени швартовки рассматривается вопрос безопасности судов в компенсационном бассейне при пропуске их без швартовки к причалам.

Вывод. Приведенный в статье альтернативный вариант реконструкции Городецкого гидроузла, посредством устройства компенсационного бассейна не потребует вывода из эксплуатации действующих шлюзов, исключает проблемы, связанные с длительной продолжающеюся консолидацией мелкофракционных водонасыщенных грунтов основания при сопряжении новой камеры с действующей, базируется на надежных технических решениях и соответствует высокому уровню безопасности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Реконструкция судоходных шлюзов №15016 Городецкого гидроузла, включая строительство дополнительной камеры шлюза и создание судоходного канала от г. Городец до г. Нижний Новгород. Техническое обоснование. ООО «Технологии гидротехнического проектирование», 2022. 11 с.
2. Реконструкция судоходных шлюзов №15, №16 Городецкого гидроузла, включая строительство дополнительной камеры шлюза и создание судоходного канала от г. Городец до г. Нижний Новгород. АО «Ленгипроречтранс», СПб., 87 с.
3. Судоходных канал гидротехнического гидроузла. Патент № 2769468, авторы: Гарибин П.А., Гладков Г.Л., Моргунов К.П., Колосов М.А. Заявитель ГУМРФ им. Адм. С.О. Макарова, опубл. 10.01.2022.
4. Моргунов К.П., Колосов М.А., Егоров С.В., Вишерская Д.Л. Реконструкция судоходных сооружений Городецкого гидроузла и альтернативные решения. Речной транспорт. №1, 2022, с. 27–30.
5. Семанов Н.А. Шлюзы для малых рек. Л.-М.: Речиздат, 1948.
6. Калинович Б.Ю. Шлюзование водных путей. Изд. 2 переработ. Л.-М.: Речиздат, 1948.

УДК 626.45

Д.В. Богатырёв
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ СУДОХОДНОЙ ПРОРЕЗИ В НИЖНЕМ БЬЕФЕ ГОРОДЕТСКОГО ГИДРОУЗЛА

Настоящий статья посвящена анализу оценки устойчивости судоходного канала длиной 45,0 км с гарантированной глубиной 4,0 м, создание которого рассматривается как один из вариантов решения проблемы судоходства в нижнем бьефе Городецкого гидроузла.

Детально эта оценка выполнена в рамках III этапа НИР ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева «Проведение научных исследований для альтернативных вариантов обеспечения судоходства» [1] (далее Отчёт). Представленная в данном Отчёте оценка устойчивости судового канала основана на использовании полной многослойной 3D модели гидродинамики открытого потока с уточнением профиля давления по вертикали, трёхмерной модели турбулентности и модели транспорта влекомых и взвешенных наносов. С помощью этих моделей были проведены расчеты гидравлических характеристик речного потока и режима русловых деформаций по методикам описанным в [2–4] для варианта строительства третьей нитки нижней ступени Городецких шлюзов с пониженным заложением порога, проведением дноуглубительных работ в нижнем бьефе и размещением изъятого грунта в русловой части;

У существующей проблемы судоходства на участке р. Волги от шлюзов Городецкого гидроузла до Нижнего Новгорода в настоящее время можно выделить два критических аспекта: отсутствие в течение навигационного периода требуемых глубин в 4,00 м на пороге шлюзов Городецкого гидроузла и на протяжении рассматриваемого участка. В соответствии с действующими правилами диспетчерского регулирования в навигационный период на данном участке среднесуточные сбросные расходы воды обеспечиваются в диапазоне значений 800÷1100 м³/с (в зависимости от сбросов Рыбинского гидроузла). Анализ карт глубин рассматриваемого участка при сбросных расходах воды 800 м³/с и 1100 м³/с свидетельствует о том, что глубины в 4,00 м при расходах 800 м³/с не обеспечиваются на 25% протяжённости участка, а на порогах Городецких шлюзов наблюдаются только при сбросном расходе воды Нижегородского гидроузла около 1900 м³/с, который, с учётом существующего режима работы НижГЭС, в навигационный период сбрасывается не более трёх часов в сутки.

В ходе модельных исследований Авторы Отчёта осуществили определение достаточной отметки порога третьей нитки нижней ступени Городецких шлюзов и объёма необходимых дноуглубительных работ, как для существующих навигационных попусков НижГЭС, так и для различных вариантов повышения сбросных расходов воды (были рассмотрены сбросные расходы воды 800 м³/с, 1100 м³/с и 1400 м³/с (рис. 1)), а также выполнили оценку заносимости судоходной прорези и разработку прогноза русловых деформаций с определением мест отложения наносов.

Судоходные прорези были приняты 10-ступенчатыми и проложены по единой оси, проведённой по наиболее глубоким участкам р. Волги, с целью минимизации объёмов выемки грунта. Такие параметры, как ширина по дну, заложение откосов и радиус закругления (между ступенями) для всех судоходных прорезей приняты одинаковыми: 100 м, 1:3 и 1000 м, соответственно. Отметки заложения судоходных прорезей, выбранные с учётом ожидающейся посадки уровня и заносимости судоходных прорезей и различаются:

- 61,25–59,00 мБС при условии навигационного попуска НижГЭС 800 м³/с;
- 61,75–59,50 мБС при условии навигационного попуска НижГЭС 1100 м³/с;
- 62,25–59,85 мБС при условии навигационного попуска НижГЭС 1400 м³/с.

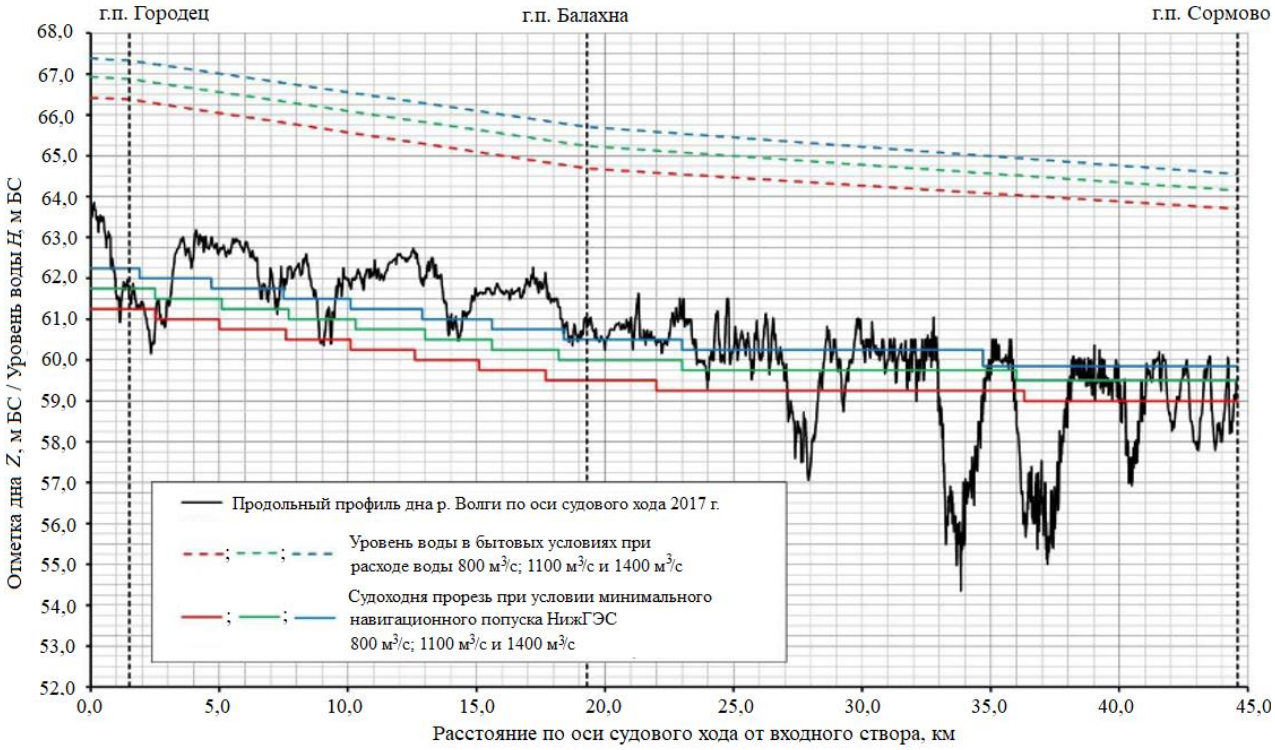


Рис. 1. Варианты прокладки судоходной прорези
при условии различных навигационных попусков НижГЭС

По выполненной в рассматриваемом Отчёте оценке для прокладки судоходной прорези с такими параметрами необходимо провести выемку грунта следующих объёмов 5,12; 3,14; 1,69 млн м³. По мнению авторов, этот объём выемки невелик даже для расходов воды в 800 м³/с и не потребует чрезмерно больших капиталовложений.

Гидродинамические расчёты для оценки посадки уровня воды вследствие проведения дноуглубительных работ в объёмах, определённых выше, были проведены по двум сценариям:

– грунт безвозвратно изымается;
– грунт отсыпается в русло р. Волги.

Отсыпка изымаемого при прокладке судоходной прорези грунта производилась следующим образом. Грунт отсыпался по бокам от судоходной прорези на расстоянии 50 м от неё в виде продолговатых насыпей с пологими откосами заложением 1:5 и с такими отметками гребня, чтобы насыпи не оголялись при уровне воды, который наблюдается при сбросах воды НижГЭС в размере 500 м³/с минус 0,50 м (запас) в соответствии с рекомендациями [5].

Анализ результатов, полученных в Отчёте, позволяет сделать следующие *выводы*:

1. При любых вариантах проведения дноуглубительных работ наибольшая посадка уровня воды наблюдается у г. Городца и практически отсутствует в районе г. Нижний Новгород. При прокладке судоходной прорези для условий минимального навигационного попуска НижГЭС 800 м³/с при безвозвратном изъятии грунта посадка уровня воды около г. Городца составит 0,30 м, в то время как при прокладке судоходной прорези для условий минимального навигационного попуска НижГЭС 1400 м³/с она будет в три раза меньше – 0,09 м.
2. Переходя к сценарию с отсыпкой изымаемого грунта в русло р. Волги, можно заключить, что в этом случае, по сравнению с безвозвратным изъятием грунта, посадка уровня воды будет в два раза меньше. Тем не менее, около г. Городца посадка уровня воды всё же будет наблюдаться, даже несмотря на то, что весь изымаемый грунт отсыпается в русло р. Волги.

3. Проведённые расчёты свидетельствуют о том, что при прокладке судоходной прорези для сбросных расходов воды 1400 м³/с наблюдается наименьшая посадка уровня воды у г. Городца (0,09 м для безвозвратного изъятия и 0,05 м для случая отсыпки изымаемого грунта в русло р. Волги) как следствие наименьшего объёма изымаемого грунта (1,69 млн м³) согласно [2, 6]. Однако, рассмотрение в качестве основного варианта – назначение навигационного попуска НижГЭС в размере 1400 м³/с не представляется возможным ввиду необходимости изменения режима регулирования всего Волжского каскада. В связи с этим в качестве основного варианта для дальнейших исследований рекомендуется принять вариант прокладки судоходной прорези для условий навигационного попуска НижГЭС 800 м³/с, т.е. для современных условий.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Влияние строительства Нижегородского низконапорного гидроузла на работу Ново-Сормовской водопроводной станции АО «Нижегородский водоканал», включая анализ материалов проекта «Строительство Нижегородского низконапорного гидроузла» и проведение исследований по рассмотрению возможности реализации альтернативного варианта обеспечения судоходных условий на участке р. Волги от шлюзов Городецкого гидроузла до Нижнего Новгорода и выполнение работ по графическому описанию местоположения границ зон санитарной охраны (ЗСО) поверхностных источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения объектов, эксплуатируемых АО «Нижегородский водоканал», определению координат характерных точек границ вышеуказанных зон. − Отчет о НИР АО «ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева», этап III, СПб, 2019.
2. Клавен А.Б., Копалиани З.Д. Экспериментальные исследования и гидравлическое моделирование речных потоков и руслового процесса. − СПб.: Нестор-История, 2011.
3. Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Том 1. Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. – М., Изд-во: ЛКИ, 2008. − 608 с.
4. Гришанин К.В. Гидравлическое сопротивление естественных русел. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. – 185 с.
5. Алексеевский Н.И. Формирование и движение речных наносов. – М., Изд-во: МГУ, 1998 – 203 с.
6. Кондратьев Н.Е., Попов И.В., Снищенко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. − Л. Гидрометеоиздат,1982. − 264 с.

УДК 627.25

Д.В. Богатырёв, Н.Д. Беляев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ МОРСКИХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ К ВОЛНОВОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

Статья посвящена изучению научной и технической документации, её анализу и выделению наиболее эффективных способов и мероприятий, способствующих повышению устойчивости к волновому воздействию морских гидротехнических сооружений.

Выход на более высокий уровень экономической деятельности России непосредственно связан со строительством новых морских портов и реконструкцией существующих портовых сооружений в различных районах России, а также в обустройстве морских шельфовых месторождений. Современные конструкции морских гидротехнических сооружений должны обеспечивать круглогодичное и безопасное обслуживание транспорта и морских промыслов.

Безаварийность и долговечность гидротехнических сооружений при эксплуатации в различных климатических условиях России, в большинстве своём, могут быть обеспечены конструктивными особенностями волнозащитных сооружений. Нагрузки от волн на морские гидротехнические сооружения являются основополагающими факторами при выборе их конструктивных типов с учетом природно-климатических условий конкретного района строительства. Выбор подходящего волнозащитного сооружения позволит оптимизировать

стоимости проектируемых сооружений и обеспечить их экологическую безопасность как в период строительства, так и эксплуатации.

В настоящее время вопросы, связанные с проектированием морских ГТС, регламентированы следующими нормативными документами: ВСП 33-03-07 МО РФ. Инструкция по проектированию откосных и сквозных оградительных сооружений, и специальных подводных стендов; РД 31.31.55-93 «Инструкция по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений»; СП 23.13330.2011 «Основания гидротехнических сооружений»; СП 277.1325800.2016 «Сооружения морские берегозащитные правила проектирования»; СП 287.1325800.2016 «Сооружения морские причальные. Правила проектирования и строительства»; СП 38.13330.2018 «Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые, от судов)»; СП 58.13330.2019 «Гидротехнические сооружения морские. Основные положения проектирования».

В соответствии с этими документами и данными научных исследований [1–10] можно выделить следующее.

Оградительные сооружения

В морском гидротехническом строительстве каменные наброски используются при возведении как оградительных, так и берегоукрепительных сооружений в тех местах, где имеются достаточные запасы камня. Как показывает практический опыт, оградительные сооружения такой конструкции эффективно поглощают энергию ветровых волн, не допуская их отражения. По этой причине перед ними не могут образовываться стоячие волны, которые возникают перед вертикальными преградами в виде сплошных стенок. При проектировании оградительных сооружений данной конструкции откосы с морской стороны предусматривают более пологими, чем со стороны защищаемой акватории. На внешних откосах, в зоне переменного уровня воды, целесообразно устройство берм, увеличивающих их устойчивость, в том числе и при сейсмических воздействиях. Внешние откосы обычно укрепляются сортированным камнем или искусственными фигурными блоками. Основной объем таких сооружений формируется из несортированного камня.

Нередко в инженерной практике оградительные сооружения вертикального профиля с внешней стороны укрепляют набросками из искусственных фигурных блоков. Такой технический прием позволяет существенным образом снизить волновую нагрузку на вертикальную стенку и, тем самым продлить срок службы основного сооружения.

Берегоукрепительные сооружения

Защита побережий от разрушительного воздействия ветровых волн является многовековой проблемой в различных странах. Современная наука разделяет защиту морских побережий на два основных типа. К первому из них относится активная защита, которая заключается в том, что на участках берегов достаточно большой протяженности, испытывающих дефицит наносов, возводится система бун. Иногда в дополнение к бунам устраиваются и волноломы, в том числе и подводные, препятствующие выносу песка из межбунного пространства. Основным преимуществом активного метода защиты побережий является сохранность пляжей, что имеет важное значение для южных морей в курортных зонах. Метод пассивной защиты предполагает строительство сооружений на защищаемых участках берегов непосредственно в зоне уреза воды.

В инженерной практике часто для защиты берегов используют бетонные блоки (рис. 1), которые прошли апробацию при защите внешних откосов оградительных сооружений.

Рис. 1. Конструктивные формы бетонных фасонных блоков и массивов:
а – тетрапод; *б* – гексалег; *в* – гексабит; *ж* – обыкновенный бетонный массив

В настоящее время в России в основном используются тетраподы и гексабиты. По способу укладки, покрытия из фасонных массивов делятся на три типа: покрытия, уложенные слоями по определенной схеме на горизонтальном или слабонаклонном естественном основании; покрытия, состоящие из каменного ядра и защитного верхнего слоя из фасонных массивов, уложенных по откосу и гребню сооружения; набросные покрытия из фасонных массивов без определенной схемы.

Достоинством волногасящих покрытий из фасонных блоков является: существенный эффект гашения волн за счет проницаемости и шероховатости поверхности; относительная легкость ремонта; возможность ликвидации усадок путем укладки дополнительных элементов; возможность изготовления блоков в заводских условиях с обеспечением требуемой их прочности, веса и других характеристик, регламентированных нормативными документами; небольшой материалоемкостью, при обеспечении хорошей устойчивости.

Применение конструкции волногасящих покрытий из фасонных массивов на откосных сооружениях допускается при любых грунтах естественного основания: на скальном основании или на каменной постели рекомендуется укладка блоков по определенным схемам; на размываемых грунтах допускается произвольная укладка без каменных постелей с последующим пополнением массивов по мере осадки сооружения.

Проницаемые закрепленные сооружения откосного профиля

Другой тип проницаемых защитных сооружений представляют откосные сооружения с закрепленным защитным слоем. К таким сооружениям относятся, прежде всего, откосы, защищенные проницаемыми плитами или блоками. Для таких откосов, в верхнем защитном слое происходит только проникновение воды в подстилающие грунты без её движения.

В последние годы за рубежом широкое распространение получают конструкции откосных гидротехнических сооружений с закрепленным проницаемым покрытием из синтетических материалов. Этот вариант представляет конструкцию закрепленного откосного покрытия, при которой в верхнем защитном слое имеет место движение воды. Основная идея данной технологии заключается в создании на поверхности грунта конструкции проницаемого покрытия из гравия или щебня, склеенного между собой специальным клеем – двухкомпонентной полиуретановой связкой. Клей не заполняет полностью всю поверхность щебня, а покрывая каждый камень тонкой пленкой полиуретана, склеивает отдельные камни только в местах их соприкосновения друг с другом, что способствует высокой проницаемости данного покрытия. При отвердении эта пленка скрепляет камни воедино только в контактных точках, сохраняя проницаемость и открытость структуры защитного покрытия.

Физически процесс взаимодействия волн с покрытием можно описать следующим образом: при контакте волновой поверхности с покрытием, её энергия расходуется не на разрушающее воздействие непроницаемого покрытия (бетона и т.д.), а на проникновение в поры между отдельными камнями и на растягивание клеевых мостиков.

Проведенный в ходе настоящей работы анализ позволяет сделать следующие *выводы*:

1. Сооружения откосного профиля с проницаемым покрытием достаточно широко используются в практике гидротехнического строительства. Они применяются в портовых оградительных и причальных сооружениях, берегозащитных сооружениях, островных шельфовых сооружениях, плотинах, дамбах и защите береговых откосов.

2. Обзор конструктивных типов, рассмотренных гидротехнических сооружений откосного профиля с проницаемым покрытием, с учетом опыта проектирования, строительства и эксплуатации показывает целый ряд их преимуществ по сравнению с другими конструкциями: они могут возводиться на относительно слабых грунтах; в процессе их возведения происходит стабилизация осадок грунтового основания; такие сооружения успешно противостоят силовому воздействию ветровых волн; при их возведении применяются простейшие методы строительства на море, позволяющие существенным образом сокращать сроки ввода сооружений в эксплуатацию; опыт эксплуатации таких сооружений показывает их высокую надежность.

3. В отечественном нормативном документе ГОСТ 20458-2016 «Тетраподы для берегозащитных и оградительных сооружений» указан максимальный вес блока – 25 т. При подборе крупности защитных элементов в соответствии с отечественными стандартами невозможно противостоять внешним воздействиям уровня цунами 1952 г., когда волна цунами практически полностью смыла город Северо-Курильск на острове Парамушир, и поэтому велика вероятность разрушения гидротехнических сооружений. Необходимо откорректировать Российские нормативные документы с увеличением размеров и массы защитных элементов [5].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Беляев Н.Д., Вилькевич В.В. Экспертиза технического состояния морских гидротехнических сооружений. Гидротехническое строительство. 2007. № 5. С. 37–45.
2. Беляев Н.Д., Михаленко Е.Б., Олехнович Я.А., Ялышев А.И. Анализ дефектов причальных и берегоукрепительных сооружений по результатам обследований 2013 г. XLII Неделя науки СПбГПУ. Материалы НПК. НОЦ ВИЭ. СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2014. С. 85–88.
3. Исследование работы конструкций защитных волноломов морского порта Геленджик в гидроволновом лотке. НИР. – Москва, ФГБОУ ВПО «МГСУ», 2015.
4. Колгушкин А.В., Беляев Н.Д. Инженерные мероприятия по увеличению долговечности сквозных гидротехнических сооружений. Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2007. № 1 (49). С. 185–193.
5. Курышева А.В., Маколин И.А., Семенов Д.С., Беляев Н.Д. Увеличение размеров тетраподов для использования в оградительных сооружениях. Неделя науки 2017: материалы научного форума с международным участием. ИСИ. Кафедра ВиГС, 2017. СПб.: Изд-во Политех. ун-та, С. 35–37.
6. Макаров К.Н. Основы проектирования берегозащитных мероприятий. – М. ПНИИИС Госстроя РФ, 1999.
7. Макаров К.Н., Чеботарев А.Г. Волнозащитные наброски в корневых частях портовых молов; Инженерно-строительный журнал, No.3, 2015.
8. 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 НТК. СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2006. С. 3–4.
9. Мищенко С.М. Гидравлика сооружений с улучшенными волногасящими свойствами // Известия ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева, т. 20. С.П., 1997;
10. Научно-техническое сопровождение проектирования гидротехнических сооружений плавучей атомной теплоэлектростанции на базе плавучего энергоблока в г. Певек Чукотского АО. НИР. – Москва, ФГБОУ ВПО «МГСУ», 2012.

СЕКЦИЯ «ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО»

УДК 712

С.С. Бовдуй, И.В. Ямшанов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КОНЦЕПЦИЯ МЕМОРИАЛЬНОГО ПАРКА НА ТЕРИТОРРИИ БЫВШЕГО СИЗО №1 «КРЕСТЫ»

Актуальность. Комплекс бывшего СИЗО №1 «Кресты» является выявленным объектом культурного наследия и занимает значимое положение в историческом центре города с развитой инфраструктурой. В связи с этим ревитализация данной территории необходима для реализации новых функций, востребованных и интересных городу и бизнесу, но при этом с сохранением памяти и истории произошедших событий.

Целью работы является предложение концепции развития мемориального паркового комплекса на территории бывшего СИЗО №1 «Кресты».

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1) выполнить ретроспективный анализ территории;

2) провести обследование и составить план текущего состояния комплекса;

3) разработать концептуальные предложения на основе анализа полученной информации.

В 1884 г. под руководством архитектора А.О. Томишко началось строительство тюремного комплекса «Кресты» (рис. 1) на месте Центральной пересыльной тюрьмы для временного содержания заключенных. Основная задумка архитектора заключалась в неотделимости духовного и физического покаяния и искупления. Он воплотил ее в крестообразном комплексе, напоминавшем заключенным своей формой и одиночными камерами в виде монастырских келий о Боге (рис. 2). С 1964 года тюрьма «Кресты» стала следственным изолятором №1. К декабрю 2017 года тюремный комплекс был полностью перенесен в новое здание в Колпино.

Рис. 1 [1]

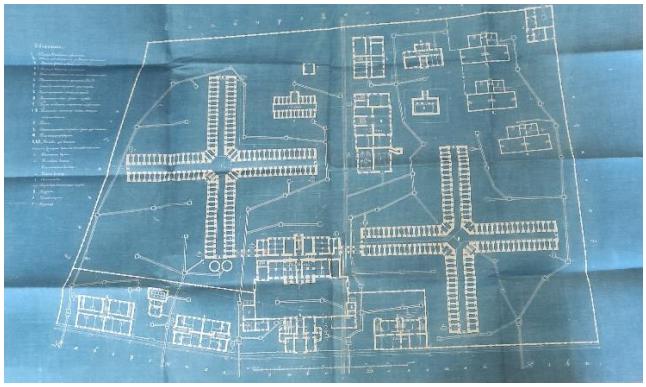


Рис. 2 [2]

На рис. 3 представлен ситуационный план, составленный на основе исторических планов [2] и спутниковых карт [3]. В настоящее время на территории комплекса существует лишь одна зеленая зона и небольшие группы деревьев, расположенные хаотично. После трагических событий, несущих за собой гибель людей, к которым можно отнести события, происходившие в течение всей истории комплекса СИЗО «Кресты», в мировой практике часто создаются мемориальные парки. Они фигурально символизируют представление о потерянных человеческих жизнях, но при этом подчеркивают естественную смену сезонов и непрерывность

хода времени своим ростом, изменением цвета кроны и листопадом [4]. Подобные места воплощают как прошлое событие, так и последующее восстановление общества. Физическое тело человека поглощено прошлым, подземным, в то время как наземный маркер в виде дерева символически удерживает место в будущем, чтобы погибшие не были забыты.

На рис. 4 представлена концепция мемориального парка «Кресты» на территории комплекса. Для поддержания первоначальной концепции арх. А.О. Томишко были спроектированы многочисленные крестообразные пересечения пешеходных дорожек, подчеркнутые красными и белыми цветочными композициями, а также созданы специальные зоны для различных выставочных экспозиций. Будет восстановлено, где это возможно, первоначальное функциональное зонирование, но преобразованное в соответствии с современными мотивами о свободе и здоровом отдыхе.

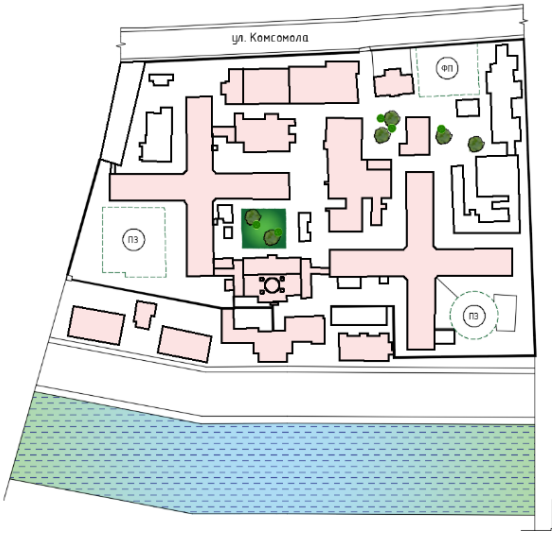


Рис. 3

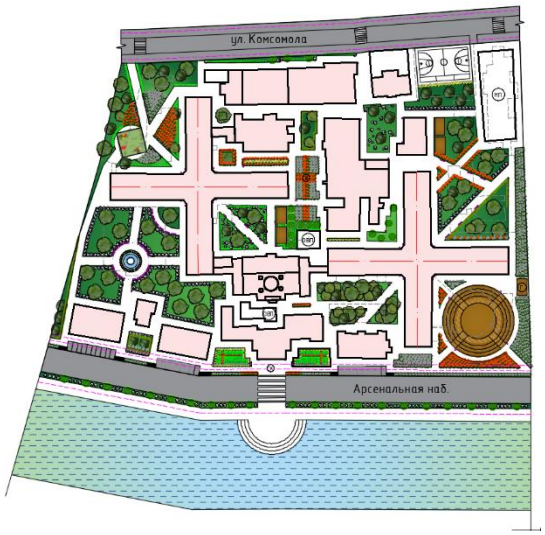


Рис. 4

По периметру территории предлагается снос двойного тюремного кирпичного забора и замена его на несколько переосмысленное ограждение А.О. Томишко в парке Александрия около караулки у ворот ограды (рис. 5).

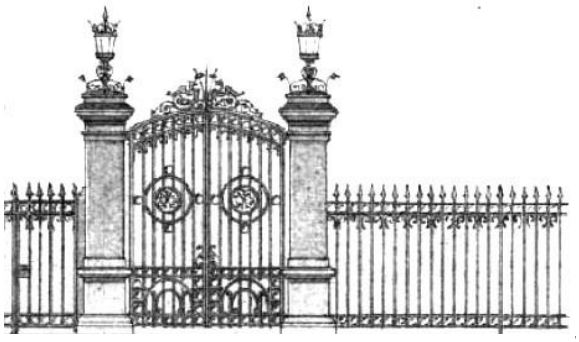


Рис. 5 [5]

Реконструкция пространств, где произошли события, унесшие жизни людей, часто сталкивается с конфликтом двух категорий людей: пережившие данное событие люди и их родственники против коммерчески заинтересованных и политических сторон [6]. Первая категория борется за увековечивание и сохранение подобных мест неизменными во времени, чтобы навсегда оставить память о событии. Вторая группа добивается полного стирания памяти о трагедии, посредством реконструкции и экономического развития, а открытое обозначение трагедии считается не привлекательным решением для приносящего прибыль пространства.

Но в данном контексте создание мемориального парка «Кресты» может помочь всем группам, так как эстетическая привлекательность деревьев и их положительное влияние на человека помогает постепенному развитию участка в сторону экономического возрождения и при этом не подвергает забвению трагические события.

В таком плотно населенном городе как Санкт-Петербург, территория, находящаяся в привлекательном районе с видом на Неву и в шаговой доступности от станции метро Площадь Ленина, существуют такие факторы окружающей среды как скопления людей, шум и пыль, которые могут вызывать у людей повышение уровня стресса. В таких случаях визуальный доступ к природным объектам оказывает положительное влияние на человека [7].

Помимо создания благотворно влияющей окружающей среды планируется изменения функций самого комплекса зданий. На месте бывших мастерских для заключенных будут сделаны творческие мастерские и студии. Планируется восстановить работу здания музея тюрьмы, экспозиция которого переехала в «Кресты 2», также на месте примыкающих к зданию вольеров для служебных собак можно возвести кото-кафе-приют для местных котов. Здание, находящееся на СВ, не является ОКН, следовательно, его можно снести и на его месте возвести многоярусный паркинг. Находящиеся в центре объекта исследования здания, а именно баня, столовая, магазин, котельная и ледник возможно преобразовать в СПА-центр, фудкорт, тайм кафе, бары и арт пространства. В южной части территории можно расположить главный вход с главной улично-выставочной композицией и зданием для администрации и персонала. На ЮВ можно устроить здание досугового центра, а на месте бывшей круглой прогулочной зоны для заключенных расположить амфитеатр.

Первый главный корпус будет посвящен образовательно-выставочной тематике с лекториями, музеями и конференц-залами, второй же корпус планируется преобразовать в торговый центр на первых двух этажах и в офисные помещения на остальных.

На основе выполненного обследования предлагается выполнить следующее:

1) провести мероприятия по рекультивации земельного участка от культурного слоя;

2) выполнить отсыпку/установку сети дорожек и мощения;

3) установить ограждения по периметру территории «Кресты» для её защиты в ночное время суток от вандализма и организации пешеходного движения;

4) сохранить и по возможности перенести существующие зеленые насаждения на предусмотренные предложенной концепцией площадки, а также создать газоны и клумбы;

5) установить необходимые МАФ, ввиду их полного отсутствия на территории (освещение и дополнительную садовую мебель, а также фонтан и скульптурные композиции).

Вывод. В результате работы было выполнено обследование территории комплекса «Кресты», составлен ситуационный план и предложена концепция мемориального парка. Полученное предложение по благоустройству территории направлено на оптимальное развитие объекта с учётом современных условий и обстоятельств.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Retro View of Mankind’s Habitat [Электронный ресурс] // URL: https://pastvu.com/p/232148 (Дата обращения: 28.02.2023).

2. Чертеж общего расположения тюрьмы на Выборгской стороне архитектуры Томишко N442: [Электронный ресурс] // URL: https://spbarchives.ru/infres/-/archive/cgia/1357/10/403 (Дата обращения: 23.02.2023).

3. Cadmapper [Электронный ресурс] // URL: https://cadmapper.com/pro/home (Дата обращения: 25.02.2023).

4. Charlotte Heath-Kelly. Survivor Trees and memorial groves: Vegetal commemoration of victims of terrorism in Europe and the United States, Political Geography, Volume 64. 2018. P. 63–72.

5. Караулка у ворот ограды [Электронный ресурс] // URL: https://www.citywalls.ru/house18917.html (Дата обращения: 22.02.2023).

6. Purdeková, A. Memory as vulnerability: Reinhabiting sites of violence and the politics of triumphalist amnesia in Kenya’s war on terror. Security Dialogue, 53(5). 2022. P. 385–401.

7. Shan Jiang. Therapeutic landscapes and healing gardens: A review of Chinese literature in relation to the studies in western countries. Front. Archit. Res., 3(2). 2014. P. 141–153.

УДК 712.254

М.О. Раишев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ ДОСТУПНОСТИ РЕКРЕАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ ФРУНЗЕНСКОГО РАЙОНА Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Сложно переоценить роль зеленых насаждений в структуре современного города и уж тем более невозможно это сделать при рассмотрении многомиллионных мегаполисов, во многих из которых присутствуют проблемы, связанные с озеленением, начиная от дефицита зеленых насаждений и заканчивая их неравномерным расположением по территории города. При этом проблема дефицита озеленения всегда в разделе актуальных, её исследуют и предпринимаются попытки решить, в свою же очередь неоднородность расположения объектов рекреации заметна менее явно и не получает должного внимания. В связи с этим цель данного исследования – оценить степень доступности объектов озеленения для жителей Фрунзенского района г. Санкт-Петербурга.

Озелененные территории – часть территории природного комплекса, на которой располагаются природные и искусственно созданные садово-парковые комплексы и объекты – парк, сад, сквер, бульвар; территории жилых, общественно-деловых и других территориальных зон, не менее 70% поверхности которых занято зелеными насаждениями и другим растительным покровом [1].

Согласно классификации [1], существуют три вида озелененных территорий: общего пользования, ограниченного пользования и специального назначения.

Из трех представленных видов только озелененные территории общего пользования являются общедоступными для неограниченного круга лиц, поэтому при проведении анализа доступности для населения объектов озеленения справедливо учитывать лишь объекты ЗНОП (зеленые насаждения общего пользования).

Рис. 1. Зеленые насаждения во Фрунзенском районе

Город с позиции использования территории, как правило, имеет неоднородную структуру, регулируемую территориальным планированием, градостроительным зонированием, правилами землепользования и застройки [2], где, в том числе, регламентируются вопросы озеленения и благоустройства, обеспечивающие качественную городскую среду. Стоит заметить отсутствие в вышеперечисленных нормативных актах информации, закрепляющей нормы доступности для населения объектов рекреационного значения, в частности объектов ЗНОП. Последствия чего продемонстрированы на рис. 1 [4], на котором показаны объекты озеленения в пределах рассматриваемого района и заметны серые участки с отсутствием объектов рекреации, что, безусловно, негативно сказывается на уровне комфорта живущих в этих частях города жителей.

Согласно СП 42.13330.2016. «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» [3] «время доступности городских и районных парков на общественном транспорте (без учета времени ожидания транспорта) должно быть, мин, не более: 30 – для городских и 20 – для районных парков», при этом не указываются данные для других видов объектов рекреации: садов, бульваров и скверов, имеющих не меньшее значение в системе озеленения города.

Первоочередная задача решения данной проблемы заключается в необходимости добавить в систему параметров нормирования озеленения доступность территорий зеленых насаждений, что позволит более справедливо оценивать обеспеченность озеленением жителей и укажет территории города, требующие дальнейшего благоустройства. Кроме того, нормативы доступности должны переместиться из свода правил, имеющего рекомендательный характер, в нормативы градостроительного проектирования Санкт-Петербурга (НГП), которые устанавливаются Правительством Санкт-Петербурга и несут в себе обязательность выполнения.

Одним из способов решения сложившейся ситуации является ревитализация существующих ландшафтов бывших промышленных зон, а именно территории серого пояса Санкт-Петербурга – ряда территорий на карте города, где сконцентрированы промышленные предприятия, складские помещения, транспортные сети, появившиеся в XIX веке (рис. 2). Площадь серого пояса составляет порядка 40 тыс. га.

Рис. 2. Границы территории «серого пояса» Санкт-Петербурга

С развитием технологий объекты серого пояса перестали эффективно выполнять свои функции: промышленные предприятия, расположенные на ней, постепенно устаревают, экономически и социально территория деградирует, становится источником загрязнения окружающих жилых районов и местом с высоким криминальным риском. С точки зрения природной составляющей серый пояс Санкт-Петербурга включает преимущественно заброшенные участки со спонтанной растительностью и постепенно исчезающие участки защитного озеленения [5]. Все это говорит о потенциальных возможностях использования этих территорий для улучшения ситуации с озеленением территории Фрунзенского района.

Вывод. В работе был проведен анализ территории Фрунзенского района города Санкт-Петербурга, который выявил неоднородность расположения объектов рекреации. Были рассмотрены причины возникновения данной проблемы и приведены возможные способы ее решения, требующие заинтересованности всех субъектов, способных изменить ситуацию.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ 28329-89. Государственный стандарт союза ССР. Озеленение городов. Термины и определения. Постановление Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 10.11.89 № 3336 // Docs.cntd.ru [Электронный ресурс]. – https://docs.cntd.ru/document/1200023332 (дата обращения: 05.03.2023).
2. Дьячкова О.Н. Методика расчета рекреационной нагрузки на локальные парки / О.Н. Дьячкова, А.Е. Михайлов // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2022. – № 3(39). – С. 121–133. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=49555291 (дата обращения: 05.03.2023).
3. СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* (с Изменениями N 1, 2): Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2016 г. N 1034/пр (ред. от 19.12.2019) // Docs.cntd.ru [Электронный ресурс]. – https://docs.cntd.ru/document/456054209 (дата обращения: 05.03.2023).
4. Экологическая обстановка в районах города // Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – URL: http://www.infoeco.ru/assets/files/godeco/frunzensky.pdf (дата обращения: 05.03.2023).
5. Проскурина Е.А. Вопросы формирования систем зеленых рекреационных пространств в рамках реновации "серого пояса" Санкт-Петербурга / Е.А. Проскурина, Н.А. Керимова // Ландшафтная архитектура, строительство и обработка древесины : Материалы научно-технической конференции СПбГЛТУ по итогам НИР 2018 года ИЛАСиОД. СПб.: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, 2019. – С. 151–158. – https://elibrary.ru/item.asp?id=42434433 (дата обращения: 05.03.2023).
6. Реновация заброшенных промышленных участков в г. Санкт-Петербург. Казачкова О.В., Прибыткова Е.Н., Артемьев А.Е., Волкова Ю.В. Неделя науки СПбПУ. Материалы научной конференции с международным участием, ИСИ: В 3 частях. 2019. С. 195–197.
7. Гавшина О.П., Волкова Ю.В. Вертикальное озеленение в благоустройстве городских территорий общего пользования. Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием. ИСИ. 2015. С. 126–128.
8. Усольцева М.С., Волкова Ю.В. Реновация промышленных зон в Санкт-Петербурге. Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 2 (29). С. 98–111.

УДК 69.059.73

Н.А. Скринникова, И.В. Ямшанов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РЕНОВАЦИЯ СИЛОСНЫХ БАШЕН ЭЛЕВАТОРНОГО СООРУЖЕНИЯ ПОД СКАЛОДРОМ (НА ПРИМЕРЕ ЗЕРНОВОГО ЭЛЕВАТОРА В Г. ВЫБОРГЕ)

Актуальность: в настоящее время все чаще бывшие промышленные территории приобретают новую жизнь, в том числе элеваторы. В мировой практике бывшие зерновые хранилища чаще всего перестраивают под жилые и общественные помещения, за счет деления пространства силосных башен на этажи и прорезания оконных проемов. Однако не всегда это возможно, например, если элеватор является объектом культурного наследия и видоизменять фасады нельзя. В таком случае необходимо найти некий компромисс, который позволил бы по максимуму задействовать внутреннее пространство объекта без существенных изменений.

Цель работы – разработка проекта реновации здания зернохранилища в г. Выборге под скалолазный центр.

Зерновой элеватор служит для обработки и хранения зерна в большом количестве и доведения его до кондиционного состояния. Одной из важных частей такого сооружения являются силосные башни. Силосы – это непосредственно сами емкости, в которых хранятся зернопродукты. В настоящее время наиболее распространенный материал для строительства зернохранилищ – это металл. Если говорить о железобетонных элеваторах, которые активно строились в XX веке, то это капитальные сооружения, ставшие не только неотъемлемой частью многих городов, но и объектами культурного наследия. К сожалению, в период роста городов и переноса производственных мощностей за новые границы городских территорий данные объекты забрасывались и приходили в запустение. Один из способов подарить таким объектам новую жизнь и приспособить к современным потребностям города – это реновация [1].

Скалолазный стенд (скалодром) – это не только полезное искусственное сооружения для тренировки скалолазов, альпинистов и спасателей, но и универсальный полигон для активного досуга детей и взрослых. Один из основных показателей скалодрома – это его высота. От нее зависят много факторов, например, назначение (виды спортивного скалолазания) и виды применяемой страховки (верхняя, нижняя или автоматическая). Каркас для скалолазного стенда может быть различным – металлическим или деревянным, а плоскость стенда – фанерной или стеклопластиковой [2].

Рис. 1 [3]

Примеров реновации элеватора в скалодром в мире крайне мало: существует реализованный проект скалодрома внутри элеватора «Upper Limits Inc.» в Блумингтоне (США), внутренний вид которого представлен на рис. 1, и концепция реновации силосных башен бывшей станции очистки сточных вод в многофункциональный центр со скалодромом на наружной поверхности здания «Siloo o» в Амстердаме (Нидерланды), которая изображена на рис. 2.

Рис. 2 [4]

Одним из примеров заброшенных элеваторов в черте города является здание мельницы и зернохранилище фирмы «SOK» в Выборге. Здание построено в стиле функционализм и имеет несущий каркас из железобетонных колонн. Материалом внешних ограждающих стен является кирпич, оштукатуренный в белый цвет. В здании располагается 27 железобетонных силосных башен, каждая из которых имеет высоту 30 м и диаметр 5,5 м. В виду того, что зерновой элеватор является объектом культурного наследия, то перепланировка силосов в жилые помещения невозможна, а в общественные пространства – ограничена. На основании этого предлагается решение по организации скалолазного центра внутри силосных башен, что позволит задействовать внутренний объем элеватора с минимальными объемно-планировочными изменениями существующих конструкций.

Конструктивные параметры силосных башен Выборгского хлебокомбината позволяют свободно разместить во внутреннем объеме одного силоса скалолазный стенд высотой 25 м. Вместимость скалодрома определяется минимальными размерами зон безопасности и падения, согласно [5, 6] и [7–9]. В виду того, что здание находится в неудовлетворительном состоянии (износ элеватора приблизительно 55%, возможен недостаток прочности стен силосов для монтажа зацепов страховки), то предлагается внутри силосных башен возвести дополнительную железобетонную стену, которая будет усиливать наружные стены и нести

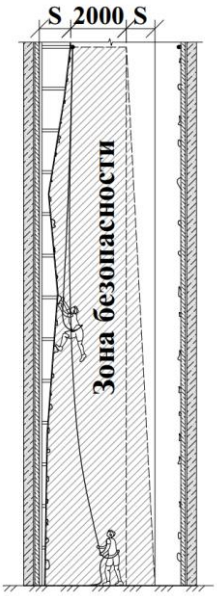


Рис. 3

нагрузки от скалолазного стенда. Помимо стены необходимо предусмотреть теплоизоляционный слой для обеспечения требуемого сопротивления теплопередачи ограждающей конструкции. Тогда полезный диаметр силосной башни ориентировочно уменьшается до 5 м (без учета конструкции скалолазного стенда).

Зона безопасности изображена на рис. 3. Размер данной зоны определяется по формуле (1) при использовании верхней страховки и по формуле (2) при использовании нижней страховки:

$$X = 2S + 2000 \text{ мм}, \quad (1)$$

$$X = S + 2000 \text{ мм}, \quad (2)$$

где S – расстояние (в проекции) между самой нижней точкой скалолазного стенда и точкой с максимальным нависанием.

Планируемая пространственная организация скалолазного центра внутри силосов представлена на рис. 4. В проекте предполагается задействовать 2 ряда силосов. Так, на основании расчетов зоны безопасности в проектируемом скалодроме можно разместить следующие виды скалолазных стендов:

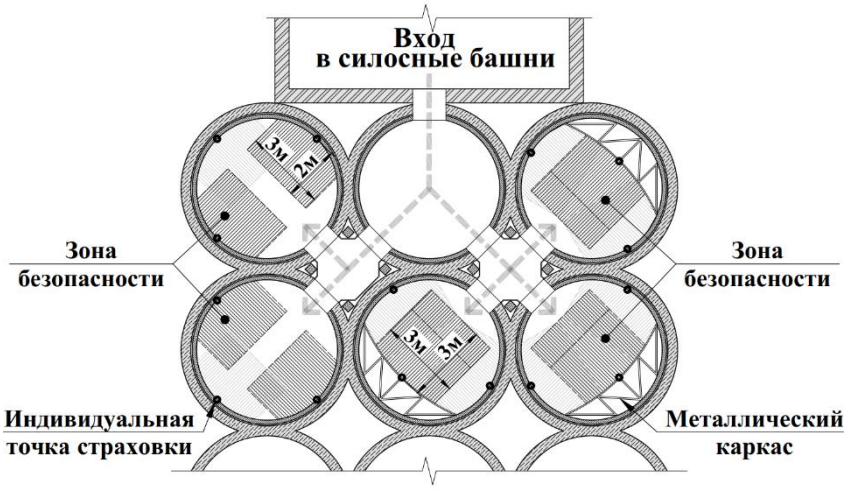


Рис. 4

1. Скалолазный стенд с ровными вертикальными бетонными стенами, которым могут пользоваться одновременно два человека при любом виде страховки (верхняя, нижняя или автоматическая);

2. Скалолазный стенд на основе металлического каркаса с максимальным нависанием в 1 м, которым может пользоваться один человек при нижней или верхней страховке. Технико-экономические показатели скалолазного центра представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технико-экономические показатели скалолазного центра

№ п/п	Показатель	Величина параметра
1	Высота скалолазного стенда	25 м
2	Ширина трасы	до 5 м
3	Нависание	0–1 м
4	Количество пользователей	5–10 человек
5	Используемая страховка	верхняя/нижняя/автоматическая

В процессе работы были определены достоинства и недостатки организации скалолазного стенда внутри силосной башни как нового функционального назначения элеватора после реновации. К плюсам можно отнести минимальное конструктивное изменение старых конструкций сооружения (осуществляется только прорезание дверных проемов в существующих стенах и организация ровной плоскости на дне силоса), а также возможность создать уникальный по форме скалолазный стенд (радиальный). К минусам можно отнести такие факторы как отсутствие естественного освещения (если нет возможности

организовать светопрозрачную кровлю над силосом), необходимость создания усиливающей конструкции при сильном износе сооружения.

Вывод. В работе выполнена оценка возможности организации скалолазного центра внутри пространства силосных башен, выявлены достоинства и недостатки подобного проекта. На примере зернохранилища в г. Выборге предложена пространственная организация скалодрома, приведены технико-экономические показатели.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Скринникова Н.А., Ямшанов И.В. Особенности реновации зерновых элеваторных сооружений, относящихся к объектам культурного наследия // Всероссийская конференция «Неделя науки ИСИ». – 2022. – С. 140–143.
2. Веденчук В.А. О классификации скалолазных стендов // XII Международная студенческая научная конференция «Студенческий научный форум». – 2020.
3. Upper limits, Bloomington: [Электронный ресурс] // Upper limits climbing gym. URL: https://www.upperlimits.com/bloomington/ (Дата обращения 23.02.2023).
4. Project «Siloo o»: [Электронный ресурс] // NL Architects. URL: http://www.nlarchitects.nl/slideshow/169/ (Дата обращения 23.02.2023).
5. 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.
6. Брайла Н.В., Романович М.А., Симанкина Т.Л., Попова О.Н., Цветков О.Ю., Шарманов В.В. / Правовое обеспечение землеустройства и кадастров: учебное пособие // Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. – Санкт-Петербург, 2021 – [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://elib.spbstu.ru/dl/5/tr/2021/tr21-4.pdf. – Загл. с титул.экрана.
7. Tsvetkov O., Simankina, T., Karmokova, K. Video-ecological coefficient of real estate objects / E3S Web of Conferences Volume 91, 2 April 2019.
8. ГОСТ Р 58066.1-2018 Скалолазный стенд (скалодром). Часть 1. Требования безопасности и методы испытаний для конструкций с точками страховки. Москва: Стандартинформ, 2018. – 20 с;
9. СП 31-115-2008(4) Открытые физкультурно-спортивные сооружения. Часть 4. Экстремальные виды спорта. Москва, 2010. – 93 с.

УДК 721.05

Д.О. Андронова, О.Ю. Цветков
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕПЛАНИРОВКИ И ПЕРЕУСТРОЙСТВА ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ РАЗНЫХ ПЕРИОДОВ ПОСТРОЙКИ

Цель работы – выявление законных потребительских предпочтений в перепланировке и переустройстве жилых помещений, востребованных в многоквартирных домах разного периода постройки на примере г. Санкт-Петербурга.

Методы исследования – анализ и синтез, сравнение.

Предложение массового сегмента жилищного рынка содержит выдающееся количество однотипных квартир, похожих в планировке и компоновке их частей помещений. Данный факт исключает человека из процесса создания своего идеального будущего жилища, вынуждая прибегать после покупки недвижимости к перепланировке и переустройству квартир для создания личного комфортного пространства, соответствующего предъявляемым нормам [1, 2], ожиданиям и потребностям.

На первом этапе теоретических исследований были рассмотрены плюсы и минусы стандартных типовых планировочных решений следующих категорий многоквартирных домов: дома «старого фонда» дореволюционной постройки, дома советского строительства («сталинки», «хрущевки», «брежневки»), дома современного строительства – новостройки.

На примере жилых зданий Санкт-Петербурга, к основным минусам дореволюционной постройки можно отнести: необратимый износ конструкций зданий, сложную планировку помещений, проблемы с коммуникациями, дефицит энергомощностей. Планировка квартир в старом фонде нетипична. Маленькие и единственные санузлы на многокомнатную квартиру, длинные или извилистые коридоры, узкие вытянутые комнаты, нелогичность самой компоновки помещений, узкие окна [3].

Вид домов советской эпохи строительства «сталинки» оснащены просторными жилыми комнатами (15,0…30,0 м^2), отличаются высокими потолками (более трех метров), просторными кухнями (3,5…14,0 м^2), раздельными санузлами, подсобными помещениями, почти отсутствием балконов, (рис. 1) [3, 4].

Рис. 1

Категория домов «хрущевки», (рис. 2) строились под лозунгом дешевого и быстрого жилья без излишеств и предусматривают: высоту жилого помещения 2,5 м, миниатюрные, от 4,5 м^2, кухни, комнаты с минимальными площадями, кладовые. Для «хрущевок» характерен критический недостаток квадратных метров в площади и очень стандартные планировки под копирку [4, 5].

Вид домов советской эпохи строительства «брежневки» (рис. 3) в большей степени оснащены изолированными комнатами, раздельными туалетом и ванной, преобладает планировка типа «распашонки», высота помещений в среднем 2,7 м, под запретом проход в кухню через общую комнату, минимальная площадь кухни составляет 6 м^2 [4, 5].

К категории домов современных новостроек относят монолитные, кирпично-монолитные, монолитно-панельные дома (рис. 4). Монолитные технологии позволяют делать здания практически без ограничений по этажности и с неограниченной свободой выбора планировочных решений на стадии строительства. Что часто оборачивается появлением квартир непродуманных и не слишком ликвидных на вторичном квартирном рынке планировок, сделанных первичным приобретателем «под себя» [5].

Рис. 2

Санкт-Петербург, в свою очередь, является городом, сочетающим в себе огромное многообразие жилой застройки, представленное различными типами домов разного периода постройки. В центре анализа лежит изучение актуальных перепланированных жилых помещений, принятых в эксплуатацию межведомственными комиссиями администраций по районам Санкт-Петербурга за 2020-2022 гг. [6].

Наиболее распространенным видом перепланировки в зданиях «старого» фонда с учетом его планировочных особенностей являются: устройство проема с установкой раздвижной двери между комнатой и кухней, изменение расстановки сантехнических приборов, монтаж и демонтаж перегородок, проемов в ненесущих стенах, а также устройство гардеробных.

Рис. 3

Жители домов советского периода перепланировкой стремятся уйти от четкой дробленности пространства на малые площади, к просторной компоновке и расположению помещений, посредством создания кухонь-гостиных. Также обустраиваются гардеробные, ненужные кладовые демонтируются, а санузлы объединяются и расширяются разрешенными законом способами.

В новостройках при перепланировке чаще всего происходит изменение расстановки сантехнических приборов, устройство гардеробных, объединение кухни и жилой комнаты. В настоящее время города активно застраиваются новыми домами, где застройщики стараются в большей части соблюсти все предпочтения потенциального покупателя [7, 8]. Но при этом все ещё остаются нефункциональные проходные пространства, нарушенные внутриквартирные связи и неправильное расположение общих зон, которыми «страдают» очень многие новостройки [9].

Рис. 4

По результатам анализа, ранее улучшение жилищных условий означало переезд в квартиру большего метража. В современном мире на первое место выходит планировка: наблюдается широкое распространение евроформата, где кухня и гостиная объединяются в одно помещение площадью 15,0…30,0 м^2, а также широкое распространение получила организация мастер-спален, состоящих из комнаты с рабочим местом, собственной ванной комнатой и гардеробной.

Потребление квадратных метров стало более осознанным: люди хотят платить только за полезную площадь. Собственники стараются использовать по максимуму возможности своих квартир и зданий, где они проживают, в связи с чем, появился запрос на вынос дополнительных помещений в места общего пользования — отсюда появление колясочных и кладовок на технических этажах.

Свою лепту в планирование помещений квартиры внесло и время пандемии, где с переходом многих людей на удаленную работу появился запрос на обустройство рабочего места или комфортабельного и уютного кабинета. Появился спрос на квартиры с террасами, лоджиями, балконами, посредством которых возможно организовать рекреационную зону отдыха.

На рынке недвижимости в свою очередь наблюдается смешение классов: в комфорт-классе появляются студии, в стандарте – появляется спрос на квартиры с тремя спальнями и большой кухней-гостиной, таким образом, «продуманные» квартиры проникают одинаково во все ценовые сегменты.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 54.13330.2016. Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003 // Доступ из Электронного фонда правовой и нормативно-технической документации.
2. СП 31-107-2004. Архитектурно-планировочные решения многоквартирных жилых зданий // Доступ из Электронного фонда правовой и нормативно-технической документации.
3. BN.ru. Типы и серии домов Петербурга // [Электронный ресурс] режим доступа: https://www.bn.ru/sprav_dom.phtml – Загл. с титул.экрана. (дата обращения 29.02.23).
4. Знобищева М.С., Брайла Н.В. Проблемы реконструкции исторического центра Санкт-Петербурга // Инженерные задачи: проблемы и пути решения: сб. науч. ст. – Архангельск, 2020. – С.115-118.
5. TipDoma. Серии домов и планировки // [Электронный ресурс] режим доступа: https://tipdoma.com. – (дата обращения 29.02.23).
6. 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.
7. Брайла Н.В., Романович М.А., Симанкина Т.Л., Попова О.Н., Цветков О.Ю., Шарманов В.В. / Правовое обеспечение землеустройства и кадастров: учебное пособие // СПбПУ. – СПб, 2021 – [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://elib.spbstu.ru/dl/5/tr/2021/tr21-4.pdf. – Загл. с титул. экрана.
8. Глушакова Ю.С., Латина С.В. Методы расчёта железобетонных конструкций. / Современные наукоемкие технологии. 2013. № 7-1. С. 59.
9. Васильев А.С., Латина С.В. Необходимость автоматизации проектирования состава тяжёлых бетонов / Современные наукоемкие технологии. 2013. № 7-1. С. 59.
10. Знобищева М.С., Брайла Н.В. Проблемы реконструкции исторического центра Санкт-Петербурга // Инженерные задачи: проблемы и пути решения: сб. науч. ст. – Архангельск, 2020. – С. 115–118.

УДК 911.375

С. Косачёва, Т.Л. Симанкина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЫБОР ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ КОМПЛЕКСНОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИИ

Комплексное развитие территории – это подход, который позволяет достичь баланса между экономическим, социальным и экологическим развитием территории. Принцип оценивания территории в рамках такого подхода помогает установить приоритеты, разработать стратегии развития и выявить проблемные зоны.

Цель работы: определить показатели оценки комплексного развития территории в Санкт-Петербурге.

Для сравнения социально-экономического развития территории в целом используют индексы, для расчета которых применяют различные методы, в частности:

- Метод многокритериальной оценки – это метод оценки качества объектов, основанный на использовании нескольких критериев одновременно. При этом каждый критерий имеет свой весовой коэффициент, который отражает его относительную важность. Для оценки объекта вычисляется сумма произведений значений критериев на их весовые коэффициенты [5, 6].
- Метод анализа главных компонент – это метод многомерного статистического анализа, который позволяет выделить наиболее значимые факторы (главные компоненты) из большого числа изначальных показателей. При этом главные компоненты обладают наибольшей дисперсией и наибольшей вариативностью. Этот метод позволяет сократить

число изначальных показателей до более управляемого количества главных компонент, что упрощает анализ и интерпретацию данных.

– Метод факторного анализа – это метод, который позволяет выделить скрытые (латентные) факторы, на основе которых формируются изначальные показатели. При этом каждый показатель имеет свой коэффициент факторной нагрузки, который отражает его вклад в формирование каждого из выделенных факторов. Этот метод позволяет увидеть скрытые зависимости между различными показателями и выделить общие факторы, которые определяют развитие территории в целом [1, 2].

В работе используется метод многокритериальной оценки, который позволяет учитывать разнообразие критериев, что важно при анализе сложных систем. В итоге применения методов расчета комплексного развития территории можно получить набор коэффициентов, которые отражают уровень развития территории, а именно: индекс социально-экономического развития, индекс устойчивости развития, индекс экологической безопасности, индекс человеческого развития и др.

Перед расчётом непосредственно самих коэффициентов необходимо произвести нормализацию значений, что позволяет привести различные показатели к одной шкале и сравнить их между собой. Для этого используют минимаксную нормализацию, т.е. приводят значения показателей к диапазону от 0 до 1. Для этого необходимо найти минимальное и максимальное значения показателя и применить формулу:

$$\text{Нормализованное значение} = \frac{\text{значение показателя} - \text{минимальное значение}}{\text{максимальное значение} - \text{минимальное значение}}.$$

Рассмотрим несколько примеров расчетов, которые используются для оценки комплексного развития территории.

Индекс социально-экономического развития (ИСЭР) – это показатель, который отражает уровень социально-экономического развития региона или страны. Он используется для оценки эффективности государственной политики по социально-экономическому развитию территории, а также для сравнения различных регионов между собой.

Для расчета ИСЭР Санкт-Петербурга были выбраны несколько социально-экономических показателей, определены их весовые коэффициенты в соответствии с их относительной важностью для развития города, а также найдены значения по данным Росстата, Федеральной службы государственной статистики и рейтинга качества жизни городов России от портала NGS [3, 4]. Результаты значений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Социально-экономические показатели, их веса и значения для расчёта ИСЭР

Показатель	Вес показателя	Значение показателей
ВВП на душу населения	0,4	1 032 400 рублей
Уровень безработицы	0,3	4,84%
Качество жизни	0,2	82,307 баллов [0]
Уровень образования населения	0,1	92,8%

Необходимо нормализовать значения показателей, приведя их к диапазону от 0 до 1:

ВВП на душу населения: $\frac{1032400-296566}{5219375-296566} = 0{,}1.$ Уровень безработицы: $\frac{(4{,}84-0)}{20-0} = 0{,}2.$

Уровень образования населения: $\frac{92{,}8-50}{100-50} = 0{,}9.$ Качество жизни: $\frac{82{,}307-50}{100-50} = 0{,}6.$

На основе полученных значений, рассчитаем значение ИСЭР для Санкт-Петербурга:

$$\text{ИСЭР} = 0{,}4 \cdot 0{,}1 + 0{,}3 \cdot 0{,}2 + 0{,}2 \cdot 0{,}6 + 0{,}1 \cdot 0{,}9 = 0{,}35.$$

Таким образом, ИСЭР Санкт-Петербурга составляет 0,35, что указывает на низкий уровень социально-экономического развития города. Далее будут представлены только нормализованные показатели и их весовой вклад в оценку.

Индекс устойчивости развития (ИУР) помогает оценить степень соответствия развития региона концепции устойчивого развития. Он может включать в себя различные показатели, такие как: уровень экономического развития, качество окружающей среды, доступность образования и здравоохранения, социальная защищенность населения и другие. Данные для расчёта ИУР для Санкт-Петербурга представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Показатели, их веса и значения для расчёта ИУР

Показатель	Вес показателя	Нормированное значение показателей
Экономического развития	0,4	0,8
Социальной сферы	0,3	0,6
Экологической безопасности	0,2	0,7
Территориальной доступности	0,1	0,9

Расчёт ИУР выглядит следующим образом:

$$\text{ИУР} = (0{,}4 \cdot 0{,}8) + (0{,}3 \cdot 0{,}6) + (0{,}2 \cdot 0{,}7) + (0{,}1 \cdot 0{,}9) = 0{,}69.$$

Расчет ИУР для Санкт-Петербурга показал, что уровень устойчивости развития города находится на среднем уровне и составляет 0,69.

Индекс экологической безопасности (ИЭБ) – это численный показатель, который отражает уровень экологической безопасности территории на основе комплексной оценки экологических показателей. Для расчета будут использованы несколько показателей представленных в табл. 3.

Таблица 3 – Показатели, их веса и значения для расчёта ИЭБ

Показатель	Вес показателя	Нормированное значение показателей
Загрязнение атмосферного воздуха	0,3	0,7
Загрязнение атмосферного воздуха	0,3	0,6
Утилизация отходов	0,2	0,6
Экологический след	0,2	0,1

Произведем расчёт индекса экологической безопасности:

$$\text{ИЭБ} = 0{,}3 \cdot 0{,}7 + 0{,}3 \cdot 0{,}6 + 0{,}2 \cdot 0{,}6 + 0{,}2 \cdot 0{,}01 = 0{,}46.$$

Таким образом, индекс экологической безопасности для Санкт-Петербурга составляет 0,46, что является низким показателем.

Индекс человеческого развития (ИЧР) является одним из ключевых показателей для оценки комплексного развития территории. Для расчета ИЧР для Санкт-Петербурга необходимо выбрать показатели, которые наиболее точно характеризуют уровень человеческого развития в городе. Данные представлены в табл. 4.

Таблица 4 – Показатели, их веса и значения для расчёта ИЧР

Показатель	Вес показателя	Нормированное значение показателей
Продолжительность жизни	0,2	0,7
Уровень образования	0,4	0,8
Уровень дохода	0,3	0,9

Расчёт ИУР выглядит следующим образом:

$$\text{ИЧР} = 0{,}7 \cdot 0{,}2 + 0{,}8 \cdot 0{,}4 + 0{,}9 \cdot 0{,}3 = 0{,}73.$$

Индекс человеческого развития для Санкт-Петербурга составляет 0,73, что говорит о высоком уровне человеческого развития в городе[7].

Выводы. Оценка комплексного развития территории может проводиться с помощью нескольких индексов, учитывающих различные аспекты развития: экологический, экономический и социальный. Индексы развития территории оценивают различные аспекты развития: экологический, экономический и социальный. ИСЭР Санкт-Петербурга равен 0,35, что указывает на низкий уровень социально-экономического развития региона. Необходимо проводить меры, направленные на улучшение инфраструктуры, развитие экономики и социальной сферы. Индекс устойчивости развития равен 0,69, что говорит о среднем уровне устойчивости развития региона. Для улучшения этого показателя необходимо проводить меры по развитию экономики, социальной сферы и экологической безопасности. Индекс экологической безопасности Санкт-Петербурга равен 0,464, что говорит о значительных проблемах в области экологии. Для улучшения ситуации необходимо предпринимать меры по снижению негативного воздействия на окружающую среду и сохранению природных ресурсов. Индекс человеческого развития Санкт-Петербурга равен 0,73, что говорит о достаточно высоком уровне человеческого развития в городе.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Пахомов А.И. Методика многокритериальной оценки и выбора эффективного метода обеззараживания зерна //Тракторы и сельхозмашины. – 2019. – №. 5. – С. 87–96.
2. Шевчук И.С., Глезман Л.В., Федосеева С.С. Факторный анализ развития территорий в пространстве региона //Управленческий учет. – 2022. – №. 4-2. – С. 484–490.
3. Антонова М.А. Комплексная оценка устойчивого развития регионов Российской Федерации //Вестник Череповецкого государственного университета. 2014. №4 (57). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnaya-otsenka-ustoychivogo-razvitiya-regionov-rossiyskoy-federatsii (дата обращения: 09.03.2023).
4. Землянский Д.Ю., Калиновский Л.В., Махрова А.Г., Медведникова Д.М., Чуженькова В.А. Комплексный индекс социально-экономического развития городов России. Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2020.
5. Рейтинг российских регионов по качеству жизни – 2022. – Текст: электронный // РИА Новости: [сайт]. — URL: https://ria.ru/20230213/kachestvo_zhizni-1850749274.html (дата обращения: 08.03.2023).
6. Знобищева М.С., Брайла Н.В. Проблемы реконструкции исторического центра Санкт-Петербурга // Инженерные задачи: проблемы и пути решения: сб. науч. ст – Архангельск, 2020. – С.115–118.
7. Брайла Н.В., Романович М.А., Симанкина Т.Л., Попова О.Н., Цветков О.Ю., Шарманов В.В. / Правовое обеспечение землеустройства и кадастров: учебное пособие // СПбПУ. – СПб, 2021 – [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://elib.spbstu.ru/dl/5/tr/2021/tr21-4.pdf. – Загл. с титул. экрана.

УДК 712.254

В.А. Крылова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ НАБЕРЕЖНОЙ Р.ВОЛОГДЫ В Г.ВОЛОГДЕ

Рассматриваемая набережная проходит в историческом центре города Вологды, на берегу реки находятся Софийский и Вознесенский Соборы, музей кружева, городские памятники. Также центральный ансамбль включает в себя Кремлевский сад с прогулочными дорожками, прудом и скульптурами, смотровую площадку и небольшие фонтаны.

Спуск к реке называется Соборной горкой, летом он служит для рекреации горожан и гостей города, а зимой превращается в место для катания на ватрушках, санках и занятия другими видами активного отдыха.

Набережные не только являются местом отдыха населения и выполняют оздоровительную функцию, но и должны обладать особыми эстетическими качествами. Набережная р. Вологды является визитной карточкой города, местом притяжения горожан, она должна дополнять окружающий ландшафт и быть функциональным пространством для прогулок и отдыха. Таким образом, данное исследование является актуальным.

В рамках проекта «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах» [1] в 2019 году закончился первый этап обустройства одного из берегов реки Вологды. В результате его реализации многие жители города остались недовольны, в Администрацию поступило большое количество жалоб и критики [2].

Итогом обустройства набережной стало сплошное закрытие склона бетоном с камнем и полное уничтожение зеленого ландшафта. Таким образом, горожане утратили доступ к реке на большей части левого берега и части правого берега от Красного моста вниз по течению.

Цель работы – разработать концепцию реконструкции набережной с учетом выявленных недостатков, а именно:

- отсутствие функциональных зон для прогулок и занятия спортом;
- несоответствие внешнего вида набережной архитектурному облику ближайшей территории.

Для жителей город Вологда всегда ассоциируется с зеленью, природой и деревянными домами, резными палисадами. Для того, чтобы набережная гармонично сочеталась с архитектурой центральной части города, нужно учитывать эти особенности.

Сейчас часть набережной закрыта бетоном и булыжными камнями, такое решение нарушает ландшафт и закрывает спуск к реке. Разросшиеся кусты ивы и мусор на правом берегу портят эстетический вид и занимают пространство, которое можно использовать более функционально для обустройства детских и спортивных площадок.

Для того, чтобы ансамбль набережной смотрелся гармонично, принято решение организовать следующие функциональные зоны: зоны для занятий спортом, игровая зона для детей, парковая зона, зона проведения ярмарок, зона для прогулок и отдыха у воды.

На рис. 1 представлена схема размещения функциональных зон в новой концепции набережной.

Вдоль набережной формируются новые центры притяжения – детские и спортивные площадки, зоны быстрого питания, прокат инвентаря, шезлонги. Также формируются новые пешеходные связи с противоположным берегом в результате строительства пешеходного моста, который в том числе будет играть роль новой смотровой точки, открывающей вид на оборудованную набережную и ансамбль Софийского собора.

Ширина всех тротуаров принята не менее 2,25 м для возможности проезда инвалидов. Вдоль существующих пешеходных тротуаров формируется дополнительный транзитный путь – велосипедная дорожка.

На 01 января 2022 года в Вологде проживают 168 тыс. детей до 16 лет, но в центральной части города отсутствуют детские и спортивные площадки [4]. Таким образом, в предложенной нами концепции предусмотрены комплексной игровые площадки площадью 900–1600 м^2, а также две спортивные площадки общей площадью 400 м^2, покрытые резиновой плиткой для безопасности.

В центральной части набережной предлагается расположить понтон для временной стоянки катамаранов и лодок, а рядом с ним прокат спортивного оборудования, в котором горожане смогут взять сапсерфы или ролики летом и лыжи или ватрушки зимой.

Рис. 1

Вдоль западной части набережной предложено разместить ярморочные беседки, которые будут также использованы для продажи быстрого питания. Это повысит проходимость парка и сделает его более комфортным для долгих прогулок.

Соборная горка предлагается разделить на 3 яруса, на которых будут располагаться шезлонги для отдыха, пешеходные дорожки. Верхний ярус – основная улица для прогулок, катания на велосипеде. Средний ярус – прибрежная зона, где можно посидеть на скамейках, полюбоваться рекой. Нижний ярус – место для отдыха у реки. Для маломобильных групп населения будут оборудованы пандусы с небольшим уклоном на всех ярусах набережной.

Автор считает целесообразным разработать разборные модульные конструкции, чтобы демонтировать их в зимний период, т.к. эта часть набережной используется в качестве снежной горки. На верхнем ярусе предлагается будут оборудовать видовые площадки в виде консольных мостков над склоном.

Вывод. В предложенной концепции набережная станет местом притяжения горожан и гостей города. Здесь будет обновлена вся инфраструктура, появятся новые площадки для спорта и отдыха, променад, велодорожки и смотровые площадки. Все это существенно улучшит экологию набережной, повысит качество жизни в городе и привлечет туристов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Постановление Правительства Российской Федерации №350 от 19 апреля 2012 г. «О федеральной целевой программе "Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах"» [Электронный ресурс]// Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/902343713.
2. Реконструкция набережной Вологды: берегоукрепление или непоправимый вред? [Электронный ресурс]// Режим доступа: http://vologdareka.tilda.ws/.
3. Центр Вологды решили развивать комплексно [Электронный ресурс]// Режим доступа: https://gorodvo.ru/news/society/34092-centr_vologdy_reshili_razvivat_kompleksno.
4. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]// Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13284.
5. Волкова Ю.В., Килина А.В. Нормативная документация, используемая при проектировании линейных парков вдоль водных объектов. В сборнике: Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. Инженерно-строительный институт Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. СПб, 2022. С. 259–261.
6. Волкова Ю.В., Килина А.В. Линейные парки. Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. Инженерно-строительный институт Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. СПб, 2022. С. 264–265.
7. Волкова Ю.В., Цветкова О.В. Развитие и популяризация городских приакваториальных объектов для реализации их потенциала. Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия. Материалы Международной научно-практической конференции. 2020. С. 303–308.

УДК 911.375.632

А.А. Бахтыгареев, О.Ю. Цветков
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА МУРИНО И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЁ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ

Относительно недавно город Мурино получил свой статус в соответствии с законом Ленинградской области №17-оз от 15.04.2019 г. «Об административно-территориальных преобразованиях во Всеволожском муниципальном районе Ленинградской области». До преобразования, с 2006 по 2019 год он имел статус поселка входил в состав Муринского сельского поселения [1].

На сегодняшний день город Мурино является самым молодым в Ленинградской области и занимает площадь в 1981 га. Официальные данные по численности населения города, полученные по результатам российской переписи населения на октябрь 2021 года, приводят цифры в 89083, проживающих, непосредственно, в самом городе Мурино и 89420 человек во всем муниципальном образовании, которое включает и жителей деревни Лаврики. Это позволило занять городу второе место в Ленинградской области после Гатчины [3].

Вместе с тем по некоторым оценкам, в связи с высокими темпами прироста населения (на 01.01.2020 г. зарегистрировано 64,9 тыс. жителей, за год население увеличилось почти на 30 %, хотя ещё в 2010 г. Здесь проживало всего 7,9 тыс. жителей) фактически проживающих в Мурино граждан может быть около 100 тыс. человек.

Город возник не на пустом месте, история поселений в данной местности насчитывает не одно столетие с разной степенью интенсивности, что нашло отражение в таблице 1.

Стремительный рост численности населения на относительно небольшой территории приводит к ряду негативных явлений, одним из которых является неравномерное распределение ветровой нагрузки среди многоэтажной жилой застройки. Регулирование ветрового режима является критически важной задачей в архитектурно-климатическом проектировании городов. Создание оптимальных условий для аэрации, которые влияют на биоклиматический комфорт, рассеивание загрязняющих веществ и естественную вентиляцию зданий, зависит от ветрового климата в районе строительства и планировочных решений, принятых при проектировании населенного пункта [4].

На данный момент, в России при проектировании на всех этапах строительства, таких как разработка проекта коттеджа или генерального плана города, часто используются иностранные технологии и опыт. Однако, применение этих идей не всегда приводит к оптимальным и действенным результатам, поскольку компании, разработавшие эти технологии, не имеют опыта работы в условиях сложных природно-климатических условий нашей страны. Методики проектирования, разработанные зарубежными компаниями, не учитывают выраженную сезонность, достаточно резкие изменения погодных условий, характерные для многих регионов нашей страны и, следовательно, не могут показать ту эффективность и рациональность, которую демонстрировали в странах, разработавших данные методики. Поэтому, начиная градостроительное и архитектурное проектирование, необходимо заранее выявлять неблагоприятные факторы и разрабатывать мероприятия, которые позволят оптимизировать микроклиматические характеристики градостроительной среды. Также необходимо учитывать климатические и природные особенности конкретной области проектирования и правильно расставлять приоритеты для их применения [5, 6].

Хотя многие страны имеют сложные природно-климатические условия, Россия стоит особняком в этом плане и представляет уникальные архитектурно-климатические задачи, которые решаются на градостроительном уровне. Одной из таких задач является регулирование

ветрового режима городов, ее решение должно свести к минимуму превышение показателей ветровой нагрузки на объекты градостроительства. Превышение таких нагрузок, зачатую, приводит повышению теплопотерь зданий и сооружений, а также может влиять на здоровье человека, например, может приводить к холодовому стрессу, когда теплопотери организма превышают теплопотери, необходимые для поддержания теплового баланса в организме. Другая сторона этой проблемы возникает в районах с недостатком ветровых масс, где необходимо обеспечить естественную вентиляцию внутренней и внешней среды зданий, сохранить достаточную аэрацию и обеспечить биоклиматическую комфортность в районе застройки. Все эти архитектурно-климатические задачи необходимо решать на градостроительном уровне, учитывая климатические и природные особенности каждой области проектирования [7–9].

Таблица 1 – Периоды развития территории Муринского городского поселения

Дата	Исторические события и явления, происходившие на территории современного Муринского поселения
IX-XII вв.	На территории господствуют финно-угорские племена
1676 г.	Первое упоминание населённого пункта Мурино в летописи
1721 г.	Территория вошла в состав России в результате Ништадского мира
1749 г.	Имение Мурино приобрёл Р.И. Воронцов. Его сын, С.Р. Воронцов, основал такие деревни, как Сторожня, Рыбачья, Гражданка, и Лаврики. Граница имения простиралась до современной Площади Мужества
1936 г.	Село Мурино стало центром Муринского сельского совета Ленинградского Пригородного района. В его состав вошли 10 населённых пунктов с 503 хозяйствами и 7 колхозов
1941–1945 гг.	В Мурино и деревне Ручьи (ныне не существующей) до 1944 г. действует 3 госпиталя, и располагался военный аэродром
1950–1960 гг.	Строительство панельных домов типовой застройки. В 1950 г. население составляло 1460 чел., а в 1958 г. уже 2774 чел.
К 1970-м гг.	Мурино оказывается практически на границе города Ленинграда
29 декабря 1978 г	Пуск в эксплуатацию станции метро «Комсомольская». До 2006 г. самая северная станция метро в СССР и единственная построенная в сельской местности
1992 г.	Станция метро «Комсомольская» переименована в «Девяткино». Население Мурино более 3,5 тыс. чел.
1998–2000	На Оборонной улице возведены 5- и 10-этажные жилые дома.
С конца 2000-х гг.	Активное строительство кирпично-монолитных жилых домов 9–27 этажей в северно-западной части
На 01.01.2019 г.	Жилой фонд насчитывает 167 многоквартирных, многоэтажных домов, примерно с 74 тыс. квартир. Ожидается увеличение до 370 домов с количеством квартир более 160 тыс. и населением до 165 тыс. чел.
01.01.2023 г.	На территории муниципального образования кроме всего прочего находятся четыре школы и 31 детский сад

Для эффективного решения указанных проблем необходимо проводить систематический и точный аэрационный анализ при проектировании городской инфраструктуры, что помогает прогнозировать режим аэрации и принимать обоснованные проектные решения на основе анализа техногенного и природного ландшафта. Важным аспектом решения задач является учет ветровых нагрузок на здания и сооружения, оценка района проектирования с точки зрения пребывания людей за пределами зданий и сооружений, защита от воздействия пыли, снега, осадков и ветра, а также определение степени дефляции почвы на различных участках рельефа при проведении работ по благоустройству и озеленению территории. Не менее важно размещение элементов благоустройства, озеленения, зон и площадок для детей, отдыха, спорта и т. д. с учетом аэрационного режима района застройки [10, 11].

Для получения достоверных сведений по обтеканию градостроительных объектов ветровым потоком и аэрационному режиму территории города, необходимо проводить их комплексное исследование и оценку. На основе полученных данных разрабатываются рекомендации по оптимизации и улучшению аэрационного режима городской инфраструктуры. Главным результатом такого исследования является выявление зависимостей и повторяемости различных климатических условий, что позволяет сформировать градостроительные требования к застройке и планировке населенных пунктов. Такой подход способствует достижению оптимальных климатических условий и определяет основные принципы формирования структуры городской среды. Также подобные исследования позволяют разработать рекомендации для проектируемых объектов, в том числе по поводу применяемых при строительстве и облицовке материалов и технологий.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Историческая справка // Муниципальное образование "Муринское городское поселение" URL: https://xn----7sbapuabb4afggnvekrx7c1l.xn--p1ai/ (дата обращения: 03.03.2023);
2. Морачевская К.А., Пятнов А.П., Павлинов П.С., Макаров А.Д. Мурино // Большая российская энциклопедия: научно-образовательный портал – URL: https://bigenc.ru/c/murino-df78b1/?v=3780289 (дата обращения: 01.03.2023).
3. Всероссийская перепись населения 2020 года // Федеральная служба государственной статистики URL: https://rosstat.gov.ru/vpn_popul (дата обращения: 02.03.2023).
4. Мягков М.С., Алексеева Л.И. Особенности ветрового режима типовых форм городской застройки // AMIT. 2014. №1 (26). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-vetrovogo-rezhima-tipovyh-form-gorodskoy-zastroyki (дата обращения: 01.03.2023);
5. Архитектурная физика: учебник для вузов. Коллектив авторов под ред. Н.В. Оболенского. – М.: «Архитектура-С», 2005. – 448 с.
6. Мягков М.С., Губернский Ю.Д., Конова Л.И., Лицкевич В.К. Город, архитектура, человек и климат. – М.: «Архитектура-С», 2007.
7. Оленьков В.Д. Учет ветрового режима городской застройки при градостроительном планировании с использованием технологий компьютерного моделирования // Вестник ЮУрГУ. Серия: Строительство и архитектура. 2017. №4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/uchet-vetrovogo-rezhima-gorodskoy-zastroyki-pri-gradostroitelnom-planirovanii-s-ispolzovaniem-tehnologiy-kompyuternogo (дата обращения: 01.03.2023).
8. 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.
9. Tsvetkov O., Simankina, T., Karmokova, K. Video-ecological coefficient of real estate objects / E3S Web of Conferences Volume 91, 2 April 2019.
10. Васильев А.С., Латина С.В. Необходимость автоматизации проектирования состава тяжёлых бетонов / Современные наукоемкие технологии. 2013. № 7-1. С. 59.
11. Знобищева М.С., Брайла Н.В. Проблемы реконструкции исторического центра Санкт-Петербурга // Инженерные задачи: проблемы и пути решения: сб. науч. ст. – Архангельск, 2020. – С.115–118.

УДК 72.025.4

К.Р. Главина, О.Ю. Цветков
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭКОУРБАНИСТИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ТЕРРИТОРИИ ЗНОП «ЯБЛОНОВСКИЙ САД» В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Введение. По сложившейся веками традиции увеличение границ населённых пунктов происходит в основном за счёт пригородных территорий и районов городской периферии. Это является серьёзной трансформацией и пертурбацией промышленного кольца, ранее окружавшего административную линию. В результате экоурбанистических преобразований

инфраструктура территории получает соответствующее развитие, а также с течением времени в необходимом количестве и последовательности возникают объекты социально-культурного, общественно-делового, научно-образовательного, спортивно-оздоровительного назначения наряду с массовой жилищной застройкой.

При интенсификации данного процесса неизбежно могут возникать проблемы социально-экономического, экологического и иного характера. Зачатую они носят взаимосвязанный характер. Первоначально необходимо учитывать расположение потенциально опасных для здоровья людей объектов, как действующих, так и законсервированных свалок различного назначения. И в то же самое время градостроительные нормативы требуют соблюдения минимальных норм озеленения (проектирование парков, садов, скверов), под которые, как правило, и отводятся территории непригодные для жилых объектов, а именно бывшие свалки и мусорные полигоны.

Объектом исследования является территория зеленых насаждений общего пользования (далее – ЗНОП) городского значения «Яблоновский сад», расположенная на объекте накопленного вреда окружающей среде – «Бывшая Яблоновская свалка».

Актуальность заключается в решении сразу нескольких проблем, которые требуют поиска решения: дефицит свободных от застройки и не занятых под сельскохозяйственные нужды естественных ландшафтов вблизи крупных городов, сокращение территорий парковых зон в условиях активной застройки зданиями и сооружениями городских территорий [1].

Территория Яблоновского сада, расположенная между р. Оккервиль, ул. Ворошилова и ул. Латышских Стрелков в Невском районе Санкт-Петербурга, представляет собой самосевный зеленый массив площадью 22,08 га, разросшийся на месте свалки бытовых, промышленных и строительных отходов, законсервированной в 1986 г. (рис. 1). Согласно Закону Санкт-Петербурга от 08.10.2007 № 430-85 «О зеленых насаждениях общего пользования», в 2013 г. Яблоновский сад включен в Перечень зеленых насаждений общего пользования городского значения (№12008 в Реестре).

Рис. 1

– границы муниципальных образований; – территории зелёных насаждений общего пользования; – водные объекты; – улично-дорожная сеть

В 2020 году Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга (далее – Комитет) проведена оценка накопленного вреда окружающей среде на объекте «Бывшая Яблоновская свалка», после чего объект включен в государственный реестр объектов накопленного вреда окружающей среде [4].

В связи с реализацией перспективной адресной программы в рамках регионального проекта «Формирование комфортной городской среды (город федерального значения Санкт-Петербург)», а также в связи с поставленными на 2022 г. целями по ликвидации объектов накопленного вреда окружающей среде, 03.06.2022 г. Комитет разместил в Единой информационной системе в сфере закупок извещение о проведении открытого конкурса в электронной форме на выполнение инженерных изысканий на исследуемой территории, а также разработку проектной документации по ликвидации бывшей территории свалки. Данное извещение вызвало резонанс общественности, результатом которого стало коллективное обращение к органам власти с просьбой отменить закупку. Вскоре Комитет 10 ноября 2022 г. отменил закупку по причине нарушения сроков подрядчиком, однако повторное объявление процедуры закупки планируется в 2023 г.

В целом, территорию Яблоновского сада активисты и жители Невского района защищают на протяжении последних 11 лет, опасаясь притязаний застройщиков к данной территории, поскольку, начиная с 2012 г. рядом с садом планировалось размещение открытой автостоянки легкового транспорта, в связи с существующей необходимостью в увеличении парковочных мест. Жители считают, что несмотря на охранный статус и опасные свалочные массы существует риск отчуждения площади территории сада под застройку.

Из-за большого количества откликов от граждан, желающих сохранения территории Яблоновского сада, муниципальные власти озаботились проблемой его благоустройства, заказав проект у индивидуального предпринимателя Даниловой С.Б. в 2015 г., который также вызвал недовольство общественности и в конечном итоге не реализовался [2].

1	**К какой возрастной категории Вы относитесь?**		
	Ответ	%	кол-во
	до 25	12	4
	от 25 до 35	65	24
	более 35	23	9
2	**Ваш пол?**		
	Женский	73	27
	Мужской	27	10
3	**Ваш уровень образования?**		
	Среднее общее	28	10
	Среднее профессиональное	9	3
	Высшее	63	23
4	**Знаете ли Вы, что Яблоновский сад – бывший полигон складирования отходов?**		
	Да	69	26
	Нет	31	11
5	**Как часто Вы посещаете Яблоновский сад?**		
	каждый день	6	2
	1-2 раза в месяц	39	14
	1-2 раза в год	4	1
	по выходным	17	6
	не посещаю	34	13
6	**С какой целью посещаете Яблоновский сад?**		
	прогулка с детьми	51	19
	транзит	43	16
	отдых	13	5
	прогулка с домашними животнами	9	3
	занятие спортом	11	4
7	**Если не посещаете сад, то по каким причинам?**		
	отсутствие освещенности	89	33
	отсутствие зон отдыха	42	16
	обилие мусора	64	24
	неухоженность сада	76	28

Рис. 2

Для выявления текущего состояния ЗНОП «Яблоновский сад» проведено натурное обследование района работ, по результатам которого выявлено удовлетворительное состояние Яблоновского сада, заключающееся в следующем перечне проблем, обнаруженных на исследуемой территории: ненадлежащее состояние дорожно-тропиночной сети, отсутствие благоустройства (освещения, малых архитектурных форм) и наличие мусора на территории.

Проведен также социологический опрос жителей, посещающих территорию сада, для выявления частоты посещаемости и пожеланий относительно будущего Яблоновского сада. Опрос проводился в очном формате в два этапа, каждый из которых занял 1 час 30 минут. В опросе приняло участие 35 человек. Результаты опроса приведены на рисунке 2.

По результатам опроса большинство опрошенных используют территорию Яблоновского сада с несколькими целями, в большей мере для транзита (43%) и прогулки с детьми (51%). Также опрошенные называли несколько причин, по которым нет желания

посещать данную рекреационную зону, наиболее частыми из них являются: отсутствие освещенности (89%) и неухоженность сада (76%).

В рамках опроса также был задан вопрос «Каким Вы бы хотели видеть территорию Яблоновского сада?», все опрошенные единогласно ответили «Благоустроенным», подразумевая под этим следующие мероприятия: выравнивание дорожек, организацию освещения сада, расчистку территории от густых зарослей, совершенствование дренажной системы, установку утилитарных (садово-парковая мебель, указатели, лестницы, пандусы) и декоративных (клумбы, скульптуры, фонтаны, альпийские горки) малых архитектурных форм. В целом жители района выступают за создание на территории Яблоновского сада экологического парка или лесопарка с сохранением существующего рельефа местности и зеленых насаждений, особенно старовозрастных деревьев.

Анализируя состояние зеленых насаждений в целом, можно сказать, что, на территории Яблоновского сада присутствует значительное число деревьев и кустарников плохого (19,7 %) и удовлетворительного состояния (51,2 %), что обусловлено высокой антропогенной нагрузкой, возрастным фактором и недостаточным объемом мероприятий по уходу. У многих деревьев механические повреждения, в ряде случаев – термические ожоги [3].

Создание парков путем использования нарушенных городских земель уже имеет свою историю. Наиболее удачными примерами ревитализации таких территорий могут служить Долина Джоанн (Испания), Парк «Красная лента» (Китай) и Фрешкиллс-парк, Нью-Йорк (США) [5–8].

Выводы. В настоящее время остро стоит проблема дефицита территорий для создания рекреационных зон в черте города, поэтому наилучшим решением в данном случае является организация их на месте «бросовых» городских земель. К тому же современные технологии позволяют благоустроить даже самые непростые и проблемные территории, посредством создания искусственного рельефа, корректировку существующего рельефа путем перемещения больших объемов грунта. Тенденция создания «зеленых зон» на месте бывших свалок, карьеров и промышленных зон, выведенных из эксплуатации, и приобретает все большее распространение, особенно в крупных городах и мегаполисах. Вдобавок ревитализация этих зон на бывших промышленных и заброшенных общегородских территориях позволит наиболее эффективно использовать территориальные резервы города, повысить его экологическую устойчивость и улучшить условия жизни населения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Михайлова И.Д. Проблема организации парковой среды на нарушенных территориях / Academy of Pedagogical Ideas Novation. Series: Student Research Bulletin. – 2017. – № 4. – С. 5–16. – EDN YLXMKJ.
2. Природное и культурное наследие: междисциплинарные исследования, сохранение и развитие: Коллективная монография, СПб, РГПУ им. А.И. Герцена, СПб, 2018. – 461 с.
3. Ветров Л.С. Оценка состояния насаждений Яблоновского сада г. Санкт-Петербурга / Л.С. Ветров, М.О. Гурьянов, К.А. Ковалева // Леса России: политика, промышленность, наука, образование : материалы VI Всероссийской НТК, СПб, 26–28 мая 2021 года. Том 1. – СПб: СПбГЛТУ, 2021. – С. 104–107.
4. Паспорт Санкт-Петербурга 2021 г. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://kvs.gov.spb.ru/Паспорт_СПб_2021.pdf (дата обращения: 15.02.2023).
5. Ярмош Т.С. Социокультурное ландшафтное проектирование / Т.С. Ярмош, И.Д. Михайлова // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2018. – Т. 9, № 4. – С. 5-16.
6. 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.
7. Брайла Н.В., Романович М.А., Симанкина Т.Л., Попова О.Н., Цветков О.Ю., Шарманов В.В. / Правовое обеспечение землеустройства и кадастров: учебное пособие // СПбПУ. – СПб, 2021 – [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://elib.spbstu.ru/dl/5/tr/2021/tr21-4.pdf. – Загл. с титул. экрана.
8. Tsvetkov O., Simankina, T., Karmokova, K. Video-ecological coefficient of real estate objects / E3S Web of Conferences, Volume 91, 2 April 2019.

УДК 711.4; 624.131.6

Д.А. Баранов, К.Н. Криулин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

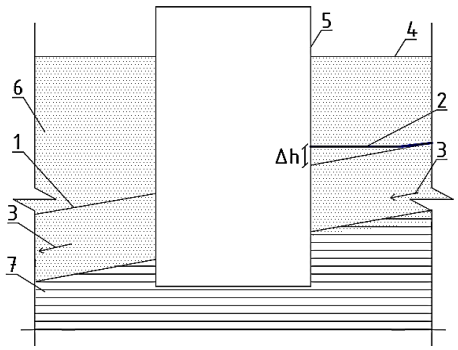
ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БАРРАЖНОГО ЭФФЕКТА В ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКЕ

Освоение подземного пространства городов в России и во всем мире является одной из основных современных тенденций в градостроительстве. Подземные сооружения, имеют различное назначение: инженерно-транспортные сооружения, предприятия торговли, объекты складского хозяйства, инженерные сети и оборудования и т.д. [1]. Расположение сооружений в подземном пространстве, как правило, обуславливает (особенно в условиях северо-западного региона РФ) их расположение ниже уровня грунтовых вод (УГВ). Такое расположение создает риск подтопления подземной части здания и прилегающей территории.

Одной из причин подтопления городских территорий и сооружений является барражный эффект, возникающий как результат полного или частичного перекрытия водоносного горизонта подземным сооружением. Следствие его проявления – подъем (подпор) УГВ перед сооружением.

Цель работы – проведение оценки изменения УГВ вследствие возникновения барражного эффекта при строительстве подземных зданий и сооружений при помощи программ моделирования потока ГВ.

Схема образования зоны подтопления в следствие барражного эффекта [2] при полном перекрытия водоносного горизонта представлена на рис. 1.



1 – УГВ до строительства;
2 – УГВ после строительства;
3 – поток ГВ;
4 – поверхность земли;
5 –сооружение;
6 – водоносный слой;
7 – водоупор;
Δh – подпор грунтовых вод.

Рис. 1. Схема формирования барражного эффекта

Для количественной оценки подпора УГВ от барражного эффекта может быть использована аналитическая методика [3]. Данная методика применима для прямоугольного в плане одиночного здания или сооружения, при полном перекрытии водоносного горизонта. Путем решения ряда формул, с ее помощью можно рассчитать изменение УГВ в различных точках вокруг здания. Однако, для упрощения аналитического процесса можно воспользоваться программами компьютерного моделирования потока грунтовых вод. Одной из таких программ является MODFLOW [4]. Это модульная конечно-разностная модель потока Геологической службы США, которая представляет собой компьютерный код, решающий уравнения потока подземных вод. Программа используется гидрогеологами для моделирования течения подземных вод через водоносные горизонты.

В качестве иллюстрации формирования барражного эффекта была смоделирована следующая ситуация.

Таблица 1 – Исходные данные

Область моделирования, м	УГВ1, м	УГВ2, м	Уклон УГВ и территории, I	Коэффициент фильтрации, $k_ф$, м/сут.		Глубина потока (над водоупором), $h_{гв}$, м
				грунта	водоупора	
200×200	8,5	6,5	0,01	10	10^{-4}	6,5

Скорость потока: $V = Ik_{\text{ф}} = 0{,}01 \cdot 10 = 0{,}1$ м/сут.;

Удельных расход потока: $q = Vh_{\text{гв}} = 0{,}1 \cdot 6{,}5 = 0{,}65$ м^2/сут.

На рисунке 2 представлены результаты моделирования УГВ до строительства. Так как область моделирования и поведение грунтовых вод имеет симметрию, на рисунке представлена половина плана. На плане УГВ обозначен линиями гидроизогипсами.

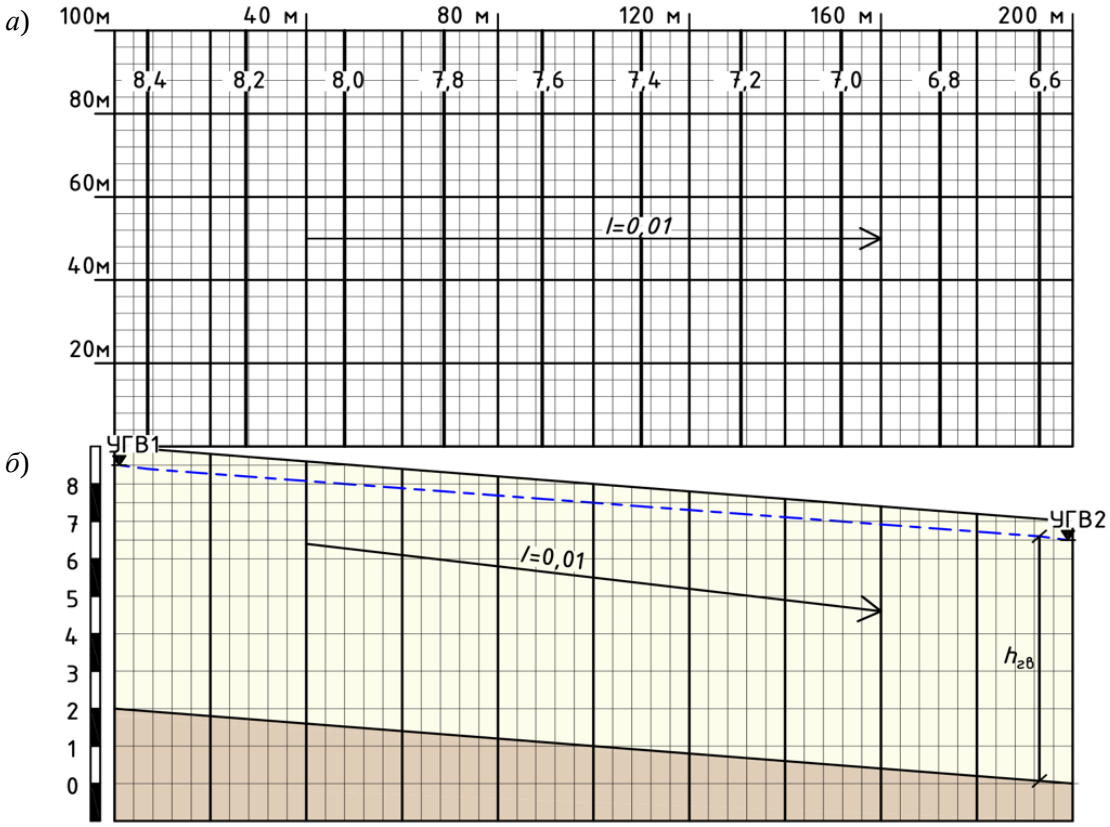


Рис. 2. Результаты моделирования УГВ до строительства:
а – план, *б* – разрез (профиль)

На рисунке 3 представлены результаты моделирования УГВ после строительства здания длинной 60 м (сторона расположенная перпендикулярно направлению потока ГВ) и шириной 20 м (сторона, расположенная вдоль направления потока ГВ). Фундамент здания расположен на нулевой отметке. УГВ до строительства обозначен пунктирными линиями.

Сравнив полученные результаты моделирования до и после строительства, можно сделать выводы об основной трансформации УГВ:

– подъем УГВ непосредственно перед зданием, увеличение на значение подпора Δh=0,31 м;
– понижение УГВ после здания, уменьшение на значение подпора Δh=0,31 м;
– Зона распространения барражного эффекта:
  фронтальное влияние: ярко выраженное – ~60 м, слабо выраженное – ~90 м;
  боковое влияние: ярко выраженное – ~30 м, слабо выраженное – ~60 м;
– Значительное увеличение скорости фильтрации вокруг здания и контактной фильтрации.

Барражный эффект может привести к заболачиванию территории, нарушению норм осушения, и нарушению взаимной работы фундамента с основанием, как следствие вымывания грунта [5]. Исходя из вышеизложенных фактов, барражный эффект – крайне опасное явление, требующее предварительной оценки.

Аналитические методики разработаны под конкретные ситуации, как например полное или неполное перекрытие водоносного горизонта фундаментом здания. Также аналитические методики позволяют рассчитать влияние только от одного здания прямоугольной формы [6].

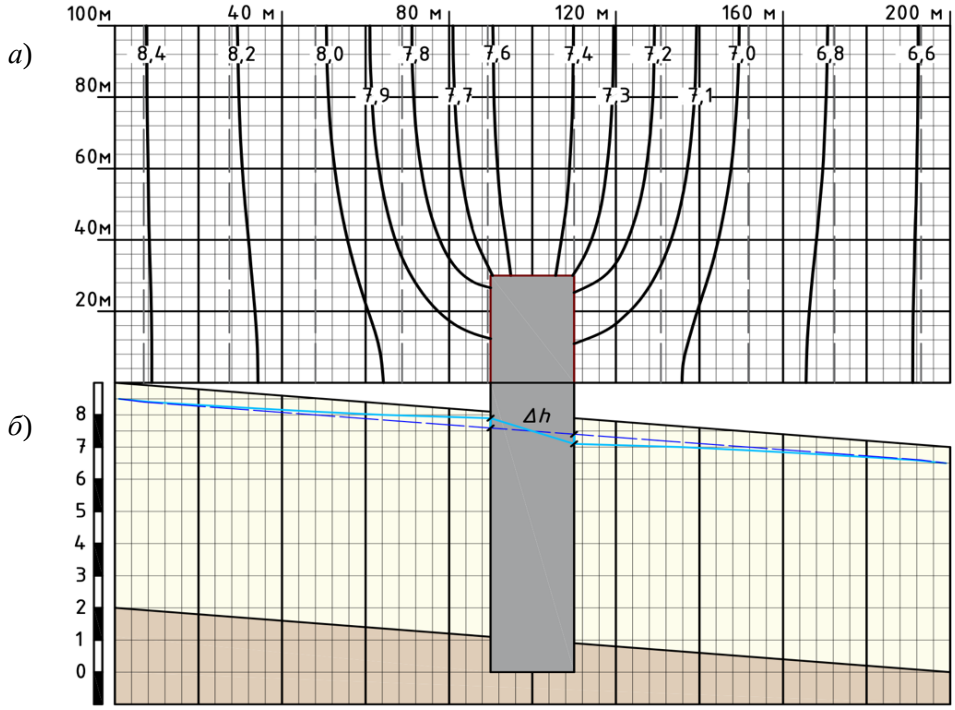


Рис. 3. Результаты моделирования УГВ после строительства:
а – план, *б* – разрез (профиль)

Программа MODFLOW в свою очередь является универсальным инструментом для анализа изменения УГВ, как следствие барражного эффекта. Она способна моделировать практически любые ситуации, включая группы зданий и фундаменты сложной конфигурации. Также преимуществом компьютерного моделирования является уменьшение трудоемкости аналитического процесса.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о необходимости прогнозной оценки изменения УГВ, как результата барражного эффекта при строительстве заглубленных подземных сооружений. Рекомендованной методикой для анализа является компьютерная программа моделирования потока ГВ MODFLOW.

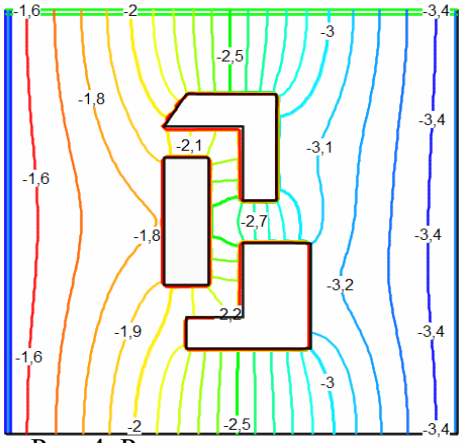


Рис. 4. Результат моделирования группы зданий различной формы

ЛИТЕРАТУРА:

1. Руководство по комплексному освоению подземного пространства крупных городов. М., 2004;
2. Криулин К.Н., Петренко М.С., Чернов П.В. Антибарражный дренаж – защита от подтопления территорий при строительстве подземных сооружений. //Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2022. Т. 303. С. 70–77.
3. Инженерные изыскания для строительства: практика и опыт Мосгоргеотреста // Гл. ред. Антипов А.В., Осипов В.И. – М: ООО Издательство «Проспект», 2012. – 352 с.
4. Harbaugh A.W., 2005, MODFLOW-2005, the U.S. Geological Survey modular ground-water model – the Ground-Water Flow Process: U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A16.
5. Криулин К.Н., Петренко М.С., Баранов Д.А., Оценка подтопления территорий как следствие барражного эффекта при освоении подземного пространства городов. // Неделя науки ИСИ. СПбПУ. 2022. С. 115–117.
6. Брайла Н.В., Романович М.А., Симанкина Т.Л., Попова О.Н., Цветков О.Ю., Шарманов В.В. / Правовое обеспечение землеустройства и кадастров: учебное пособие // СПбПУ. – СПб, 2021 – [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://elib.spbstu.ru/dl/5/tr/2021/tr21-4.pdf. – Загл. с титул. экрана.

УДК 711.51

А.А. Демышева, Т.Л. Симанкина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИИ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА 2005 ГОДА

Санкт-Петербург – один из крупнейших городов России, являющийся культурным, экономическим и научным центром страны. Развитие города и его инфраструктуры является важным направлением государственной политики, где одним из инструментов его регулирования служит генеральный план. Генплан определяет основные направления развития, зонирование территории, требования к застройке и благоустройству, а также содержит ряд показателей, которые позволяют оценить эффективность реализации стратегического плана развития города.

Цель работы – провести анализ выполнения параметров генерального плана, которые были приняты в 2005 г. и отредактированы в 2018 г. на основании доклада о ходе реализации генерального плана Санкт-Петербурга в 2020 г. [1].

Актуальность. Срок реализации генерального плана составляет 20 лет, что является большим промежутком времени, при котором невозможно предусмотреть обстоятельства непреодолимой силы, влияющие на реализацию задуманного. Предыдущий документ был принят на срок 2005–2025 гг. [2]. Отчеты об исполнении генерального плана выпускаются регулярно. По последним доступным данным, имеется Доклад о ходе реализации генерального плана Санкт-Петербурга в 2020 г. [1]. За 15 лет можно сделать выводы по эффективности реализации стратегического плана развития города в перспективе. Анализ показателей генерального плана позволяет выявить тенденции изменения функциональных зон, оценить эффективность использования городских территорий и выявить проблемные области. Также рассмотрение показателей генерального плана за различные периоды времени позволяет сделать выводы о том, насколько актуальны были планировочные решения, принятые в 2005 г., а также о грамотности корректировки в соответствии с текущими потребностями города.

Территориальное планирование, основанное на генеральных планах крупных и малых городов, чрезвычайно важно для любого региона, но особенно для такого большого, как Санкт-Петербург. Генеральный план создается для разработки и реализации единой концепции территории города. В данном документе закладываются основные показатели, которые должны быть достигнуты для планомерного и последовательного изменения города, улучшения жизни в Санкт-Петербурге. Большой срок реализации генерального плана не всегда дает объективную оценку использования территорий, из-за чего в данный документ вносят большое количество правок и изменений, что делает его менее фундаментальным [3]. Последний генеральный план был разработан в 2005 г., но последние изменения генерального плана были в 2018 г. [4, 7].

Рассмотрим основные показатели, которые имели важное значение при разработке генерального плана Санкт-Петербурга в 2005 г. Одними из наиболее важных аспектов были: сохранение исторической архитектуры, уникальной культурной и природной среды города, а также обеспечение экономического и социального развития города. В генеральном плане были определены основные направления развития города, включая развитие транспортной инфраструктуры, жилищное строительство, благоустройство и озеленение территорий. Важным компонентом при разработке документа был также учет мнения и интересов жителей города [5, 6].

В генеральном плане закладываются значения по «соотношению площадей, занимаемых основными функциональными зонами (по видам зон), в процентах от площади Санкт-Петербурга – субъекта Российской Федерации, равной 100%, на прогнозируемый период с учетом территорий, планируемых для развития функциональных зон за пределами расчетного срока Генерального плана Санкт-Петербурга» [2, 4, 8].

Ниже представлена таблица 1 запланированных значений генерального плана на 2025 г. в 2005 г. и в редакции 2018 г., действительные значения на данный год и процент выполнения плана по сравнению с редакцией 2018 г.

Таблица 1 – Изменение баланса территории Санкт-Петербурга по видам функциональных зон в 2020 г. по сравнению с планируемыми показателями за 2005 г.

Наименование зоны	Значения генерального плана в 2005 г., %	Значения, заложенные в генеральном плане 2005 г., %	Значения генерального плана, которые имеются в 2020 г., %	Реализация генерального плана по сравнению с редакцией 2005 г., %
Жилые зоны	20	24	23	-1
Общественно-деловые зоны	7	8	8,4	+0,4
Производственные зоны и зоны инженерной и транспортной инфраструктур	21	23	24,7	+1,7
Зоны сельскохозяйственного использования	12	5	3	+2
Рекреационные зоны	34	34	30,9	-3,1
Зоны специального назначения	2	2	1,4	-0,6
Акватория	4	4	4,1	+0,1

По данной таблице можно заметить, что в исходном генеральном плане было стремление увеличить жилую, общественно-деловую, производственную, инженерную и транспортную зоны, сократить сельскохозяйственную и оставить на прежнем уровне акваторию, рекреационную и специального назначения зоны. На 2020 г. превышен план на общественно-деловую, сельскохозяйственную, акваторию, производственную, инженерную и транспортную зоны. План на жилую зону оказался не довыполнен. Отметим, что доли на рекреационные зоны и специального назначения изменились, хотя в планах данного не предусматривалось.

Ниже представлена таблица 2 запланированных значений генерального плана на 2025 г. в редакции 2018 г., действительные значения на данный год и процент выполнения плана по сравнению с редакцией 2018 г.

Таблица 2 – Изменение баланса территории Санкт-Петербурга по видам функциональных зон в 2020 г. по сравнению с планируемыми показателями за 2018 г.

Наименование зоны	Значения генерального плана в 2005 г., %	Значения, заложенные в генеральном плане 2018 г., %	Значения генерального плана, которые имеются в 2020 г., %	Реализация генерального плана по сравнению с редакцией 2018 г., %
Жилые зоны	20	27	23,0	-4
Общественно-деловые зоны	7	8	8,4	+0,4
Производственные зоны и зоны инженерной и транспортной инфраструктур	21	25	24,7	-0,3
Зоны сельскохозяйственного использования	12	3	3	0
Рекреационные зоны	34	30	30,9	+0,9
Зоны специального назначения	2	3	1,4	-1,6
Акватория	4	4	4,1	+0,1

В таблице 2 можно увидеть, что наблюдается недостаток зон жилой, производственной, инженерной и транспортной инфраструктур. Зоны специального назначения и рекреационные не уменьшились до нужных значений. Параметры долей в общественно-деловой зоне превышают запланированные показатели. В соответствии с генеральным планом происходит реализация зон сельскохозяйственного использования.

Вывод. Генеральный план Санкт-Петербурга в редакции 2018 г. продолжает увеличивать долю жилой застройки, транспортной и инженерной зоны, за счет уменьшения доли производственной и рекреационной зон, поэтому, некоторые из показателей, заложенных в генеральном плане Санкт-Петербурга в 2005 г., изменились. Однако, генеральный план по-прежнему является важным стратегическим документом, определяющим основные направления развития города на долгосрочную перспективу.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Доклад правительства Санкт-Петербурга законодательному собранию Санкт-Петербурга о ходе реализации генерального плана Санкт-Петербурга в 2020 году на основании закона Санкт-Петербурга от 28.10.2009 № 508-100 «О градостроительной деятельности в Санкт-Петербурге» основные положения [Электронный ресурс] – URL: https://clck.ru/33ni9x (дата обращения 06.03.2023);
2. Закон Санкт-Петербурга от 22.12.2005 N 728-99 «О Генеральном плане Санкт-Петербурга и границах зон охраны объектов культурного наследия на территории Санкт-Петербурга» (принят ЗС СПб 21.12.2005) // СПС «КонсультантПлюс»;
3. Каплан Л.М. Концептуальные подходы к разработке нового плана комплексной застройки Санкт-Петербурга / Л.М. Каплан // Вестник гражданских инженеров. – 2012. – № 3(32). – С. 258–264. – EDN PIOFIJ;
4. Закон Санкт-Петербурга от 22.12.2005 N 728-99 (ред. от 19.12.2018, с изм. от 07.12.2021) «О Генеральном плане Санкт-Петербурга» (принят ЗС СПб 21.12.2005) // СПС «КонсультантПлюс»;
5. Герцберг Л.Я. Актуализация методических основ разработки генеральных планов в контексте современных угроз и вызовов развитию городов / Л. Я. Герцберг // Academia. Архитектура и строительство. – 2018. – № 2. – С. 91–97. – DOI 10.22337/2077-9038-2018-2-91-97. – EDN XSUSHR;
6. 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;
7. Брайла Н.В., Романович М.А., Симанкина Т.Л., Попова О.Н., Цветков О.Ю., Шарманов В.В. / Правовое обеспечение землеустройства и кадастров: учебное пособие // СПбПУ. – СПб, 2021 – [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://elib.spbstu.ru/dl/5/tr/2021/tr21-4.pdf. – Загл. с титул. экрана.
8. Tsvetkov O., Simankina, T., Karmokova, K. Video-ecological coefficient of real estate objects / E3S Web of Conferences, Volume 91, 2 April 2019.

УДК 725.9

У.С. Спиридонова, Н.В. Брайла
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ Г. ИЖЕВСКА НА ПРИМЕРЕ АДАПТАЦИИ ПИВО-МЕДОВАРЕННОГО ЗАВОДА ИМЕНИ БОДАЛЕВА

Адаптация бывших индустриальных территорий в городскую среду все еще остается актуальной задачей. Важную роль в самобытности города играют исторические промышленные постройки прошлых столетий, которые в настоящее время имеют статус памятников культурного наследия, но уже не функционируют по прямому назначению.

Индустриальные комплексы имеют ряд особенностей, которые могут послужить хорошим преимуществом при их рефункционализации, например, высокие потолки, большие (панорамные) окна, возможность свободной планировки, удобство подъездных путей и другое.

Доминантами и знаковыми примерами исторических промышленных зданий с высокой историко-культурной ценностью г. Ижевска являются Главный корпус оружейного завода и Пиво-медоваренный завод Бодалева. Однако, эти объекты находятся в заброшенном, технически-неудовлетворительном состоянии и нуждаются в масштабной реконструкции.

С развитием строительных, научных, инновационных технологий, новых градостроительных течений Ижевск постепенно модернизируется, становится административно-деловым центром, опирающимся на технологически развитые объекты. Таким образом, технопарки, медиацентры и индустриальные парки могут служить новой функцией для пустующих или неэффективно используемых промышленных территорий [1].

1. Анализ зарубежного и отечественного опыта.

Опыт реорганизации исторических промышленных территорий широко применяется как за рубежом, так и в России. Примером зарубежного опыта является технополис «Буш-хаус» (рис.1) в Эдинбурге. Объект состоит из комплекса зданий, где удачно совмещены реорганизация старых исторический зданий и новая современная застройка. Технополис расположен на территории парковой зоны и представляет собой застройку с низкой плотностью среды, характеризующуюся спокойной атмосферой. Бизнес-парк в структуре комплекса связан с университетом Эдинбурга, он легко трансформируется под запросы пользователей для создания научных и инновационных технологий. Отдельно стоящие исторические здания «Буш-хаус» при реконструкции были преобразованы в гибкую планировочную структуру и теперь полностью соответствуют современным потребностям арендаторов, но в то же время транслируют чувство преемственности и духа старины. Парк оснащен развитой инфраструктурой, которая хорошо вписывается в природный ландшафт [2]. В России особенно много исторических объектов, которые требуют внимания градостроителей, находится в Санкт-Петербурге [3, 4]. Здесь одним из примеров успешной ревитализация объекта является завод пивоварни им. Степана Разина (рис. 2). Сегодня этот объект, построенный во второй половине XIX века, известен как многофункциональный комплекс «Степан Разин». На территории бывшего завода расположен коворкинг, в котором расположены «стриминг-комната и брифинг зона», оснащенные современным оборудованием. Офисные и рабочие пространства предусмотрены для сдачи в аренду. Также на территории комплекса размещены кофейня, ресторан и бар с собственной пивоварней. Так, современное функциональное использование здания исторически связано с первоначальным назначением бывшего завода. А выгодное местоположение технопарка делает его привлекательным для потенциальных посетителей и арендаторов [5].

Рис. 1

Рис. 2

2. Анализ территории г. Ижевска в контексте инновационной деятельности.

Согласно Стратегии социально-экономического развития муниципального образования «Город Ижевск» на 2016–2025 гг. на сегодняшний день роль информационных технологий в экономике Удмуртской республики и города Ижевска незначительна. Перепродажи оборудования, лицензий на программное обеспечение идет в ущерб разработке программных продуктов и оказанию услуг, а большинство компаний в отрасли относятся к категории малого бизнеса. Также наблюдается отток квалифицированных кадров в другие регионы, а количество специалистов в области информационных технологий, готовых к работе в современных условиях недостаточно [6].

Одной из причин слаборазвитого рынка информационных технологий является недостаточное количество мест для их реализации. Сегодня на территории Ижевска расположены: один бизнес-инкубатор, два технопарка, два детских технопарка, три индустриальных парка, пять Научно-исследовательских институтов и коворкинг-центры (рис. 3).

В связи с этим, в Ижевске необходимо создание новых или реорганизации существующих и пустующих зданий для совместной научно-исследовательской, деловой и производственной деятельности, размещение которой допустимо в черте города. Одним из предлагаемых путей развития отрасли информационных технологий может стать создание нового техно- и медиацентра на территории пустующего промышленного здания.

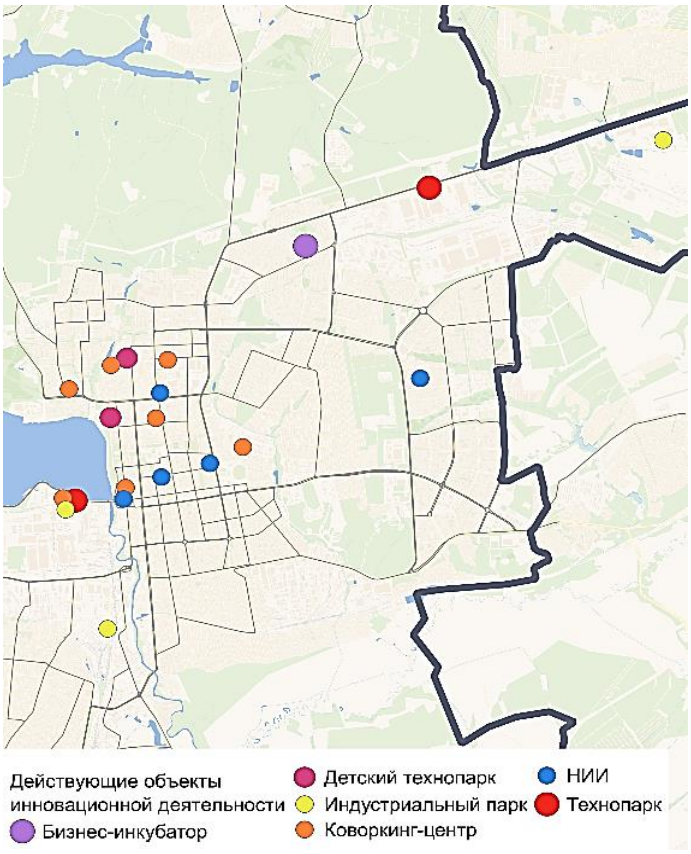


Рис. 3

В качестве примера реорганизации такой территорий в структуре городской застройки предложен пивоваренный завод имени Бодалева, построенный в конце XIX века (рис.4).

Бывший завод расположен вдоль набережной Ижевского пруда, он хорошо вписывается в окружающий ландшафт и играет значительную роль в панораме города. Здание выполнено в неоготическом стиле, который характерен для большинства промышленных построек во второй половине XIX – начале XX вв. В плане представляет две Г-образные формы, которые соединены переходом. Обе части здания имеют протяженные одноэтажные части, которые к северу становятся двухэтажными и завершаются трехэтажной башней.

Приспособление данной территории под научную, инновационную деятельность может способствовать оживлению деловой активности города, а также способствовать привлечению новых инвестиции.

Согласно национальному стандарту РФ ГОСТ Р 56425-2021 «Технопарки», в состав территории технопарка должно входить: не менее 40% площади зданий, предназначенных для ведения научной и инновационной деятельности, и не менее 50%, предназначенных для

размещения резидентов технопарка. Территория технопарка должна быть оснащена системой коммуникаций и инженерными сетями, обеспечивающих деятельность резидентов.

При разработке проекта технопарка необходимо учитывать, что его внутреннее пространство должно обладать гибкой планировочной структурой и легко трансформироваться с большим количеством вариантов. Способность к трансформации внутренних помещений может достигаться с помощью упрощения планировки здания, снижения перепада высот между этажами, минимизации стен и перегородок, уменьшении количества колонн, а также менее протяженным коммуникациям [7].

Рис. 4

Таким образом, необходимость развития инновационных технологий в г. Ижевск влечет за собой создание новых техно- и медиацентров. Большие площади как внутреннего, так и внешнего пространства пустующих индустриальных территорий представляют собой возможность для развития общественных зон и улучшения качества городской среды. Реорганизация таких исторических промышленных предприятий, которые находятся в черте городской застройки в непосредственной близости с социально-культурным центром, несет в себе не только высокую историко-культурную ценность, но и может способствовать их максимально эффективному использованию и социально-экономическому развитию города.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Демидова Е.В. Реабилитация промышленных территорий как части городского пространства // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2013. – № 1 – С.8–13.
2. Сазыкина Е.В. Обзор проблематики современной промышленной архитектуры Великобритании // МНИЖ. – 2016. – №5-2 (47). – С.114–119.
3. Куклина М.С., Цветков О.Ю. Экспериментальная модель реновации исторической застройки и прилегающих территорий в г. Кронштадт // Неделя науки ИСИ: сб. науч. ст. ч.1 – Санкт-Петербург, 2022. – С.143–145.
4. Знобищева М.С., Брайла Н.В. Проблемы реконструкции исторического центра Санкт-Петербурга // Инженерные задачи: проблемы и пути решения: сб. науч. ст – Архангельск, 2020. – С.115-118.
5. Сташин И.А. Ревитализация здания завода пивоварни им. Степана Разина в Санкт-петербурге: концепция создания технопарка // «Chronos» мультидисциплинарные науки том –2021 – 64(54) – С.15–17.
6. Стратегия социально-экономического развития муниципального образования «Город Ижевск» на 2016-2025 годы: Одобрена решением Городской думы города Ижевска от 14 апреля 2016 года №150.
7. Воробьева А.М., Чеботарев Д.В., Начаркин И.И. Особенности архитектурно-планировочных решений комплексов зданий технопарков // Молодой исследователь Дона – 2017 – №4(7) – С.17–19.
8. Брайла Н.В., Романович М.А., Симанкина Т.Л., Попова О.Н., Цветков О.Ю., Шарманов В.В. / Правовое обеспечение землеустройства и кадастров: учебное пособие // СПбПУ. – СПб, 2021 – [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://elib.spbstu.ru/dl/5/tr/2021/tr21-4.pdf. – Загл. с титул. экрана.

УДК 330.322.2

И.А. Лебедева, О.Ю. Цветков
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОРГАНИЗАЦИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И АРХИТЕКТУРЕ

Строительство и архитектура являются одними из наиболее важных отраслей экономики любой страны. Инвестиции в эти отрасли необходимы для улучшения инфраструктуры и развития национальной экономики. В связи с этим, организация инвестиционной деятельности в строительстве и архитектуре является важным вопросом для устойчивого развития отрасли.

Цель работы – изучение организации инвестиционной деятельности в строительстве и архитектуре. Для достижения этой цели были поставлены следующие *задачи*:

1. Изучение существующих инвестиционных стратегий в строительстве и архитектуре;
2. Анализ преимуществ и недостатков различных инвестиционных стратегий;
3. Исследование инвестиционной деятельности в строительстве и архитектуре на примере ряда проектов.

Инвестиции в строительство и архитектуру имеют стратегическое значение для развития экономики страны. В настоящее время наблюдается увеличение объемов инвестиций в эти отрасли во многих странах. В связи с этим, организация инвестиционной деятельности в строительстве и архитектуре является актуальной темой для исследования.

В результате исследования было выявлено, что инвестиции в строительство и архитектуру являются одними из наиболее рискованных видов инвестиций, поскольку в этих отраслях существуют многие факторы, которые могут повлиять на успешность проекта, такие как:

1. Размер и сложность проекта: чем больше и сложнее проект, тем выше вероятность возникновения проблем в ходе его реализации. Такие проблемы могут быть связаны с координацией различных команд, техническими ограничениями и прочими сложностями.
2. Опытность команды: Команда, работающая над проектом, должна иметь достаточный опыт в строительстве и архитектуре. Это поможет избежать ошибок и снизить вероятность задержек в ходе реализации проекта.
3. Финансирование: от доступности финансирования зависит возможность реализации проекта. Если инвесторы не смогут обеспечить достаточное финансирование, то реализация проекта может задержаться или даже не состояться.
4. Изучение рынка: необходимо провести анализ рынка, чтобы определить спрос на конкретный проект и понять, насколько он будет конкурентоспособным. Если на рынке уже есть аналогичные проекты, то может быть сложнее привлечь инвесторов и добиться успеха.
5. Социальная ответственность: проект должен соответствовать требованиям социальной ответственности и учитывать интересы окружающей среды, соответствовать нормам безопасности и здоровья населения.
6. Сроки реализации проекта: важно определить реалистичные сроки реализации проекта, учитывая все сложности и особенности, чтобы избежать задержек и убедиться в достижении поставленных целей вовремя.
7. Квалификация и опытность подрядчиков: Подрядчики, занимающиеся строительством и реализацией проекта, должны иметь достаточную квалификацию и опытность в своей области. Это поможет избежать технических ошибок и повысить качество работы.
8. Поддержка государства: Поддержка со стороны государства в виде налоговых льгот, финансовых инвестиций и других мер может оказать положительное влияние на успешность проекта.

Успешность проекта при инвестиции в строительство и архитектуру зависит от многих факторов, и каждый проект имеет свои особенности и сложности. Поэтому необходимо тщательно изучать все аспекты и разрабатывать стратегию, чтобы максимально снизить риски и обеспечить успех проекта.

Однако, если правильно организовать инвестиционную деятельность, то можно достичь высокие доходы и существенно улучшить экономическое положение в стране.

В ходе исследования были изучены различные инвестиционные стратегии в строительстве и архитектуре, такие как строительство жилых и коммерческих объектов, инвестиции в инфраструктуру, реконструкцию и ремонт зданий. Был проведен анализ преимуществ и недостатков каждой из этих стратегий.

Были проанализированы несколько проектов, реализованных в разных странах, в которых были использованы различные инвестиционные стратегии. Это позволило сделать вывод о том, что для успешной организации инвестиционной деятельности в строительстве и архитектуре необходимо учитывать не только финансовые аспекты, но и социально-экономические и экологические факторы.

Краткие *выводы*:

Организация инвестиционной деятельности в строительстве и архитектуре является сложной и рискованной задачей. Важно учитывать множество факторов, таких как финансовые, социальные, экономические и экологические. Необходимо выбирать оптимальную инвестиционную стратегию в зависимости от конкретной ситуации и учитывать все возможные риски.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Архитектура и строительство: вклад в развитие экономики. URL: https://www.rbc.ru/magazine/2016/10/57f09da49a7947806d137078 (дата обращения: 11.03.2023);
2. Гарри П. Инвестирование в недвижимость. М.: Вильямс, 2018. 352 с.;
3. Хэнкс Р. Недвижимость: инвестиции, финансы, управление. М.: Олимп-Бизнес, 2019. 432 с.;
4. Надежный инвестор. Строительство и архитектура. URL: https://investor.ru/industry/realty/ (дата обращения: 11.03.2023);
5. Князева Е.В. Инвестиции в строительство: теория и практика. М.: Юрайт, 2020. 256 с.;
6. Петров А.Б. Инвестиции в недвижимость. М.: Феникс, 2019. 256 с.;
7. Князева Е.В., Смирнова О.А. Организация инвестиционной деятельности в строительстве. М.: Издательство Юрайт, 2021. 224 с.;
8. Архитектура и строительство в условиях экономического кризиса. URL: https://www.vestifinance.ru/articles/161442 (дата обращения: 11.03.2023);
9. Черемных И.М. Управление инвестициями в строительстве. М.: Экон-Информ, 2018. 256 с.

УДК 625.88

С.С. Амини, Т.Л. Симанкина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА ДОСТУПНОСТИ ГОРОДСКОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ В Г. КАБУЛ, АФГАНИСТАН

Цель работы: оценка уровня доступности общественных городских пространств для людей с ограниченными возможностями г. Кабула. Задачи, которые необходимо решить в работе: определить уровень доступности общественных городских пространств для людей с ограниченными возможностями в г. Кабуле; дать оценку нормативным документам Афганистана, разработанным для обеспечения условий проживания и работы инвалидов; определить зарубежные стандарты, приемлемые для разработки рекомендаций при планировании и проектировании городского пространства.

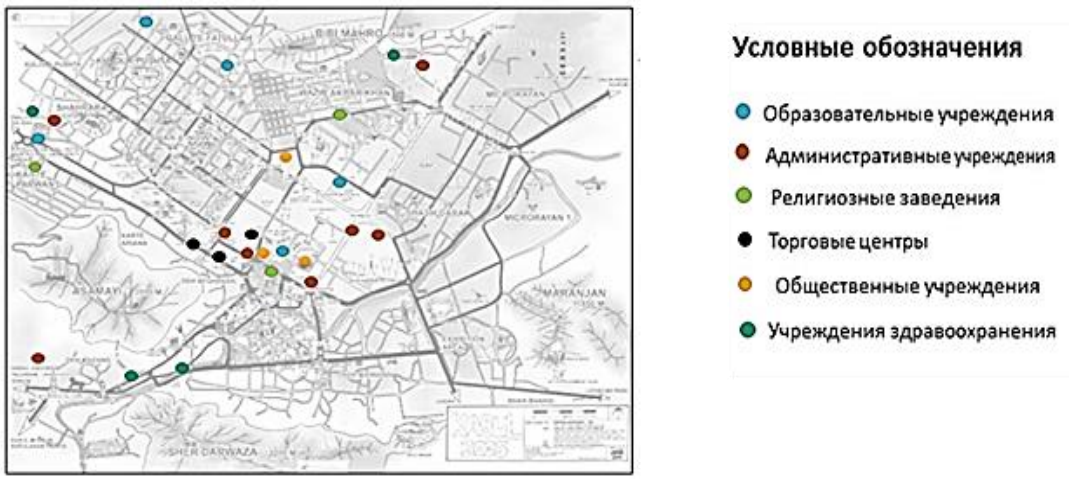
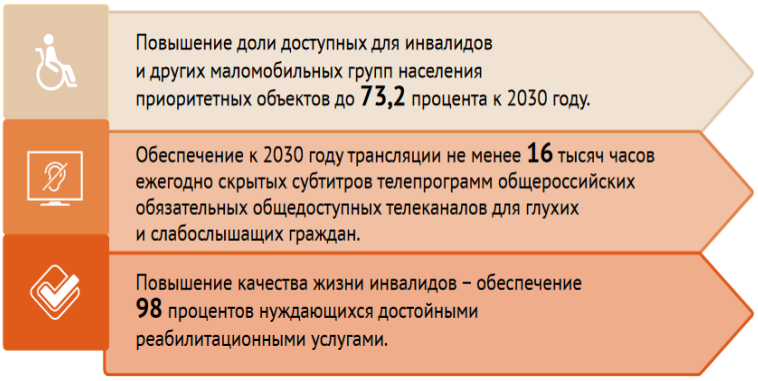


Рис. 1 [7]

В Афганистане на сегодняшний день практически отсутствуют документы, содержащие нормы и правила планирования и проектирования городов, жилых и общественных зданий с учётом потребностей людей с ограниченными возможностями.



В 2017 г. министерством градостроительства и земляных ресурсов Афганистана был опубликован документ под названием «Принципы городского и жилищного планирования». Данный документ не содержит никаких рекомендаций, конкретных норм и стандартов по проектированию городов и городских объектов с учетом потребностей людей с ограниченными возможностями [1]. Это в то время, когда по данным Независимой комиссии по правам человека, в Афганистане проживает свыше четырех миллионов (4475800) людей с ограниченными возможностями, что охватывает 14% населения Афганистана. Основной причиной увеличения числа инвалидов в Афганистане является война [2].

Для разработки рекомендаций по созданию городской среды, доступной для беспрепятственного передвижения людей с ограниченными возможностями, были изучены российский опыт и стандарты, а также учтены иранские стандарты, как наиболее подходящие с учетом образа жизни и климата.

Опыт России. С 2011 г. в России реализуется государственная программа «Доступная среда» на 2011-2025 гг. (утверждена постановлением Правительства РФ от 29 марта 2019 г. No 363) [3]. Программа «Доступная среда» была разработана Минтрудом РФ и направлена на решение следующих задач:

- оценка состояния и повышение доступности объектов и услуг в приоритетных сферах жизнедеятельности инвалидов и других маломобильных групп населения;
- устранение социальной разобщенности инвалидов и граждан, не являющихся инвалидами;
- модернизация государственной системы медико-социальной экспертизы;
- обеспечение равного доступа инвалидов к реабилитационным услугам [4].

Кроме того, в области создании доступной среды в России разработаны другие нормативные документы как ГОСТ, СП, СНиП и др. В работе учтены все вышеназванные нормативные документы.

Опыт Ирана. Высший совет по городскому планированию Ирана на заседании в 1989 году предложил Министерству строительства и городского развития необходимость устранения препятствий на пути передвижения, обеспечить доступ к общественным местам, городски пространствам и городскому оборудованию для людей с различными ограниченными возможностями [5].

Таблица 1 – Сводные значения показателей потребности для МГН

Стандартные группы	Рекомендуемые показатели
Пешеходные дорожки	Ширина дороги не менее 200 см; Продольный уклон – не превышать 5%, поперечный – не превышать 2%.
Пандусы	Ширина пандуса не менее 120 см; Ограждение с обеих сторон поверхности пандуса; Диаметр ограждения не более 3,5 см; Высота забора от наклона от 65 до 80 см; Отсутствие скользкого пути, от 5% до 8%; Размеры наклонной поверхности не менее 150×150 см.
Лифты	Общее качество лифта для инвалидов; Минимальные полезные размеры 110×140 см; Высота лифтовой камеры от 100 до 120 см.
Двери	Ширина дверей не менее 100 см; Дверная рама без порога или менее 2 см; Высота ручки от пола не более 100 см.
Услуги	Минимальная ширина для входа в ванную комнату составляет 90 см; Никаких скользких, нескользящих полов; Подходит для положения в туалете; Рычажные смесители с максимальным расстоянием 60 см от переднего края унитаза; Стандартная установка сиденья для унитаза (высота 45 см от пола и 30 см от стены; Вспомогательная ручка по бокам чаши (между 90 и 80 см от пола и на 20 см впереди переднего края чаши); Туалетное пространство не менее 170×150 с возможностью поворота инвалидной коляски.
Парковки	Парковка для инвалидов должна иметь размер 6,0×3,6 м; Специальные знаки для парковки автомобилей для инвалидов.

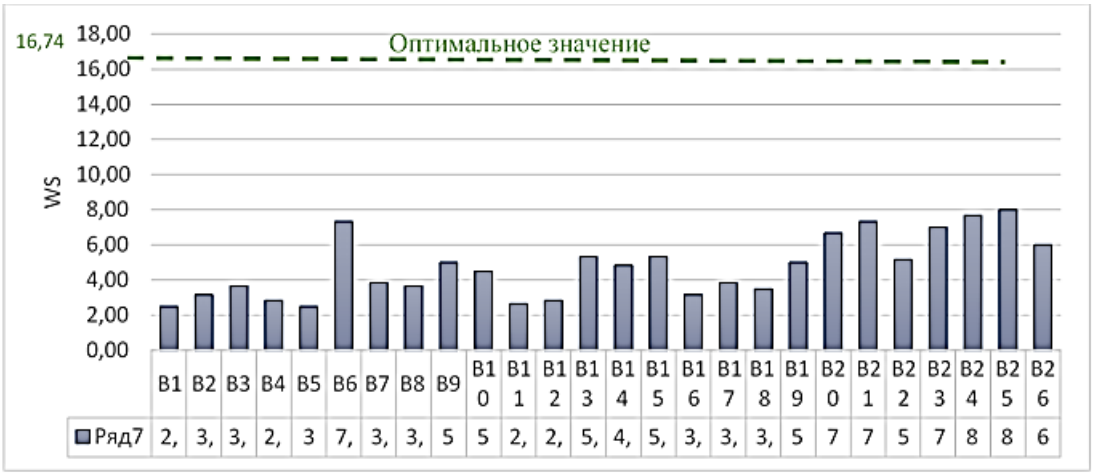


Рис. 2. Сравнение показателей объектов для МГН с оптимальным значением [6]

Основываясь на международных рекомендациях, опыте РФ и усилиях Ирана, предлагаются стандартные группы и показатели для улучшения городского пространства и общественных объектов г. Кабула (таблица 1). Стандарты, представленные в таблице, взяты из российских и иранских стандартов по адаптации городских зданий к потребностям МГН.

Результат исследования по анализу соответствия городского пространства потребностям людей с ограниченными возможностями в г. Кабуле, в котором были рассмотрены 26 объектов, показал, что городская среда является неподходящим для использования МГН и была доказана необходимость внесения изменений в городское планирование г. Кабула, поскольку были выявлены физические препятствия для жизни и активного участия людей с ограниченными возможностями в городе [6].

Вывод. Необходимо внесения изменений в нормативные документы Афганистана, применяемые при городском планировании г. Кабула, учитывающие потребности людей с ограниченными физическими возможностями, поскольку были выявлены физические препятствия для жизни и активного участия людей с ограниченными возможностями в жизни города.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Принципы городского и жилищного планирования. [Электронный ресурс] URL: https://km.gov.af/files.pdf (дата обращения: 08.03.2023 г.);
2. Независимая комиссия Афганистана по правам человека- [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://da.azadiradio.com/a/31173761.html. (Дата обращения: 12.10.2022 г.);
3. Государственная программа «Доступная среда» на 2011–2025 гг. – [Электронный ресурс]: Режим доступа https://admmuji.ru/blog/zhaloby/tselevaya-gosudars (Дата обращения: 10.03.2023 г.);
4. «Доступная среда» на 2022–2030 годы – [Электронный ресурс]: Режим доступа https://zhit-vmeste.ru/gosprogramma-dostupnaya-sreda/ (Дата обращения: 11.03.2023 г.);
5. Правила и положение проектирования городов с учетом потребностей МГН (2020 г.) [Электронный ресурс]: Режим доступа https://media.behzisti.ir/d/2022/02/26/0/171270.pdf (Дата обращения: 08.02.2023 г.);
6. Амини С.С., Симанкина Т.Л. Анализ соответствия городского планирования потребностям людей с ограниченными физическими возможностями в г. Кабуле. 2022.Т4. №1. с.25-34.DOI:10.34031/2687-0878-2022-4-1-25-34;
7. Карта Кабула – [Электронный ресурс]: Режим доступа http://www.kandagar.su/index/provincii_afganistana/0-309. (Дата обращения: 20.10.2022 г.).

УДК 711.432

П.А. Торчинская, Н.В. Брайла
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ Г. ГЕЛЕНДЖИК

Муниципальное образование город-курорт Геленджик – классический приморский курорт Черноморского побережья, с характерным практически двукратным изменением численности населения от зимнего сезона к курортному (рис. 1). Основной градообразующей отраслью является санаторно-курортный и туристический комплекс, который оказывает стимулирующее действие на развитие предприятий других отраслей экономики [1].

Администрация города комплексно подходит к развитию г. Геленджик: решением Думы от 26.12.2022 № 576 принята Стратегия развития [2], в 2017 г. создана АНО «Геленджик-2035», проведено множество мероприятий с участием представителей администрации, экспертов, общественных организаций, горожан, инвесторов и прочих заинтересованных сторон. *Цель* – развитие туристического потенциала города и его инвестиционной привлекательности, стремительное повышение имиджа курорта.

К настоящему времени уже реализован ряд успешных проектов. Так, например, в Геленджике находится самый большой открытый аквапарк в России «Золотая бухта», в районе аэропорта построен первый на юге страны гольф клуб, который способствует привлечению туристов в межсезонье. В будущем планируется постройка нескольких гостиничных комплексов с рейтингом в 4 звезды и выше.

Ниже приведен рисунок, определяющий основные принципы пространственной организации и территории комплексного развития г. Геленджик, среди которых: устойчивое развитие территории, рассредоточение городских центров, полифункциональная городская среда, оптимизация связности территории, шаговая доступность городских активностей и приоритет общественного транспорта [2].

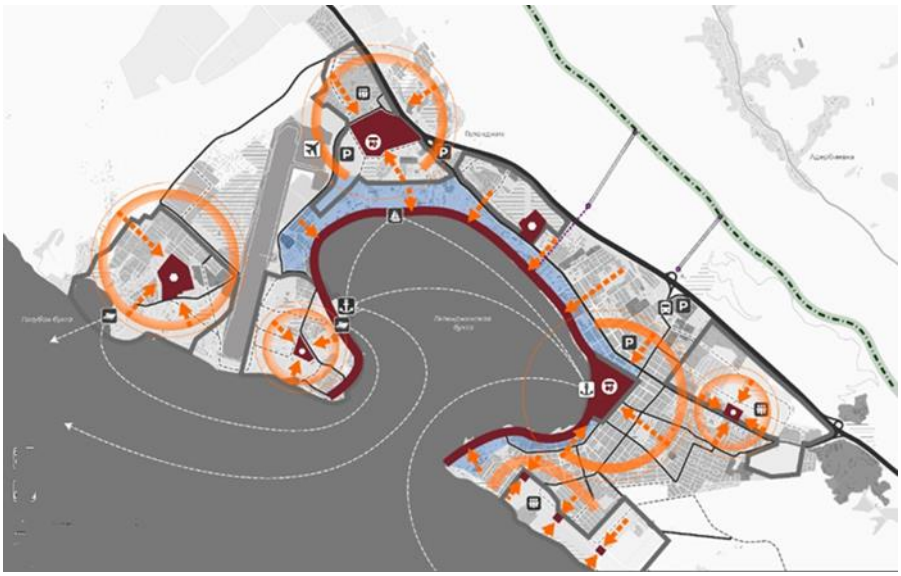


Рис. 1. Принципы пространственной организации и территории комплексного развития

Комплексный анализ показал основные факторы, которые могут разносторонне повлиять на динамику развития города, результаты представлены в виде SWOT-анализа (табл. 1).

Таблица 1 – SWOT-анализ перспективы развития туристических услуг в Геленджике

Возможности (*O*)	Угрозы (*T*)
Повышенный интерес граждан к внутреннему туризму Общемировой спрос на лечебно-оздоровительный и медицинский отдых	Экономический кризис ближайшего десятилетия Снижение платежеспособности населения Невысокие темпы экономического роста в ближайшей перспективе
Сильные стороны (*S*)	Слабые стороны (*W*)
Выгодное географическое расположение Позитивный исторический опыт туристического санаторного комплекса	Отсутствие полноценной актуальной информации о курорте Высокий процент туристов с низкой платежеспособностью

Геленджик характеризуется хорошей транспортной доступностью, но при этом имеет недостаточно развитые наземные транспортные связи и ограниченную емкость для развития и приема сезонного потока туристов (рис. 2).

Из основных текущих минусов также следует отметить недостаточную развитость инфраструктуры и, главное – проблемы со сточными водами. Учитывая основную направленность города, проблема качества воды стоит особенно остро. По состоянию на 2023

Рис. 2. Маршруты и среднее время в пути от ближайших ТПУ [2]

г. ситуация такова: на земельных участках Геленджика, находящихся в собственности администрации городского округа, функционируют три бесхозных водовыпуска. По ним в акваторию Черного моря сбрасываются сточные воды без предварительной очистки, так как сооружения, обеспечивающие охрану водного объекта от загрязнения, заиления и истощения, отсутствуют [3].

Также существует дефицит технической воды, используемой для орошения растений в летнее время. Сейчас полив выполняют питьевой водой, что только усугубляет ее дефицит. Прямой сброс сточных вод в акваторию Черного моря не только наносит непоправимый вред водным биоресурсам и аквакультуре, но и провоцирует вспышки кишечных инфекций и ротовирусных заболеваний в пик туристического сезона. Данная проблема игнорировалась вплоть до 21 ноября 2022 г, когда природоохранная прокуратура обязала администрацию города Геленджик устранить сброс сточных вод в акваторию Черного моря.

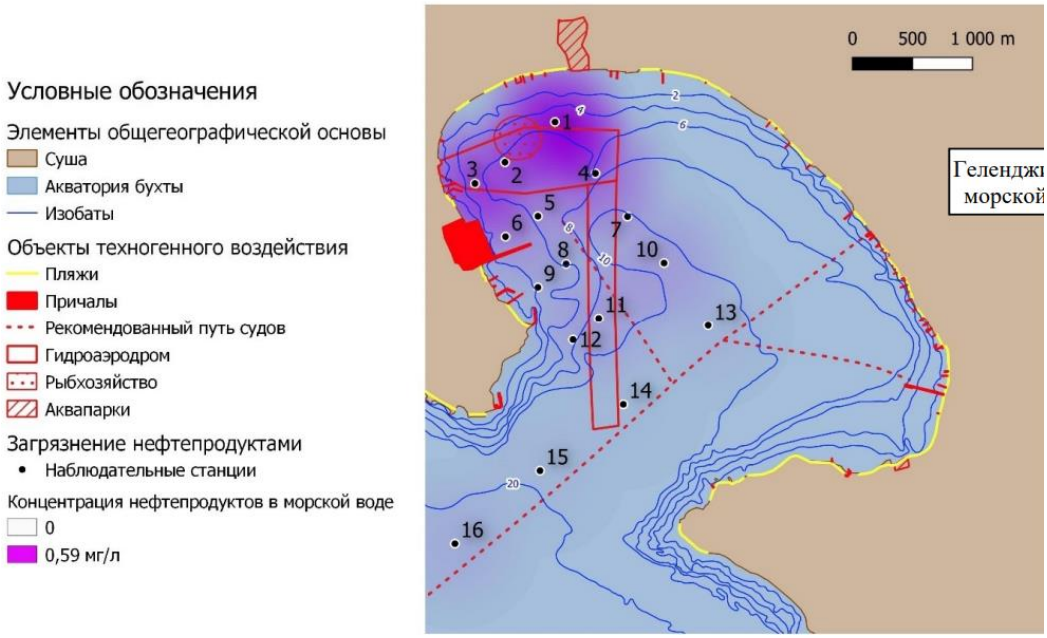


Рис. 3. Загрязнение нефтепродуктами акватории Геленджикской бухты

Помимо прямого сброса сточных вод в Черное море, одним из главных источников техногенного загрязнения Геленджикской бухты является ЗАО «Геленджикский морской порт», который занимает акваторию площадью 18 га в западной части бухты. Здесь находятся гидроаэродром, рыбопитомник, а также пролегают маршруты для следования судов. Загрязнение нефтепродуктами является одной из главных экологических проблем Черного моря (рис. 3) [4].

По тем или иным причинам данные по загрязненности сточных вод не соответствуют нормальной ситуации [5, 6].

Кроме очистки воды необходимо также решить проблемы системы водоотведения, изолировать хозяйственно-бытовую канализацию от ливневой, что позволит остановить выбросы нечистот в бухту Черного моря [7]. Решение проблемы водоснабжения курорта и экологических проблем позволит планировать существенный рост нагрузки на систему водоотведения.

В настоящее время разработка очистных сооружений находится на стадии проектирования и входит в проект «Чистая бухта», который занимается комплексной реконструкцией хозяйственно-бытовой канализации.

В условиях тенденции к увеличению значимости отечественных курортов в обеспечении отдыха россиян, усилившихся в условиях глобальной пандемии короновируса и угрозы аналогичных заболеваний, усилия, предпринимаемые Правительством РФ по созданию современной инфраструктуры в городском округе Геленджик приведут к существенному возрастанию роли курорта и притоку в него как отдыхающих, так и постоянно проживающего населения.

Строительство очистных сооружений, новых объектов инфраструктуры, улучшение транспортной связи города с другими трриториями позволит не только улучшить качество жизни жителей города, но и привлечь туристов, поскольку санаторно-курортный комплекс составляет специализацию городской экономики, устойчивость его развития обеспечивает социально-экономическую эффективность развития Геленджика.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Артемова Е.И. Развитие микрофинансирования как направление повышения доступности финансовых ресурсов для малого предпринимательства в Краснодарском крае / Е.И. Артемова, Е.В. Плотникова // Экономика, труд управление в сельском хозяйстве. – 2019. – №10 (50). – С. 110–116.
2. Стратегия социально-экономического развития муниципального образования город-курорт Геленджик до 2023 года. Решение Думы от 26.12.2022 № 576.
3. Официальный сайт администрации муниципального образования город-курорт Геленджик [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://gelendzhik.org/.
4. Николаева О.Н., Евграфов А.В., Евграфова И.М. Картографическое моделирование техногенного загрязнения Геленджикской бухты. Вестник СГУГиТ, Том 26, № 6, 2021.
5. Кропянко Л.В. Совместимость деятельности приморских городов юга России // Стратегия устойчивого развития регионов России. – 2012. – № 11. – С. 112–128.
6. Вильчинская О.В. Экологические проблемы Азово-Черноморского побережья Краснодарского края // Стратегия устойчивого развития регионов России. – 2010. – №3. – С. 200–207.
7. Горячих М.В., Андрющенко Е.С. Проблемы модернизации коммунальной инфраструктуры в городах-курортах России // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2019. – № 9 (94). – С. 122–131.

УДК 711.168

Г.В. Ганец

Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого

СТРАТЕГИЯ РЕГЕНЕРАЦИИ КВАРТАЛА ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Сегодня, когда жизнь человека ежедневно претерпевает изменения в существующем мире: разработка новых технологий, окружающих нас, нестабильное информационное пространство и другие перемены. Возникает важный вопрос: как создать город, удовлетворяющий потребностям современного человека? А можно ли, не застраивая новых территорий, приспособить, существующие города под человека нового? И как при этом сохранить индивидуальность города, кроющуюся в его исторической ценности, подстраивая его под человека? Эти вопросы особенно остро возникают в дискуссиях горожан.

Город является неотъемлемой частью жизни людей, поэтому он должен отвечать актуальным запросам горожан, и соответствовать их темпу жизни, при этом сохраняя свою самобытность, выражающуюся через фасады зданий, уличные пространства, ансамбли силуэты, создающие единый исторический облик города. Необходимо найти баланс между городом-удобным для современного человека и городом, сохранившим исторический облик и

дух местности [1]. На сегодняшний день данную не простую задачу решает Регенерация историко-градостроительной среды.

Регенерация историко-градостроительной среды – совокупность мер, направленных на восстановление целостности композиционной структуры исторического городского ландшафта на территории достопримечательного места, предусматривающая сохранение, восстановление и преемственное развитие традиционных градостроительных характеристик среды (улично-дорожной сети, исторической парцеллярной структуры, фронта застройки улиц и др.), допускающая компенсационное и адаптивное строительство взамен утраченных элементов застройки или рядовых элементов композиции, не имеющих самостоятельной архитектурно-художественной ценности и находящихся в плохом техническом состоянии, с соблюдением сложившихся типологических, масштабных, стилевых характеристик историко-градостроительной среды и в соответствии с утвержденным в установленном порядке проектом [2].

Но стоит отметить, что на сегодня нет единого мнения о том, как же должна проводиться регенерация, также отсутствует единая схема проведения данной процедуры. Целью данной статьи является, основываясь на российском и зарубежном опыте регенерации историко-градостроительной среды сформировать основные и единые этапы проведения регенерации квартала исторической застройки.

1. Историческое исследование квартала регенерации, определение исторически ценных объектов. Данный этап является основополагающим, так как, прежде чем приводить любую территорию к состоянию регенерации, необходимо установить ее историческую ценность. Здесь следует отметить кардинальное отличие в изначальном определении объектов, имеющих юридическое значение, статус охраны которых зафиксирован в законодательстве, представлены на рис. 1.

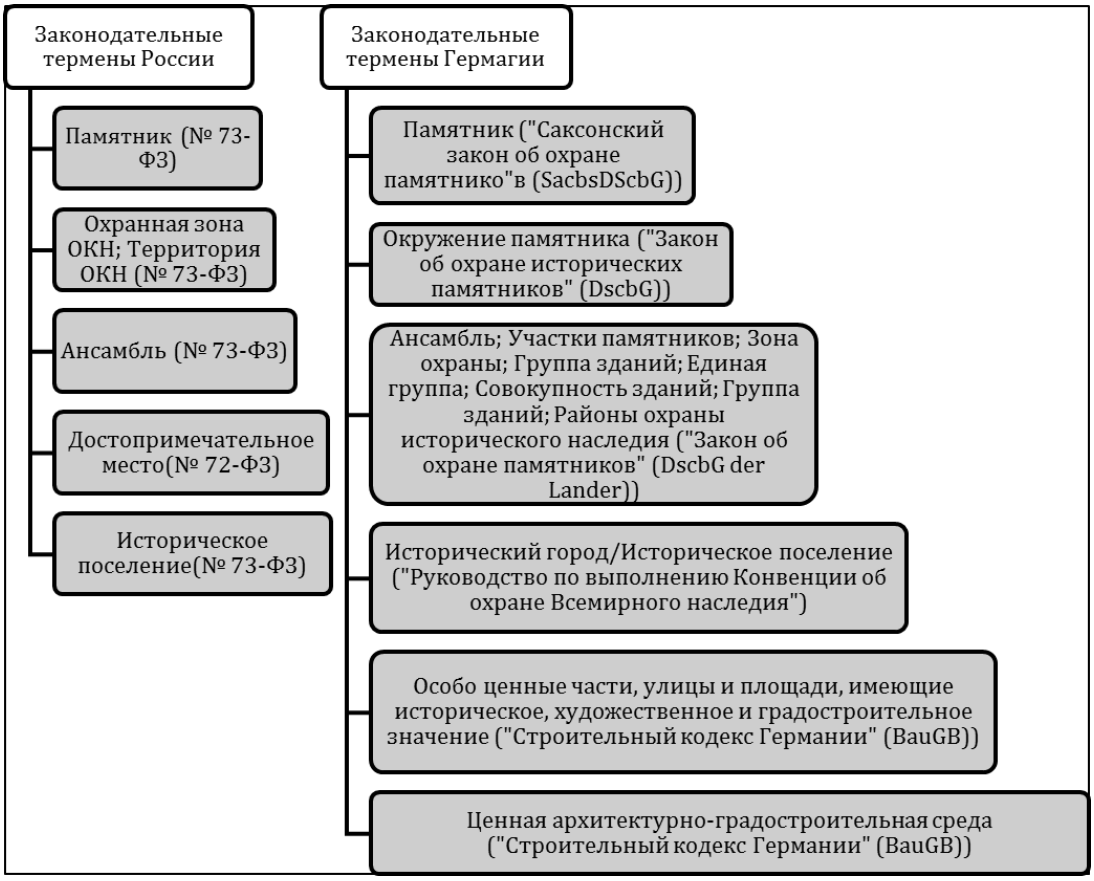


Рис. 1

Так же стоит отметить наличие и в российском, и в немецком законодательстве категорий защиты ценной исторической архитектурно-градостроительной среды такие как: Объекты ЮНЕСКО; Федеральные, и Региональные, и Муниципальные, городская застройка. При этом стоит отметить наличие в немецком законодательстве инструментов охраны ценной исторической архитектурно-градостроительной среды: улицы, площади и места исторического, художественного и городского значения, городской пейзаж (облик) и ландшафт – регулируемые такими законодательными актами как: «Регламент о сохранении градостроительных особенностей», «Регламент о формообразовании арх. форм», «Регламент о районах памятников», «Анализ исторического облика» – и полное отсутствие данных категорий защиты в российском законодательстве [3].

По вышеуказанным причинам, следует отметить необходимость проведения исторического анализа не только обособленно объекты культурного наследия (ОКН), но и их роль в историческом контексте «рядовой застройки», определяющей «дух места» [4].

2. Определение границ буферной зоны регенерации квартала исторической застройки.

Учитывая важность сохранения не только ОКН, но и окружающую его территорию, необходимо определить 4 уровня буферных зон [3]:

1) Зона 1 – зона непосредственного окружения ОКН.

2) Зона 2 – зона ближнего влияния, территория на которой объект виден со всех сторон и играет роль доминанты.

3) Зона 3 – зона композиционного влияния, где объект просматривается в контексте окружения, где высотность нового строительства не должно превышать ОКН.

4) Зона 4 – зона панорамного вида, исторического силуэта, в контексте которого находится ОКН.

3. Анализ сложившейся застройки исторического квартала. На данном этапе необходимо провести анализ исторического облика улиц, проанализировав взаимосвязь между пространствами и фасадами знаний, оценив возникновение или отсутствие конфликтов в сохранении исторического ландшафта. Необходимо провести оценку конфигурации, ширины корпусов, контуров, пропорций, структуры конструкций зданий и массо-пустотные соотношения, распределение и структуру оконных проемов существующих зданий.

4. Новое строительство в исторической застройке. Процесс регенерации историко-градостроительной среды допускает новое строительство, но новые постройки, заменявшие пришедшие в ветхость здания, должны возводиться в прежних объемах и высоте, равной общей высоте улицы [5].

Данная проблема особенно актуальна для российских городов: одним из ярких примеров является Краснодар, где за последнее время произошли значительные изменения в архитектурном облике центральных улиц, фрагментарная утрата исторической среды, а также архитектурные памятники начального периода формирования города [5].

В данном вопросе стоит брать пример с Европы, где для каждого исторического города формируется перечень методических рекомендаций по новому строительству в историческом контексте [6]. По мимо этого следует регламентировать благоустройство в исторической застройке: освещение, малые ландшафтно-архитектурные формы, уличная фурнитура, реклама и др.

В заключении важно отметить, что перечисленные требования для провидения регенерации квартала исторической застройки являются общими и не являются строгими, по той причине, что каждый исторический объект уникален, и необходимо существующий опыт расширять под актуальные запросы и исследования. При этом существует самый главный и неизбежный пункт на пути к проведению любых изменений в исторической части города – общественное мнение, ведь как говорил Эрих Мария Ремарк: «Самый чудесный город – это тот, где человек счастлив».

ЛИТЕРАТУРА:
1. Шевченко Э., Никифоров, А. Методические рекомендации оценки историко-культурной ценности поселения. Применение критериев историко-культурной ценности поселения в оценке недвижимости, расположенной в границах исторического поселения. Министерство культуры РФ, РААСН, НИИТАГ, Санкт-Петербург, 2014.
2. Письмо Министерства культуры РФ от 28 февраля 2017 г. N 49-01.1-39-НМ О методических рекомендациях по отнесению историко-культурных территорий к объектам культурного наследия в виде достопримечательного места.
3. Малько А.В. Регенерация историко-архитектурной среды. Развитие исторических центров [Текст] / А. В. Малько – Москва: Курс, 2021 – 567 с.
4. Малько А.В. Градостроительная охрана историко-культурного наследия в германии и России на примере городов Дрездена и Иркутска. Способы разработки градостроительных регламентов, позволяющих сохранить градостроительное своеобразие исторической среды / Малько А.В [Текст] // Город, пригодный для жизни. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2022. – С. 62–75;
5. Субботин О.С. Реорганизация существующей жилой застройки в исторической среде поселений (на примере Краснодара) // Жилищное строительство. 2017. №8. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/reorganizatsiya-suschestvuyuschey-zhiloy-zastroyki-v-istoricheskoy-srede-poseleniy-na-primere-krasnodara (дата обращения: 11.03.2023);
6. LH Dresden, Stadtplanungsamt, Dresden Friedrichstadt – Empfehlungen zum Bauen. Dresden, 2009.

УДК 712

Ю.А. Федорова, Ю.В. Волкова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ГИС ОБЩЕСТВЕННОГО УЧАСТИЯ КАК ИНСТРУМЕНТА ПЛАНИРОВАНИЯ ЗЕЛЕНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Термин «геоинформационные системы (ГИС) общественного участия» (от англ. PPGIS – Public Participation Geographic Information Systems) впервые был использован на заседании Национального центра географической информации и анализа (NCGIA) в 1996 году [2]. Согласно определению D.Tulloch [5], ГИС общественного участия – это область геоинформатики, которая фокусируется на способах использования общественностью различных форм геоинформационных технологий для участия в таких общественных процессах, как картографирование и принятие решений. ГИС общественного участия подразумевает использование ГИС-технологий для сбора, анализа и представления различной пространственной информации, а также для обмена этой информацией между заинтересованными сторонами.

Основная цель PPGIS заключается в том, чтобы при помощи ГИС-технологий привлечь более широкую аудиторию к планированию и управлению, а, следовательно, сделать процесс принятия решений более прозрачным, повысить качество принимаемых решений и учесть мнения всех заинтересованных сторон [3]

Примеры использования ГИС общественного участия в градостроительных целях наблюдаются во многих странах мира, среди которых Финляндия, США, Дания, Австралия, Германия, Великобритания, Канада и другие [2, 3]. В частности, в Финляндии большинство крупных городов уже используют инструмент PPGIS для городского планирования и управления [3].

Благодаря многочисленным зарубежным исследованиям с использованием ГИС общественного участия в планировании городской среды можно проанализировать и сделать выводы об основных преимуществах PPGIS, как инструмента сбора и анализа данных в градостроительстве:

- Сбор данных в различных масштабах, т.е. применение ГИС общественного участия как для национальных, так и для местных проектов.
- Упрощение и быстрота процедуры обработки полученных данных.
- Возможность демонстрации/визуализации текущих планов или результатов проекта.
- Способность охватить большое количество добровольных участников.
- Универсальность полученных данных, а именно сбор различных типов данных, как качественных, так и количественных, картографических и традиционных данных опросов, научных данных и мнений.
- Использование ГИС общественного участия способствует охвату групп пользователей, которые недостаточно представлены при традиционных методах. К таким группам можно отнести более молодую часть населения, которая редко принимает участие в общественных обсуждениях и публичных слушаниях.
- Способность создания опросов с ветвлением, то есть опросов, динамически реагирующих на ответы респондентов.
- Возможность анонимно высказывать свое мнение, что ведет к повышению разнообразия и достоверности индивидуальных мнений, а следовательно, позволяет более эффективно выявить конфликтные точки зрения жителей.

Планирование зеленых насаждений при помощи ГИС общественного участия позволяет решить множество различных задач, которые невозможно эффективно выполнить посредством традиционных социологических опросов. Среди таких задач можно выделить следующие:

- планирование пешеходных и велосипедных дорожек за счет оценки наиболее интенсивно используемых маршрутов различными группами граждан;
- планирование функциональных зон путем анализа видов активности посетителей и их пространственной привязки;
- выявление наиболее привлекательных с точки зрения посетителей природных и антропогенных объектов на территории рекреационной зоны, а также влияние разнообразных ландшафтных особенностей на интенсивность использования зеленых насаждений;
- выявление участков с различными проблемами, например, такими как недостаточная обеспеченность территории урнами, скамейками, источниками освещения и т.д.
- социальные группы пользователей конкретными зелеными насаждениями, частота их использования и другое.

В настоящий момент ГИС общественного участия, как способ вовлечения граждан в городское планирование, и, в частности, в планирование зеленых насаждений, не получили широкого применения в российских проектах, что обусловлено в большей мере организационными и коммуникационными сложностями [1]. Однако перечень достоинств, выявленных в результате применения этого инструмента за рубежом, указывает на его эффективность в исследованиях качества городской среды. Способность ГИС общественного участия адаптироваться к различным задачам планирования делает данный инструмент анализа универсальным. Благодаря этому качеству ГИС общественного участия могут дополнить существующие методы совместного планирования, такие как публичные слушания и общественные обсуждения, и позволят вовлечь в планирование большее количество граждан, в том числе и социальные группы, которые трудно охватить более традиционными методами. M. Kahila-Tani подчеркивает [4], что при систематическом использовании ГИС общественного участия в различных задачах городского планирования PPGIS могут стать более стабильной системой поддержки совместного планирования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ненько А.Е., Галактионова А.А. ГИС общественного участия как инструмент предпроектного исследования в рамках градостроительных проектов // International Journal of Open Information Technologies. – 2021. – Vol. 9. – №4. – P. 72–78.
2. Brown G., Kyttä M. Key issues and research priorities for public participation GIS (PPGIS): A synthesis based on empirical research / Applied Geography. – 2014. – Vol. 46. – P. 122-136.
3. Kahila-Tani M., Kyttä M., Geertman S. Does mapping improve public participation? Exploring the pros and cons of using public participation GIS in urban planning practices / Landscape and Urban Planning. – 2019. – Vol. 186. – P. 45–55.
4. Kahila-Tani M. Reshaping the planning process using local experiences: Utilising PPGIS in participatory urban planning // Aalto University publication series. – 2015. – P. 223.
5. Tulloch D. Public participation GIS (PPGIS) // Encyclopedia of geographic information science. – 2008. – P. 352-355.

УДК 711.58

П.А. Строева, М.В. Перькова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ НА ТЕРРИТОРИИ МИКРОРАЙОНОВ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ XX ВЕКА В Г. ОРЛЕ

В настоящее время общественные пространства микрорайонов, построенных во времена СССР, в большинстве случаев не соответствуют современным требованиям обустройства территорий и нуждаются в реорганизации.

Цель работы – выявление и проведение анализа общественных пространств микрорайонов второй половины XX века в г. Орле. В соответствии с поставленной целью выделяются следующие задачи: определить территории микрорайонов и составить их характеристику; изучить общественные пространства микрорайонов и дать характеристику о состоянии общественных пространств микрорайонов второй половины XX века в г. Орле. В работе применяются теоретические методы исследования: сравнительный анализ, классификация. Необходимо учитывать также градостроительные, пространственные, визуальные и социальные особенности, позволяющие охарактеризовать степень качества открытых общественных пространств [7].

Таблица 1 – Фрагмент характеристики микрорайонов второй половины XX века в г. Орле

№ п/п	Название района	Название микрорайона	План микрорайона	Примерная площадь, га	Плотность застройки	Преобладающая этажность домов	Количество домов, штук	Количество детских садов, штук	Количество школ, штук	Учреждения и предприятия обслуживания (за исключением детских садов и школ)	Наличие зеленых насаждений общего пользования	Наличие общественного центра микрорайона, общественно-рекреационного пространства
1	Северный	Лесной		32	Средняя	Многоэтажные дома (9 этажей)	15	2	2	Продовольственные и непродовольственные магазины, торговый центр, кафе, аптеки, почта, Центр детского развития, банк, салоны красоты, фитнес-клуб	Аллея	Пешеходная улица вдоль коммерческих объектов

Таблица 2 – Фрагмент классификации общественных пространств микрорайонов второй половины XX века в г. Орле

Микрорайон «Лесной» в районе «Северный»	
План микрорайона	Виды общественных пространств по степени открытости
	Публичные
	1. Пешеходная улица (ул. Раздольная) 2. Аллея (вдоль ул. Металлургов)
	Приватные
	1. Дворовое пространство (между домами ул. Рощинская 41, ул. Раздольная 90) 2. Дворовое пространство (между домами ул. Раздольная 88, ул. Рощинская 37, ул. Рощинская 31) 3. Дворовое пространство (между домами ул. Раздольная 84, ул. Раздольная 86) 4. Дворовое пространство (между домами ул. Рощинская 29, ул. Рощинская 31) 5. Дворовое пространство (между домами ул. Рощинская 29, ул. Рощинская 27) 6. Дворовое пространство (ул. Рощинская 27) 7. Дворовое пространство (ул. Раздольная 82Б) 8. Дворовое пространство (между домами ул. Металлургов 50, ул. Металлургов 54) 9. Дворовое пространство (между домами ул. Металлургов 54, ул. Металлургов 52) 10. Дворовое пространство (между домами ул. Металлургов 48, ул. Металлургов 46)

№ п/п	План общественного пространства	Фото общественного пространства	Наименование	Характеристика общественного пространства																		Локальные функции
				Общие функции					Элементы общественного пространства													
				Транзитная	Коммерческая	Рекреационная	Общественная	Досуговая	Пешеходные дорожки	Велодорожки/Велопарковки	Места для сидения	Урны	Детские игровые площадки	Спортивные площадки	Элементы освещения	Элементы доступной среды для маломобильных групп населения	Наружная реклама/вывески	Объекты нестационарной торговли	Сезонные кафе	Городская навигация	Элементы акустического комфорта	Элементы микроклиматического комфорта	
1			Пешеходная улица	■	■				■			■					■	■		■			Пешеходный транзит, связь торговых и обслуживающих предприятий
2			Аллея	■		■		■	■		■	■			■					■	■	■	Пешеходный транзит, «зеленый коридор» в жилой застройке, кратковременный отдых, прогулки
3			Дворовое пространство (ул. Раздольная 82Б)	■		■		■	■		■	■	■		■					■			Детская игровая площадка, зона отдыха и общения, пешеходный транзит, наличие зеленых насаждений

Функциями общественных пространств могут быть: транзитная, коммерческая (магазины, кафе), рекреационная, общественная (объекты здравоохранения, культуры, спорта), досуговая (детские и спортивные площадки) [2]. В качестве элементов общественных пространств для анализа микрорайонов в г. Орле (по «КБ Стрелка») принимаются: пешеходные дорожки, велодорожки/велопарковки, места для сидения, урны, детские игровые площадки, спортивные площадки, элементы освещения, элементы доступной среды для маломобильных групп населения, наружная реклама/вывески, объекты нестационарной торговли, сезонные кафе, городская навигация (например, указатели, адресные таблички), элементы акустического комфорта (например, элементы озеленения, шумозащитные экраны) и элементы микроклиматического комфорта (например, навесы, павильоны, элементы озеленения, обогреваемые участки покрытий) [3]. Также учитываются и адаптации придомовых территорий многоквартирных жилых домов как поиск компромисса между участниками градостроительной деятельности в жилой застройке [6].

В соответствии с типовыми параметрами проектирования и схемой функционально-планировочной структуры микрорайона [1] в г. Орле выявлен ряд микрорайонов второй половины XX века (например, Лесной; 2-й микрорайон Северный; Металлург; УВМ; Звездный; Прокуровка; Силикатный и т.д.).

Характеристика микрорайонов составлена посредством анализа открытых данных [4, 5] и состоит из таких показателей, как: площадь; плотность застройки; преобладающая этажность домов; количество домов; количество детских садов; количество школ; учреждения и предприятия обслуживания; наличие зеленых насаждений общего пользования; наличие общественного центра микрорайона, общественно-рекреационного пространства. По этим признакам рассмотрены четырнадцать застроенных во второй половине XX века территорий, обладающих особенностями микрорайонной застройки. Пример проведенного анализа по одному микрорайону представлен в таблице 1.

В каждом микрорайоне изучены общественные пространства. Классификация общественных пространств проведена по степени открытости, общим и локальным функциям и элементам (таблица 2). При визуальном обследовании общественных пространств также учтены их организованность, комфорт, качество и степень износа элементов. На основе обследования и анализа территорий выполнена оценка состояния общественных пространств микрорайонов, построенных в 1960–1990 гг. в г. Орле.

Выявлено, что общественные пространства микрорайонов второй половины XX века в г. Орле являются устаревшими, их элементы имеют высокую степень износа. Они не в полной мере организованы, монофункциональны, не эстетичны и не соответствуют современным требованиям (отсутствуют необходимые элементы общественных пространств, например, оборудование доступной среды для маломобильных групп населения, освещение, элементы акустического и микроклиматического комфорта). Таким образом, общественные пространства микрорайонов второй половины XX века в г. Орле требуют реорганизации и благоустройства с целью создания благоприятной среды, способствующей повышению уровня жизни населения в соответствии с современными потребностями горожан и требованиями к качеству городской жилой среды.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Авдотьин Л.Н. Градостроительное проектирование: учебник для вузов / Л.Н. Авдотьин, И.Г. Лежава, И.М. Смоляр. – М.: Стройиздат, 1989. – 432 с.
2. Холоднов А.С. Обеспечение эффективности мероприятий по повышению качества городской среды [Электронный ресурс] / А.С. Холоднов. – СПб.: ООО «ИТП «Урбаника», 2017. Режим доступа: http://urbanica.spb.ru/wp-content/uploads/2017/05/Obespechenie-effektivnosti-meropriyatij-po-povysheniyu-kachestva-gorodskoj-sredy.pdf?ysclid=lev3t9u5de655470767 (дата обращения 05.03.2023).

3. Элементы и узлы открытых пространств [Электронный ресурс]: каталог 1. – М.: ООО «КБ Стрелка». Режим доступа: https://vk.com/doc16316796_589048434?hash=VT3dQA7iYNebU5BTwqtXDJY6YqPP3scYbn21ZEdMqk0 (дата обращения 03.03.2023).
4. Яндекс. Карты и Транспорт [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://yandex.ru/maps/10/orel/hybrid/?ll=36.143072%2C53.013157&z=15 (дата обращения 02.03.2023).
5. 2 ГИС [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://2gis.ru/orel?m=36.141245%2C53.012828%2F15.65 (дата обращения 02.03.2023).
6. Перькова М.В., Вайтенс А.Г., Лебедева Ю.Д. Метод социальной адаптации придомовых территорий многоквартирных жилых домов//Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 10. С. 90–102.
7. Перькова М.В., Заикина А.С. Характеристика открытых общественных пространств как структурных элементов городской среды//Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 7. С. 74–77.

УДК 628.2

А.К. Доенина, К.Н. Криулин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИНФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ТОННЕЛИ В ИСКУССТВЕННОЙ ЭКОСИСТЕМЕ ГОРОДСКИХ УЛИЦ

В [1] в качестве одного из конструктивных решений отвода поверхностного стока с площади городских объектов транспортной инфраструктуры предлагается использование фильтрационных колодцев (ФК).

В [2] было установлено, что для реализации целевой функции ФК на городских улицах необходима установка рядом с каждым дождеприемным колодцем (ДК) (через L_n = 50-70 м) от одного (для двухполосной улицы) до трех и более (для многополосной улицы) фильтрационных рассеивающих колодцев. Недостатки таких конструкций очевидны: значительная занимаемая площадь, объем и стоимость строительных работ, сложность эксплуатации.

Цель работы – поиск альтернативы использования ФК в искусственной экосистеме городских улиц с целью упрощения конструкции и снижения стоимости путем использования инфильтрационных тоннелей.

Инфильтрационный тоннель (ИТ), также, как и ФК, является фильтрационным рассеивающим сооружением. Но, в отличии от ФК (рис. 1), который является точечным сооружением, представляет из себя линейное сооружение (рис. 2).

ИТ является подземным сооружением трапецеидальной формы, изготовленным из пластмассы. Может состоять из одного или более модулей – объем одного модуля 0,3–0,6 м^3; размеры 0,8×1,22×0,49 м). Начало и конец модульной конструкции закрываются концевыми заглушками. Дно и стенки ИТ являются перфорированными (возможно отсутствие дна).

Дождевые воды с поверхности улицы поступают в ДК; из него далее по $B_{тр}$ поступают в емкость ИТ и заполняют полость тоннеля. Одновременно начинается постепенная инфильтрация воды в свободное поровое пространство грунта.

В работе рассматривается оценка эффективности и условия применения ФРК в различных градостроительных, климатических и гидрогеологических условиях на основании разработанной методики расчета, включающей следующие этапы:

Определение расчетного расхода [3]. Для водосборной площади F = 0,035 га (проезжая часть улицы длиной 50 м и шириной 7 м, с продольным и поперечным уклоном 5 ‰ и 20 ‰), расположенной в регионе г. СПб, с вероятностью повторения не более чем три раза в год, один раз в год и 1 раз в два года расход дождевых вод соответственно составит: 5,1; 8,0; 10,2 л/с.

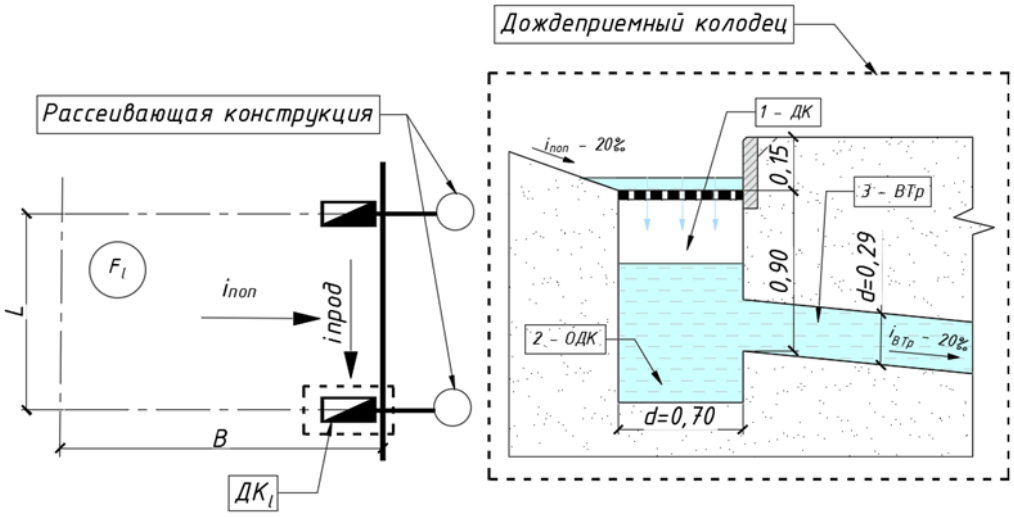


Рис. 1. Общий вид и схема работы комплекса ФК:
1 – дождеприемный колодец (ДК), 3 – водосточная труба ($B_{Тр}$),
B – ширина улицы, L – длина фрагмента улицы, $I_{прод}$ – продольный
уклон улицы, $I_{поп}$ – поперечный уклон улицы

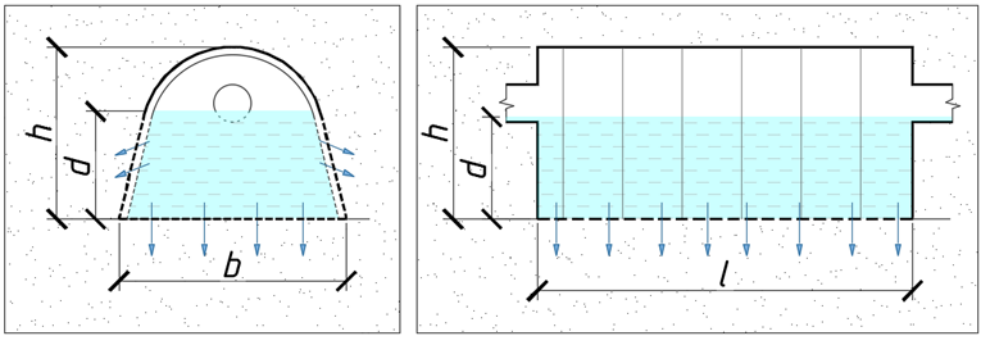


Рис. 2. Схема конструкции инфильтрационного тоннеля:
h – высота тоннеля, b – ширина тоннеля, l – длина тоннеля, d – уровень воды в тоннеле

Определение количества параметров ИТ. Объем дождевых вод с рассматриваемой площади составит соответственно: 6,1; 9,6; 12,2 м^3. Из условия отсутствия воды на поверхности улицы этот объем необходимо аккумулировать в емкости ДК и ИТ при условии их полного наполнения. В первом случае при использовании модуля объемом 0,3 м^3 (0,8×1,22×0,49 м) общее количество модулей ~20 шт.; во втором – ~30 шт.; в третьем ~40 шт.

Определение объема впитывания. Определяется по [4] зависимости от свойств грунта (коэффициент впитывания: пески – 0,25; супесь – 0,15; суглинок – 0,07) и объема впитывания с учетом конструкции ИТ. При использовании модуля объемом 0,3 м^3) при расположении в супеси при высоте дна ИТ над УГВ равном 2,0 м объем впитывания (из одного модуля) составит 0,38 м^3; в среднезернистых песках – 0,81 м^3; в легких суглинках – 0,25 м^3.

Определение времени впитывания. Определяется в зависимости от скорости впитывания [5]. В рассматриваемом примере время впитывания в песках составит ~38 ч, в супеси ~92 ч, в суглинках ~150 ч.

Определение времени фильтрации. В случае, если объем свободного пористого пространства меньше объема дождевых вод, после полного насыщения зоны аэрации процесс инфильтрации заканчивается и начинается процесс фильтрации. Расчет расхода фильтрационных вод выполняется по схеме свободной фильтрации в соответствии с [6], расчетная схема представлена на рисунке 3.

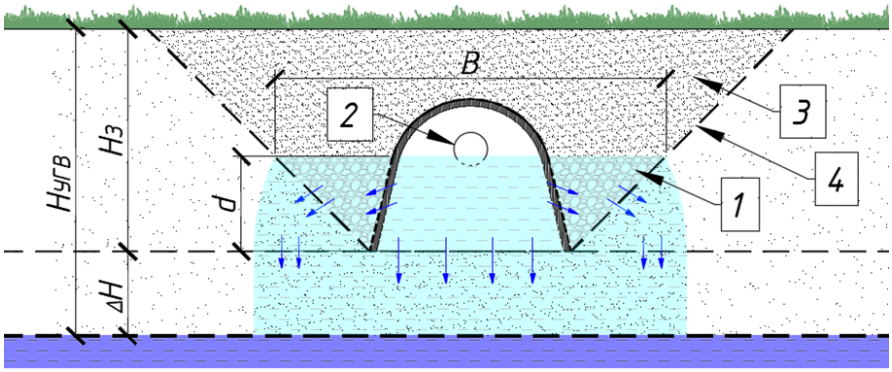


Рис. 3. Расчетная схема:
1 – крупнопористая фильтрующая засыпка; 2 – подающая труба;
3 – обратная засыпка; 4 – выкапываемая под конструкцию траншея.
НУГВ – уровень грунтовых вод, НЗ – глубина заложения тоннеля

Определим расход фильтрационных вод для различных видов грунтов [6]:

$$Q_f = 0{,}0116\mu k_f(B + 2d),$$

где Q_f – расход фильтрационных вод, м^3/с, на 1 пог. м длины; k_f – коэффициент фильтрации грунтов, м/сут; B – ширина по верху крупнопористая фильтрующая засыпки, м; d – глубина воды, м; μ – коэффициент (табл. 1. приложение У.)

Выводы:

1. Условия эффективного использования ограничены: большая глубина залегания УГВ (не менее 3–4 м), большая высота (не менее 1,5–2,0 м) расположения дна ИТ над УГВ, средне и крупнозернистые пески, малые водосборные площади.
2. Использование ИТ в слабоводопроницаемых грунтах (глины, суглинки тяжелые и средние) не рационально, незначительный объем впитывания, значительное время фильтрации.
3. Использование ИТ в легких суглинка, супесях, пылеватых, мелкозернистых песках требует обоснования.
4. Для больших водосборных площадей необходимо использование многомодульных и разветвлённых конструкций.
5. Использование многомодульных и разветвлённых конструкций ИТ на территориях высоким УГВ потенциально может стать причиной негативных последствий в виде подтопления территории застройки (повышения УГВ).
6. С увеличением времени эксплуатации ИТ возможно развитие процесса кольматации порового пространства под дном ИТ. Как следствие этого, снижение фильтрационных свойств грунта и функциональных характеристик ИТ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Методические рекомендации по организации водоотвода на улично-дорожной сети городов, не имеющих подземной (трубопроводной) ливневой канализации. М.: Минстрой России. 2019. 165 с.
2. Криулин К.Н., Доенина А.К. Оценка эффективности и условий применения фильтрационных колодцев как элементов искусственной экосистемы городских улиц / К.Н. Криулин, А.К. Доенина [Текст] // Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия. – Комсомольск-на-Амуре : Материалы X Международной научно-практической конференции, 2023. – С. 213–217.
3. Канализация. Наружные сети и сооружения: СП 32.13330.2018. Утв. Приказом Министерства строительства и коммунального хозяйства РФ от 25.12.2018 №860/пр. введ. 26.06.2019. 110 с.
4. Инженерная подготовка квартала малоэтажной застройки и оптимизация параметров дождевой канализации // Электронная библиотека СПбПУ. URL: https://elib.spbstu.ru/dl/3/2020/vr/vr20-4196.pdf/info (дата обращения: 24.02.2023).

5. Инженерные сети наружные. Автономные системы канализации с септиками и сооружениями подземной фильтрации сточных вод. Правила проектирования и монтажа, контроль выполнения, требования к результатам работа. СТО НОСТРОЙ 2.17.176–2015;
6. СП 100.13330.2016. Мелиоративные системы и сооружения от 17.06.2017 // Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16 декабря 2016 г. N 953/пр. – 2017 г. – с изм. и допол. в ред. от Актуализированная редакция СНиП 2.06.03-85.

УДК 712.3/.7

В.Г. Аськова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИРОДНОГО КАРКАСА КРУПНЫХ ГОРОДОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ

Актуальность исследования заключается в необходимости восстановления степной и лесостепной зоны России, которая на протяжении последних нескольких сотен лет подвергалась сильному антропогенному влиянию, вследствие чего данная территория на сегодняшний день имеет неестественный вид, и соответственно, экосистему.

Например, только за последние 30 лет степные почвы Европейской части России области потеряли порядка 30% гумуса, а ежегодно 100 га земли в районе занимают возвышающиеся овраги [1]. Все эти проблемы типичны и распространены в степной зоне, имеющие одну экологическую основу. Общая деградация степной зоны России – это экологический кризис, оказывающий наибольшее влияние на сельское хозяйство и внешний эстетический вид территорий [2]. Признаками деградации являются постоянное снижение уровня естественно нарастающее высыхание территории и падение уровня грунтовых вод, исчезновение малых рек и сокращение их длины, уменьшение биологического разнообразие на территории крупных городов степной зоны.

Каркасный и экологический подходы во многом влияют на освоение и разработку объемно-планировочной структуры города. Понятие «опорный каркас» в своих работах рассматривали такие учёные, как Г.М. Лаппо и А.В. Елизаров. Они изучили особенности функционирования и формирования природных каркасов урбанизированных территорий. Аспект взаимодействия социума и рекреационных зон изучили такие авторы, как: И.М. Смоляр, Л.С, Залесская, С.Б. Чистякова.

Формирование зеленого каркаса необходимо рассматривать как структуру ядер (рис. 1):
1. Зеленое окружение города – лесная зона неестественного либо природного происхождения, некая форма «легких города», что позволяет усовершенствовать экологическую составляющую, сокращая CO^2.
2. Городские парки – «сердце города», обеспечивающие отдых на природе и делая его доступным всем.
3. Зеленые общественные пространства – озеленение придомовых территорий – «зеленая ткань».

Целостная структура всех трех ядер обеспечивает качественный зеленый каркас города как единого организма, помимо этого он также обеспечивает доступность населения к зеленым зонам и предоставляет возможность активного отдыха из любой точки города. Данные ядра при их полноценном развитии также обеспечивают целостный подход к решению ряда экологических задач и позволяет осуществить главную цель экологического подхода – решение градостроительных противоречий и экологии, удовлетворяя потребности обеих сторон, удовлетворяя потребности, как человека, так и природы.

Как известно, принципы формирования зеленого каркаса включают себя:
1. Единство формы и процесса, их связь, регулируя которую можно обеспечить полноценное развитие антропогенной зоны.

2. Возобновление значимости ландшафтов в ходе регулирования среды обитания человека.
3. Повышение экологизации при проектировании и формирования зданий и сооружений.
4. Сбор и применение сточных вод, рециклинг отходов, энергосбережение и снабжение.

Одним из компонентов природного каркаса представлены общественно-рекреационные пространства. К формированию общественно-рекреационного пространства наиболее часто применяется методика ландшафтного урбанизма.

К принципам ландшафтного урбанизма относится:

1. Физическая форма – непосредственное озеленение территорий;
2. Ограниченность процесса – направленность процесса на определенную территорию с учетом особенностей ее развития.
3. Социальность процесса – принцип базируется на демократичности, экологической безопасности, а также социально – ориентированной среде.
4. Экологичность – комплекс всех форм ландшафтного урбанизма.
5. Принцип целостности и непрерывности.
6. Принцип зеленых клиньев, берущих свое начало на границах территориальной единицы, и уходящих глубоко в ее середину, тем самым обеспечивая предыдущие два принципа.

Методы концепции ландшафтного урбанизма:

1. Проектирование гибкого пространства.
2. Конструкция городской среды не должна быть замкнутой и не должна ограничиваться заранее заданными функциями.
3. Должна осуществляться интеграция пространственных конструкций в «ткань города».
4. Адаптивность объектов к изменениям, направленным на экологизацию области с учетом интересов человека.

На рис. 1 представлена иллюстрация зеленого каркаса по компонентам, которая помогает продемонстрировать его структуру.

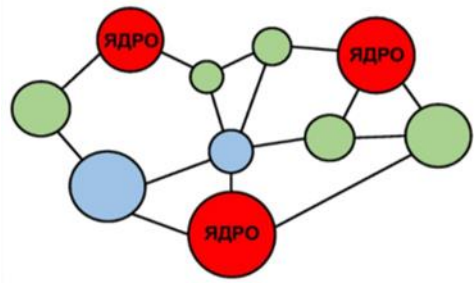


Рис. 1. Схема зеленого каркаса (ядро – это самодостаточный элемент экосистемы лес, водоем с прибрежной зоной); линии связи – улицы, проспекты, каналы; – площадные элементы ландшафта (парки, скверы, зеленые зоны отдыха)

Формирование зеленого каркаса особенно актуально в больших городах. Зеленые каркасы бывают двух уровней: мезоуровня (зеленое кольцо, водно-зеленые луга, зеленые клинья, водно-зеленый диаметр) и макроуровня (зеленый радиус, зеленые ядра, водно-зеленые коридоры и связи, элементы локального уровня).

Степную зону характеризует преобладание чернозёмных и темно-каштановых почв, малое количество лесов, но большое количество низкорослой растительности, такой как злаковые. Изменением визуальных составляющих территорий занимается ландшафтная архитектура. Исходя из этого, мы можем выделить несколько составных компонентов ландшафтно-урбанистической среды, такие как:

1. Вода (искусственные и естественные водные системы города);
2. Экологические системы и биоразнообразие (ландшафтная экология, геоморфология, гидрология, климат и растительность).

Для того, чтобы предотвратить интенсивное антропогенное влияние в степной зоне, необходимо привести в состояние равновесия отдельные городские ландшафты. Городские территории представляют собой районы, где под воздействием человека происходит смена естественных биогеоценозов. В крупных городах сосредоточена огромная концентрация антропогенных нагрузок, вследствие чего техногенное воздействие превышает скорость адаптации природной среды к нему. Из-за этого возникают важные задачи приведения природной среды и ее отдельных компонентов в состояние равновесия, а именно восстановление почвенно-растительного покрова, отдельных городских ландшафтов и всю городскую экосистему в целом [3, 4].

В результате развития человека потребности в освоении новых территорий растут, степные зоны не становятся исключением, а лишь подвергаются значительным изменениям, которые формируют различные классы ландшафтов: индустриальные, жилые, техногенные, парковые и др. К крупным техногенным городским ландшафтам стеной зоны относятся: Элиста, Будённовск, Сальск, Волгодонск, Морозовск, Белая Калитва, Михайловка и др. – степная зона в Ставропольском крае, в Дагестане, в Калмыкии, в Ростовской, Волгоградской, Саратовской, Астраханской, Самарской (на юге) областях, а также обширная степная зона в Оренбургской, Челябинской (на юге), Омской (на юге) областях, граничащих с Казахстаном (где превалирует зона степей) [5–7].

Создание экологически и функционально совершенной городской зеленой системы в первую очередь осуществляется правильным подбором и размещением растений, поскольку это единственный способ, позволяющий обеспечить их стабильность, долговечность, жизнеспособность, декоративное и функциональное использование. При выборе деревьев для конкретной местности необходимо руководствоваться экологическими, таксономическими, художественно-декоративными принципами.

Выводы. Необходимо учитывать принципы формирования природного каркаса территории, использовать их при обустройстве общественных мест, включая такие элементы как зелёное кольцо, зелёные клинья, водно-зелёные коридоры. Данные элементы помогут грамотно создать и укрепить природный каркас. При закладке парковых зон в степных районах, необходимо учитывать не только декоративную составляющую, но и пылефильтрующую способность растений, именно лиственные растения обладают наибольшим коэффициентом пылефильтрации и насаждения должны быть соответствующие.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Чибилев А.А. (мл.), Чибилѐв А.А. Современное состояние и проблемы модернизации природно-экологического каркаса регионов степной зоны Европейской России // Юг России: экология, развитие. 2019. № 1. С. 117–125.
2. Андреева А.В. Историко-эволюционные процессы формирования опорного каркаса расселения юга России // Architecture and Modern Information Technologies. 2020. № 3(52). С. 228–241.
3. Рощупкина О.Е., Перькова М.В. Ландшафты как факторы развития территории // В сборнике: Фундаментальные основы строительного материаловедения. Сборник докладов международного онлайн-конгресса. 2017. С. 1244–1252.
4. Рощупкина О.Е., Перькова М.В. Методика градостроительного развития особо охраняемых природных и прилегающих к ним территорий // В сборнике: Неделя науки ИСИ. Сборник материалов всероссийской конференции. 2022. С. 134–137.
5. Нефёдов В.А. Городской ландшафтный дизайн. СПб.: Любавич, 2020. С. 320.
6. Брайла Н.В., Романович М.А., Симанкина Т.Л., Попова О.Н., Цветков О.Ю., Шарманов В.В. / Правовое обеспечение землеустройства и кадастров: учебное пособие // СПбПУ. – СПб, 2021 – [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://elib.spbstu.ru/dl/5/tr/2021/tr21-4.pdf. – Загл. с титул. экрана.
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 711.4-112

А.И. Наурусова, Н.В. Брайла
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАСТРОЙКИ ДЛЯ ТЕРРИТРИИ НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ

Развитие северных регионов России продолжается по сей день. Однако в последнее время акцент с освоения сместился в сторону их «обживания» и устойчивого развития. Для населенных пунктов были разработаны генеральный план и прочая градостроительная документация, задачами которых стало создание компактной планировочной структуры, обеспечивающей жилую среду оптимальным объемом инфраструктуры, а также увеличение градостроительной емкости путем освоения незастроенных участков в границах уже сложившихся районов.

Рис. 1. Местоположение рассматриваемой территории

При планировании городских территорий необходимо обеспечить комфортные условия проживания населения, проработать архитектурный облик, учитывая экономичный расход материально-технических, трудовых ресурсов, а также денежных средств. Тем не менее, «экономичный расход» не должен вредить организационно-технической надежности (ОТН) строительства. Вышеперечисленные параметры являются факторами ОТН строительного процесса, тем самым они должны быть требуемого качества, так как применение низкокачественного сырья или неквалифицированного труда приведет к потере рабочего времени и удорожанию работ [1]. Заблаговременный расчет технико-экономических показателей (ТЭП) для новых микрорайонов помогает сформировать комплексность застройки, позволяет целесообразно использовать территорию, а также закладывает идею развития городских массивов с оптимальным рассредоточением объектов социально-бытового назначения и прочих элементов инфраструктуры [2].

Настоящая статья является частью научно-исследовательской работы «Градостроительная организация жилой среды в условиях Крайнего Севера». Ее целью является разработка концепции развития городов Крайнего Севера с учетом особенностей условий строительства и сложившихся градостроительных традиций.

В качестве объекта была выбрана свободная от застройки территория в г. Салехард. Участок площадью 41,196 га, ограничен с юго-запада – строящимся мкр. Обдорский, с юго-востока – р. Шайтанка, с северо-запада и северо-востока – незастроенными территориями (рис. 1).

В соответствии с Генеральным планом на участке выделены три функциональные зоны (рис. 2): жилая (бежевый цвет), общественно-деловая (красный), зона защитного озеленения (зеленый).

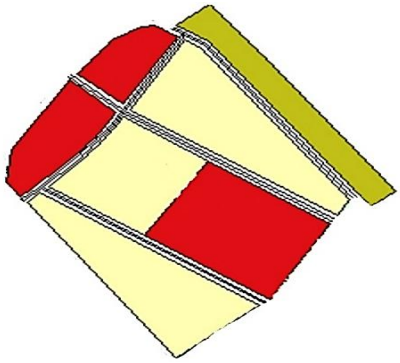


Рис. 2. Зонирование участка, выкопировка из Генплана

ТЭП для выбранной территории были получены расчетным путем с учетом результатов комплексного анализа параметров застройки новых районов в г. Салехард, ближайшего окружения и перспектив развития города, градостроительного регламента, прочих градостроительных документов, регламентирующих застройку на обозначенной территории.

Характеристики территории указаны в табл. 1, основные ТЭП будущей застройки представлены в табл. 2 и 3.

Совместно с Минстроем России, ДОМ.РФ, а также КБ «Стрелка» была разработана комплексная база по формированию и преобразованию территорий. Создатели предлагают использовать этот Стандарт как рекомендации по формированию новой жилой и многофункциональной застройки [3]. Так же было уделено внимание планировке среды на свободных территориях города. При разработке Стандарта учитывали опыт развития городской среды во всех городах страны.

Таблица 1 – Характеристики выбранной территории

Наименование показателя	Значение
Адрес	ЯНАО, г. Салехард, ул. Объездная-автодорога
Кадастровый номер	89:08:020202:1
Разрешенное использование	среднеэтажная жилая застройка
Площадь	411 960 м^2

Таблица 2 – Общие показатели

Наименование показателя	Значение
1. Территория микрорайона, всего в том числе:	
жилая территория (га)	28,36
количество жителей (тыс. чел)	886
жилая обеспеченность (м^2/чел)	80
2. Обеспеченность местами:	
в детских учреждениях (мест)	159
в школах (мест)	159
в торговых предприятиях количество машиномест:	
открытые стоянки (маш./мест)	18

Таблица 3 – Планировочные показатели

Наименование показателя	Значение
Плотность населения на территории микрорайона(брутто), чел./га	31,34
Площадь территории микрорайона на 1 жителя, (м^2/чел.	80
Плотность жилого фонда (брутто), м^2/жит.	0,7
Плотность жилой застройки, %	25
Плотность застройки территории, тыс. м^2/га	7,5
Коэффициент плотности застройки	0,7
Этажность жилой застройки (средневзвешенная)	5
Степень озеленения, %	10
Процент помещений общественно деловой инфраструктуры	20
Площадь одного квартала, га	13,18
Количество кварталов	2
Плотность застройки квартала, тыс. м^2/га	10,8

Полученные в табл. 2 и 3 параметры застройки были проанализированы на предмет соответствия указанному Стандарту. В Стандарте прописано пять типов городской среды. Учитывая характеристики территории, в настоящей работе авторы основывались на более распространённой в данной местности – среднеэтажной микрорайонной городской среде [4]. Ее параметры приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Параметры средне этажной микрорайонной городской среды

Наименование показателя	Значение
Доля помещений общественно-деловой инфраструктуры от общей площади застройки территории, %	20
Плотность застройки территории, тыс. м^2/га	8
Плотность населения, чел./га	200–250
Площадь кварталов (макс.), га	24
Плотность застройки квартала, тыс. м^2/га	4–12
Этажность застройки (макс.)	5–9 надземных этажей

По полученным результатам можно сделать вывод, что значения, найденные для плотности застройки территории, плотности застройки квартала, этажности и процента помещений общественно-деловой инфраструктуры схожи со значениями, приведенными в Стандарте. Но расчетный параметр плотности населения кардинально отличается, так как территории Крайнего Севера малонаселенны, по сравнению с другими регионами России. Крайний Север с его суровым климатом и обширными территориями ставит перед специалистами уникальные задачи. Для обеспечения устойчивого развития этих регионов необходимо учитывать экономические факторы при планировании территорий.

Очевидно, что при планировании и застройке территорий Крайнего Севера могут возникать незаурядные проблемы из-за экстремальных погодных условий, ограниченной инфраструктуры и доступа к ресурсам. В свою очередь специалисты в области градостроительства стремятся найти оптимальные решения.

Далее при планировании территории, пространственной конфигурации застройки и архитектурных форм автором будут проанализированы наиболее простые и экономически выгодные адаптированные к условиям Крайнего Севера типовые проекты центральной России [5]. По большей части привлекательность этих проектных решений объясняется отсутствием должного внимания к региональным условиям Севера и недостаточной нормативно-методической базой, учитывающей климатические условия и социальные факторы [6, 7]. Кроме этого, авторами ведется работа по предложению обоснованных оригинальных решений застройки исследуемой территории с учетом опыта и наработок предыдущих исследователей, новых строительных технологий и градостроительных концепций.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Современные проблемы строительной науки, техники и технологии/ Н.В. Брайла, Ю.Г. Лазарев, М.А. Романович, Т.Л. Симанкина, А.В. Улыбин; СПбПУ. – СПб., 2017. – 141с.
2. Расчет и анализ технико-экономических показателей застройки жилых комплексов [Электронный ресурс] – URL: https://bstudy.net/925930/tehnika/raschet_analiz_tehniko_ekonomicheskih_pokazateley_zastroyki_zhilyh_kompleksov.
3. Стандарт комплексного развития территорий [Электронный ресурс] – URL: https://www.xn--d1aqf.xn--p1ai/urban/standards/printsipy-kompleksnogo-razvitiya-territoriy/?ysclid=lf1k7507c939009430.
4. Книга 3. Стандарт освоения свободных территорий [Электронный ресурс] – URL: https://www.xn--d1aqf.xn--p1ai/urban/standards/printsipy-kompleksnogo-razvitiya-territoriy/?ysclid=lf1k7507c939009430.
5. Замятина Н.Ю., Пилясов А.Н. Российская Арктика: к новому пониманию процессов освоения. – М.: УРСС, 2018. 400 с.;
6. Поздняков П.П. Жилище нового типа для Севера. Л.: Стройиздат, ЛО, 1978.
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 711.168

А.А. Полюх, М.А. Романович
Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ МЯСОКОМБИНАТА «САМСОН» В Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

Актуальность. Во время развития крупных городов обширные промышленные территории, изначально находившиеся на окраине, оказываются в черте городской застройки. Многие из них в ходе данного процесса теряют свое былое назначение, здания становятся невостребованными, что приводит к образованию депрессивных территорий в городской среде. Зачастую, реконструкция подобных объектов является нерентабельной, в связи с чем в большинстве случаев происходит снос предприятия, а освободившийся участок застраивается жилыми или общественными зданиями [1]. Однако данный способ редевелопмента территории заброшенных промышленных объектов не всегда представляется возможным.

Иногда неэксплуатируемые здания заводов представляют собой объекты культурного наследия, в связи с чем их демонтаж является недопустимым. В таком случае необходимо произвести реновацию депрессивной территории и адаптировать производственные здания под современные нужды города, сохранив при этом их историческую ценность. Одним из подобных случаев является здание мясокомбината им. С.М. Кирова – АО «Самсон», располагающееся в Московском районе города Санкт-Петербург.

Цель работы – произвести анализ территории мясокомбината «Самсон» (бывшего Первого мясокомбината им. С.М. Кирова) для определения стратегии ее дальнейшей реконструкции.

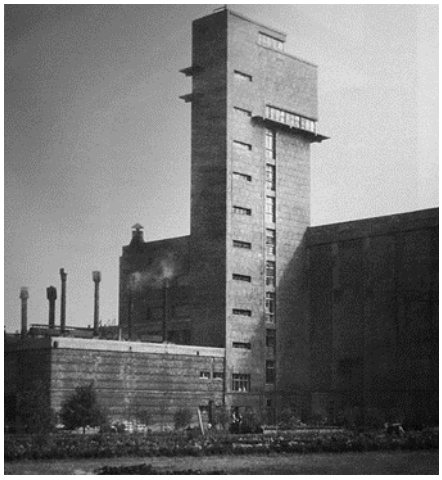


Рис. 1. [2]

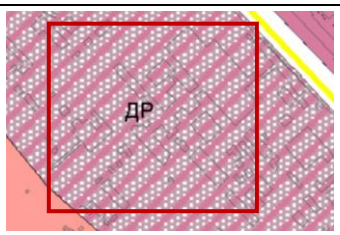
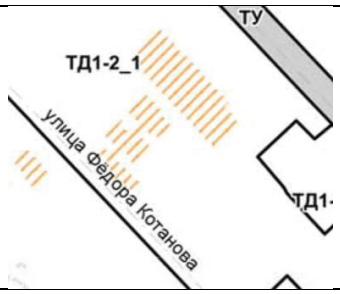
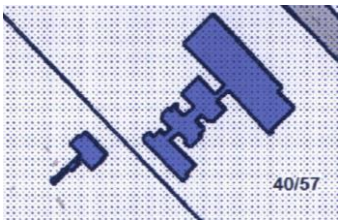
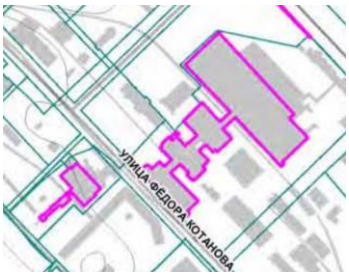
Мясокомбинат им. С.М. Кирова был построен в 1933 г. по проекту архитектора Ноя Троцкого в стиле советского конструктивизма и до конца 20-го века являлся крупнейшим мясоперерабатывающим предприятием города (рис. 1 [2]). На территории мясокомбината располагались четыре корпуса, связанных надземными переходами, а также отдельно стоящее здание ТЭЦ. В 1937 г. на Всемирной выставке в Париже комплекс зданий завода был удостоен золотой медали. Однако в 2000 г. предприятие было признано банкротом, часть его территорий была выкуплена под застройку. Само здание мясокомбината с оградой и теплоэлектроцентралью в 2001 г. было включено в список выявленных объектов культурного наследия и поставлено на учет в Комитете по государственному контролю, использованию и охране памятников Санкт-Петербурга (КГИОП) [3].

В настоящее время предприятие АО «Самсон» ликвидировано, его здания не используются по своему функциональному назначению. Территория с заброшенными корпусами бывшего завода находится в окружении жилой застройки, что неблагоприятно влияет на эмоциональное и психологическое состояние ее жителей. Подобные объекты являются стимулом для развития преступности, а также нарушают эстетический вид городской среды [4].

Для определения подхода к реконструкции бывшего производственного объекта необходимо произвести анализ общей градостроительной ситуации вокруг исследуемой территории, а также проанализировать техническое состояние зданий и оценить износ основных конструктивных элементов [5].

Здания мясокомбината располагаются по адресу: г. Санкт-Петербург, Московское шоссе, 13. Исследуемый объект находится в свободной доступности общественного и личного автотранспорта, располагаясь на одной из главных магистралей Московского района в 900 метрах от станции метро «Звездная». Анализ территории объекта исследования в части градостроительного зонирования приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Анализ градостроительных документов

№ п/п	Параметр территории	Описание	Карта
1	В части границ функциональных зон	ДР – для зон многофункциональной жилой застройки с включением объектов общественно-деловой застройки и инженерной инфраструктуры, связанных с обслуживанием данной зоны	
2	В части границ территориальных зон	Территории объектов культурного наследия (памятники и ансамбли) – территории, на которые действие градостроительных регламентов не распространяется или для которых градостроительные регламенты не устанавливаются.	
3	В части максимальной высоты зданий и сооружений	Территория объединенных зон охраны объектов культурного наследия, в границах которых максимальная высота зданий, строений и сооружений устанавливается Режимами использования земель в границах объединенных зон охраны объектов культурного наследия, расположенных на территории Санкт-Петербурга, и градостроительными регламентами в границах данных зон	
4	В части объединенных зон охраны объектов архитектурного наследия, расположенных на территории Санкт-Петербурга	Границы территорий объектов культурного наследия	

Согласно данным Публичной кадастровой карты г. Санкт-Петербург [6], площадь земельного участка, на котором располагаются производственные корпуса мясокомбината, составляет 104 014 м^2, участка здания ТЭЦ – 11 798 м^2. Характеристика участков исследуемого объекта представлена в таблице 2.

Согласно материалам государственной историко-культурной экспертизы [7], произведенной в 2018 году, физический износ зданий производственных корпусов и ТЭЦ составляет более 62%. В акте обследования подчеркивается, что корпуса завода содержатся в

ненадлежащем состоянии: экспертами была обнаружена частичная утрата отделки фасадов и оголение кирпичной кладки ограждающих конструкций. Кроме того, была выявлена биодеструкция несущих элементов каркаса зданий, к которой могла привести многолетняя работа с биоматериалом.

Таблица 2 – Характеристика земельных участков

Характеристика	Производственные корпуса	Здание ТЭЦ
Адрес	г. Санкт-Петербург, Московское шоссе, дом 13, литера АЕ	г. Санкт-Петербург, Московское шоссе, дом 13, литера ВМ
Кадастровый номер	78:14:0007691:9799	78:14:0007691:9780
Площадь, м^2	104 014	11 798
Категория земель	Земли населенных пунктов	Земли населенных пунктов
Собственник	ПАО «Московский индустриальный банк»	ООО «Самсон»
Кадастровая стоимость, руб.	472 007 075,66	49 633 950,04
Разрешенное пользование	Для размещения коммерческих объектов, не связанных с проживанием населения	Для размещения объектов розничной торговли

Выводы. Объект культурного наследия «Мясокомбинат им. С.М. Кирова (с оградой и теплоэлектроцентралью)» находится в границах охраняемых зон, но при этом его местоположение является выгодным с точки зрения транспортной доступности и близости к объектам жилой застройки. Данные факторы являются благоприятными для проведения реконструкции исследуемого объекта и перепрофилирования его под общественное и административно-офисное пространство. При этом, при разработке концепции реконструкции должны учитываться техническое состояние зданий и значительный износ их конструкций. Выбранные проектные решения должны предусматривать максимальное сохранение изначального внешнего облика объектов, не нанося ущерб их исторической ценности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Зубарев И.А., Шутка А.В. Опыт реновации промышленных территорий на примере города Москвы // Национальная ассоциация ученых (НАУ). – 2020. – №55. – С. 4–7.
2. Главный сайт муниципального округа Звездное [Электронный ресурс]. URL: http://мозвездное.рф/ – (Дата обращения 04.03.2023).
3. Комитет по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и архитектуры [Электронный ресурс]. URL: https://kgiop.gov.spb.ru/ – (Дата обращения 04.03.2023).
4. Каледина А.С. Эстетические факторы влияния заброшенных зданий на человека // Наука, образование и экспериментальное проектирование. – 2021. – №1. – С. 362–364;
5. Бердник Т.О. Реновация промышленных территорий с изменением их функционального содержания / Т.О. Бердник, Е.О. Моро // Материалы НК «Актуальные проблемы современной архитектуры, градостроительства и дизайна»: сборник трудов, Нижний Новгород, 06–13 октября 2019 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2019. – С. 63–67.
6. Публичная кадастровая карта: г. Санкт-Петербург [Электронный ресурс]. URL: https://roscadastr.com/map/sankt-peterburg/ – (Дата обращения 04.03.2023).
7. Акт по результатам государственной историко-культурной экспертизы выявленного объекта культурного наследия «Мясокомбинат им. С.М. Кирова (с оградой и теплоэлектроцентралью)», по адресу: СПб, Московское шоссе, д. 13, с целью обоснования целесообразности включения объекта культурного наследия в единый государственный реестр объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации // СПб. – 2018. – [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://kgiop.gov.spb.ru/media/uploads/userfiles/2018/03/13/01-26-1969.pdf. – Загл. с титул. экрана.

УДК 625.712.63

Д.А. Юсикова, Ю.В. Волкова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА ОРГАНИЗАЦИИ ПАРКОВОК В ГОРОДАХ

Цель работы – рассмотреть отечественный и зарубежный опыт организации парковок в городах, исследовать некоторые вопросы решения транспортной проблемы и классифицировать парковочные пространства в крупных городах и мегаполисах.

В условиях быстро развивающегося мира в крупных городах и мегаполисах остро встаёт вопрос решения транспортной проблемы. С каждым годом становится всё больше автотранспорта, что приводит к дефициту машиномест для парковки. Такая тенденция связана с тем, что уровень обеспеченности машин парковками гораздо ниже темпов роста автомобилизации населения [2].

До 2016 г. среднее количество парковочных мест, предусмотренных в новых объектах недвижимости в России, составляло всего 0,3 на одну строящуюся квартиру, в 2016-2018 гг. показатель составил 0,6; в 2019 и 2020 гг. он превысит 1,0, что является улучшением формальных показателей. Однако, во-первых, это в основном парковочные места на улицах, которые находятся в ведении городской администрации. Эти парковочные места могут быть использованы для других целей или превращены в платные парковки. Во-вторых, одни и те же внеуличные парковочные места используются жителями всех близлежащих домов, что говорит о недобросовестных расчетах застройщиков [3].

По данным ЕРЗ.РФ, в строящихся многоквартирных домах в России в среднем приходится 0,1 парковочного места на единицу жилья. 84,9% строящихся многоквартирных домов вообще не имеют парковочных мест. Там, где парковочные места имеются, они составляют в среднем 0,65 парковочных мест на здание. Доля домов со встроенными или пристроенными паркингами за последние годы несколько увеличилась – с 14% до 15,1% [1.]

Важно отметить, что в условиях реконструкции при размещении новой жилой застройки в кварталах сложившейся застройки необходимо обеспечить, чтобы в границах участка жилой застройки было предусмотрено не менее 1,0 парковочного места на квартиру. Среднее количество автомобилей на 1 000 жителей должно составлять 350 [5].

Проблема наличия организованных мест стоянки автомобилей приводит к поискам новых решений, и страны мира находят выход из сложившейся ситуации по-разному. Один из основных и наиболее эффективных способов решения проблемы – строительство паркингов, поскольку такие проекты позволяют создать большое количество парковочных мест при сокращении площади застройки.

С учётом существующего многообразия видов стоянок автомобилей была осуществлена классификация парковок, приведенная на рисунке 1.

Места хранения и стоянки автомобилей можно классифицировать по схеме, указанной на рисунке 2.

Самый простой и распространённый вид парковок из вышеуказанных – наземные паркинги, но имеют они существенные недостатки: в случае, если водители паркуются неправильно, автомобили не только мешают нормальному движению транспорта, но и занимают много места и уменьшают площадь, доступную для озеленения.

Подземные паркинги обычно многоуровневые. Они обеспечивают защиту автомобилей от погодных условий и мошенников. Подземное строительство является одним из способов увеличения пространства для хранения автотранспорта, снять нагрузку с наземных парковок, и в то же время создать благоприятную среду для водителей и пешеходов.

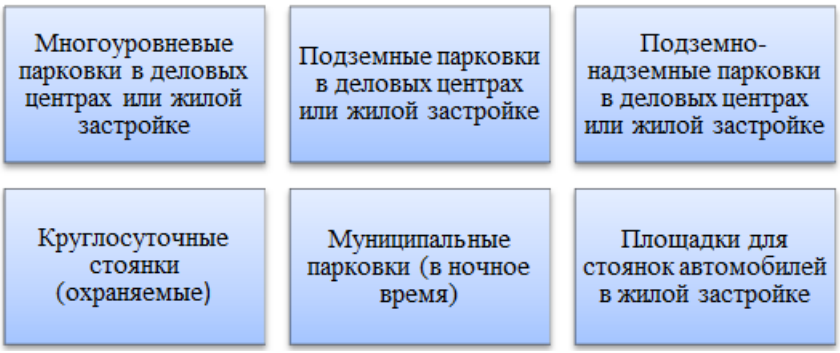


Рис. 1. Классификация парковок

Рис. 2. Классификация мест хранения и стоянки автомобилей

Механизированные паркинги – это механизированное парковочное оборудование. Парковка автомобиля осуществляется при участии оператора парковочной системы или водителя. Автоматизированные парковочные системы – сложный комплекс программного и аппаратного обеспечения, которые полностью исключают участие человека в процессе парковки.

Рассмотрим некоторые примеры решения транспортной проблемы в разных странах мира. Страны Европы, Америка и Корея практикуют действие перехватывающих парковок. Такие автостоянки располагаются вблизи конечных станций крупных пересадочных узлов наземного транспорта и помогают облегчить перегруженность городских транспортных систем за счет снижения интенсивности движения личного автотранспорта. Еще один распространенный вид автостоянок – георешетки, представляющие собой сотовые структуры, также известны как экопаркови, поскольку представляют собой строительный материал, состоящий из ячеек одинакового размера и формы, и являются практичной и экологически чистой системой.

Авторами проведен анализ отечественного и зарубежного опыта организации парковок в городах, который представлен в таблице 1: выделены наиболее популярные способы и аспекты организации парковок, их достоинства и недостатки. При анализе рассматривались следующие страны: Российская Федерация, Голландия, Великобритания, Дания, Германия, Италия, Япония, Америка, Корея.

Таблица 1 – Отечественный и зарубежный опыт организации парковок в городах

№ п/п	Способы и аспекты организации парковки	Преимущества	Недостатки
1	Наземная уличная парковка	Простой в организации вид парковки	Занимают много места, уменьшают площадь территорий для озеленения
2	Многоуровневые подземные паркинги	Безопасность для автомобилей; расширение площади для хранения автотранспорта, снятие нагрузки с наземных парковок	Дорогое обслуживание; необходимость в соблюдении ряда норм и разрешения на строительство
3	Механизированные автопаркинги	Отсутствие необходимости подъездных путей и пандусов, а также сотрудников	Одновременно может работать только для одного человека; нет полного исключения участия человека в процессе парковки
4	Автоматизированные парковки	Исключение участия человека в процессе парковки; размещение большего количество автомобилей на меньшей площади	Технически сложные и дорогие сооружения
5	Платные парковки	Обеспечение порядка и комфорта в городской среде; сокращение среднего времени парковки автомобиля; сокращение роста автомобилизации; повышение безопасности пешеходов на дорогах	Неграмотная разметка парковочных мест приводит к потере площадей для парковки; является имущественным цензом для автомобилей; наличие ведомственных парковок: не все граждане в равной мере платят за парковку; частое отсутствие дифференциации тарифов
6	Перехватывающие парковки	Позволяют уменьшить загруженность автотранспортной системы города, освободив её от части личного автотранспорта; круглосуточное функционирование стоянок, системы видеонаблюдения	Не все водители готовы отказаться от передвижения в личном авто в пользу общественного транспорта; размещение ТС на парковке не налагает на организатора сервиса обязанности хранения; такие парковки платные
7	Экопарковки	Совмещение практичности и экологичности, озеленение городских территорий; возможность использования георешеток на любых площадях	Стоянка на георешетке должна быть временной, чтобы не терялись свойства газона; для очищения газона необходим демонтаж газонной сетки
8	Возможность приобрести автомобиль только при наличии в собственности у владельца парковочного места	Ответственный подход городских жителей к покупке автотранспорта; контроль со стороны правительства количества личного автотранспорта, возможность снижать последствия проблемы автомобилизации в стеснённых условиях крупных городов	Лишние затраты на покупку парковочного места для автовладельцев; автомобильная промышленность и продажа автомобилей дают бюджету много денег в виде налогов и регулярных закупок ГСМ, если эта торговля будет сокращена, государственный бюджет уменьшится

Строительство паркингов является одним из основных путей решения проблемы хранения автомобилей и становится все более распространённым во всем мире. Полувековой опыт возведения таких сооружений привел к разработке новых технологий и материалов, в результате чего проектирование и строительство многоэтажных паркингов значительно упростилось, а затраты снизились.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ЕРЗ: [Электронный ресурс] // URL: https://erzrf.ru/ (дата обращения: 07.03.2023).
2. Науменко Е. Ю. Организация парковочного пространства в общей системе дорожного движения в городах: Автореф. дис. канд. техн. наук. [Текст] / Е.Ю. Науменко. – Волгоград, 2012. – 16 с.
3. РБК: [Электронный ресурс] // URL: https://www.rbc.ru/ (дата обращения: 07.03.2023).

4. Сайт СПб ГКУ "Городской центр управления парковками Санкт-Петербурга" Электронный ресурс] // URL: https://gcup.spb.ru/ (дата обращения: 07.03.2023).
5. СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* (утв. Приказом Минстроя России от 30.12.2016 N 1034/пр).

УДК 726.6

А.М. Иванцова, И.В. Ямшанов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВОССТАНОВЛЕНИЕ АЛЕКСАНДРО-НЕВСКОГО СОБОРА В ГОРОДЕ КИРОВ

Целью работы является изучение актуальности и способов восстановления Александро-Невского собора в городе Киров.

Александро-Невский собор — это памятник архитектуры, спроектированный архитектором Александром Витбергом [1], построенный на добровольные пожертвования в городе Киров в 1864 г. и взорванный в 1937 г. по настоянию президиума горсовета. Участок, выбранный для сооружения собора, — это центр просторной рыночной площади, расположенной в южной возвышенной части города и окружённой улицами: Урицкого с востока, Красноармейской с юга, Ленина с запада и улицей Орловской с севера [2]. Собор обусловил формирование нового духовного и общественного центра в южной части города, способствовал застройке периметра площади каменными двухэтажными особняками и своеобразному оформлению фасадов этих зданий. Александро-Невский собор являлся доминантой города и зрительно уравновешивал новую часть города с историческим центром [3].

Рис. 1.

После уничтожения собора площадь, на которой он находился, превратили в зелёную парковую зону. В данный момент этот парк окружают хрущевки, к которым пристроены симметричные десятиэтажные здания, а также большой спортивный комплекс Вятского государственного университета, а на месте собора расположено здание Вятской областной филармонии, построенной в 1963 г. (рис. 1).

Споры о восстановлении собора ведутся уже достаточно давно [4]. Власти Кирова всерьез обсуждают предложения неравнодушных граждан, в том числе от предпринимателей, готовых оплатить проектно-сметную документацию. Высокая стоимость реализации, существующее здание Вятской областной филармонии и неоднозначное отношение общества к «новостроям» ставит под сомнение идею строительства. Однако, Александро-Невский собор в Волгограде, церковь Рождества Христова на Песках в Санкт-Петербурге, собор Святого Архистратига Михаила в Ижевске, Казанский собор и Храм Христа-Спасителя в Москве в свою очередь служат примерами успешной реализации таких проектов. Актуальность восстановления также подтверждает существование Великорецкого крестного хода, приуроченного к празднику Рождества Николая чудотворца и проходящего в Кирове ежегодно с 9 по 13 августа. Великорецкий крестный ход – один из крупнейших в России. Традиция неуклонно сохранялась даже в годы советской власти, а местом хранения Великорецкой иконы святителя Николая являлся кафедральный собор. В крестном ходе ежегодно участвует от 20 до 60 тыс. человек, что говорит о потребности определенных групп населения в

религиозных сооружениях для осуществления духовных потребностей. Финансирование восстановления собора может быть осуществлено за счет грантов правительства, а также добровольных пожертвований неравнодушных граждан. Так, на добровольные пожертвования девяносто четырех тысяч человек и тысячи двухсот организаций, а также гранты правительства Московской области был возведен Главный храм Вооруженных Сил РФ.

Архитектурные храмы-памятники в России составляют неотъемлемую часть облика городов и обеспечивают приток туристов и паломников со всего мира. С течением времени в проектировании соборов возможности архитектурного творчества сильно расширились благодаря возможности применения новых строительных и компьютерных технологий.

Создание концепции восстановления собора с использованием концептуальной виртуальной модели не только подтолкнет общество к его восстановлению, но и сможет в дальнейшем быть использовано для разработки проектной и рабочей документации. В виртуальной модели могут быть отражены конструктивные решения, основные архитектурные особенности фасадов, а также благоустройство прилегающей территории.

Несмотря на то, что после разрушения собора прошло больше восьмидесяти лет, сохранилась информация об особенностях построения его объемно-пространственной композиции, а также процессе его строительства, использованных материалах и параметрах (рис. 2).

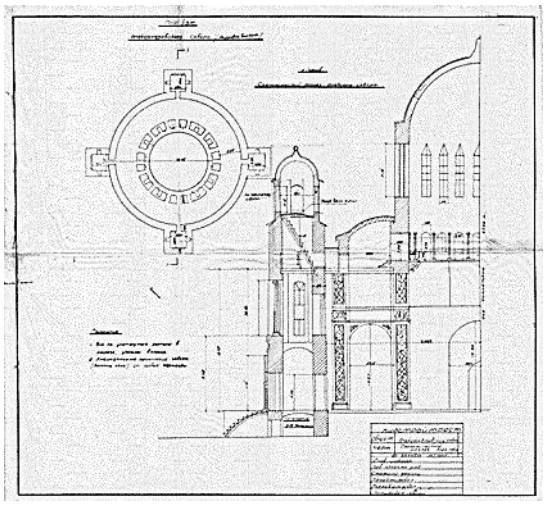


Рис. 2.

Собор представлял собой крестово-купольный тип храма, его схема построения была подчинена законам зеркальной симметрии, композиционный акцент которой был сосредоточен на подкупольном пространстве. Скопин Евгений Львович, в своей книге «Собор Александра Невского в Вятке. История создания» в ходе исследования выявил, что диаметр главного купола D, взятый в качестве мерного модуля, имел целую величину, равную 8 казённым саженям (17,064 м), что дает нам возможность определить размерные характеристики всего собора в целом и провести пропорциональный анализ объемно-планировочной композиции с использованием мерного модуля *D* и правильных треугольников. Наиболее точное представление о высотных параметрах собора в натуре также можно получить из результатов геодезической фиксации здания, которая была проведена перед его разборкой 26 апреля – 4 мая 1937 года с помощью 2-минутного теодолита [5].

Настоящее время требует новых решений в восстановлении собора Александра Невского. Это может проявиться в организации музейного и мультимедийного комплекса в составе собора, что поспособствует заинтересованности не только верующих, но и туристов со всей России. По результатам обследования месторасположения утраченного храма можно сделать вывод о том, что фрагменты несущих конструкций не сохранились. По сохранившимся данным о соборе можно сделать вывод о том, что при устройстве фундамента использовались бутовый камень, известняк, песчаник и кирпичный щебень. Каждый слой фундамента заливался гашеной известью, на уровне земли фундамент покрывался слоем бересты. Наружные стены состояли из кирпича. Цокольная часть наружной стены облицовывалась белокаменными блоками. Для архитектурных деталей заранее тесался лекальный кирпич. Кладка и купол собора армировались металлическими поясами и укреплялись затяжками из железа. Все использованные при строительстве материалы могут быть заменены современными аналогами или чем-то совершенно новым для собора, ведь наше время не исключает строительство храма из стекла и металла. В храме могут появиться лифты и адаптация для маломобильных групп населения.

Благодаря активным градоформирующим качествам появление собора организует среду прилегающей застройки, а силуэт города пополнится важной доминантой, обращающей на себя взгляд даже с подъезда к городу. Углубленные исследования истории строительства храма, хронология и особенности периода строительства, чертежи и фотографии позволят создать виртуальную модель здания, в которой можно будет отразить проектные решения Александро-Невского собора.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Албин П.В. Александро-Невский собор в Вятке. – Вятские губернские ведомости, № 40–42, 1864г.
2. Кувшинский Н. Александро-Невский собор в городе Вятка. – Вятка «Губернская типография», 1903 г. 32 с.
3. Тинский А.Г. Планировка и застройка г. Вятки. – Киров, 1976 г. 227 с.
4. Энциклопедия земли Вятской. Том 5 «Архитектура» 1996 г. 384 с.
5. Скопин Е.Л., Кривошеина Н.В. Собор Александра Невского в Вятке. История создания – Киров, 2019 г. 480 с.

УДК 711.432

Д.С. Михайлова, Н.В. Брайла
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ГАЛЕРНОГО ОСТРОВА, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

Галерный остров является одной из самых интересных для освоения локаций в Санкт-Петербурге с колоссальным градостроительным потенциалом. Особенностью территории является ее островное расположение при входе в акваторию р. Большая Нева со стороны Невской губы, а также необходимость сохранения существующих объектов культурного наследия (рис. 1) и самобытности территории как значимой частицы истории Санкт-Петербурга.

Площадь Галерного острова по данным публичной кадастровой карты составляет 22,3 га. По ПЗЗ территория относится к зоне ТПД1_1 (многофункциональная подзона объектов производственного, складского назначения, инженерной инфраструктуры IV и V классов опасности, а также объектов общественно-деловой застройки, расположенных на территории исторически сложившихся районов центральной части Санкт-Петербурга и на территории с недостаточной транспортной доступностью) [1]. В перспективе потребуется изменение вида территориальной зоны на ТД1-1_1 для реализации проектов с большей инвестиционной привлекательностью.

В статье предлагается вектор развития территории как общественного многофункционального пространства. Такой подход позволяет конвертировать творческую энергию в развивающиеся бизнесы, увеличивая вклад в бюджет города. Кроме этого, следует отметить синергетический эффект взаимодополняющих бизнес-функций, ограниченных единым пространством, что в случае с островной территорией может иметь усиленное действие.

Основные задачи предлагаемого к реализации креативного кластера: 1. Культурный досуг и социализация жителей города в настоящее время; 2. Раскрытие творческого потенциала молодежи и развитие локального бизнеса в долгосрочной перспективе.

Основываясь на современных тенденциях и, принимая во внимание актуальность «третьих мест», где «первое» – это дом, «второе» – работа, выделяются следующие функциональные направления креативного кластера (рис. 2).

Так как для зоны ТД1-1_1 максимальная общая площадь объектов капитального строительства нежилого назначения не устанавливается на земельных участках, необходимо установить предельную проектируемую площадь застройки исследуемой территории, например, на основании объектов-аналогов (табл. 1) [2].

Рис. 1. Объекты культурного наследия на Галерном острове

Анализ наиболее успешных проектов с аналогичной градостроительной и социальной задачей позволил рассчитать оптимальное процентное соотношение занимаемых площадей разной функциональности (рис. 3).

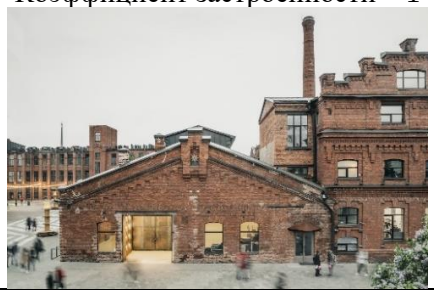
Рис. 2. Функциональные направления креативного кластера

Рис. 3. Соотношение занимаемых площадей в кластере

Рассмотрев аналогичные объекты, делаем вывод, что отношение общей площади зданий к площади участков, на которых они расположены, составляет от 0,5 до 1,64. Таким образом, можно предположить, что для эффективного освоения и успешной реализации потенциала территории Галерного острова общая площадь построек находится в диапазоне от 111,5 до 365,72 тыс. м^2.

Некоторые из присутствующих построек на острове являются выявленными объектами культурного наследия, входящими в «Комплекс построек Адмиралтейского судостроительного завода». Общая площадь данных построек по документам [7] равняется 21 607,8 м^2. Следовательно, для застройки доступно от 89 892 до 344 112 м^2.

Таблица 1 – Анализ площадей застройки объектов-аналогов

Объект 1: Новая Голландия, Санкт-Петербург	Объект 2: Севкабель порт, Санкт-Петербург
Участок – 7,8 га Постройки – 42,3 тыс. м^2 [3] Коэффициент застроенности – 0,5 	Участок – 3 га Постройки – 32 тыс. м^2 [4] Коэффициент застроенности – 1 
Объект 3: ГЭС-2, Москва	**Объект 4: Хлебозавод №9, Москва**
Участок – 2,2 га Постройки – 36 тыс. м^2 [5] Коэффициент застроенности – 1,64 	Участок – 1,8 га Постройки – 25 тыс. м^2 [6] Коэффициент застроенности – 1,38

Для более точного определения предполагаемой к строительству площади зданий требуется провести тщательный анализ истории инвестиционного и градостроительного развития аналогов. Для концептуального проектирования также следует принять во внимание следующие ограничения, действующие на территории: высотные – 28/33/(44)/33/(36) [7], территориальные – 20% площади земельного участка отводится под озеленение [1].

Вывод. Проект ревитализации Галерного острова предусматривает развитие с учетом интересов горожан и города, как новой локации притяжения туристов и бизнеса. Обязательным условием должно стать сохранение уникальности места и его исторической составляющей в новой интерпретации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Электронный ресурс: Peterland / ПЗЗ Санкт-Петербурга. URL: http://xn--g1aaw.xn--80acei4alcndt.xn--p1ai/ (Дата обращения 05.03.2023).
2. Электронный ресурс: Роскадастр / Кадастровая карта Санкт-Петербурга https://roscadastr.com/map (Дата обращения 05.03.2023).
3. Электронный ресурс: ПРОРУС / Новая Голландия в Санкт-Петербурге URL: https://prorus.ru/projects/novaya-gollandiya-v-sankt-peterburge/ (Дата обращения 05.03.2023).
4. Электронный ресурс: Деловой Петербург / Севкабель. Владельцы «Севкабеля» создадут креативное пространство на Васильевском острове. https://www.dp.ru/a/2023/03/01/Novie_vizovi_dlja_rinka_jur (Дата обращения 05.03.2023).
5. Электронный ресурс: Коммерсант / ГЭС-2 Дом тепличной культуры. URL: https://www.kommersant.ru/doc/5118437 (Дата обращения 05.03.2023).
6. Электронный ресурс: Прорус / Городское общественное пространство «Хлебозавод №9» в Москве. URL: https://prorus.ru/projects/gorodskoe-obshchestvennoe-prostranstvo-hlebozavod-9-v-moskve/ (Дата обращения 05.03.2023).
7. Электронный ресурс: Комитет по Государственному Контролю, Использованию и Охране Памятников Истории и Культуры. URL: https://kgiop.gov.spb.ru/ (Дата обращения 08.03.2023).

УДК 332.122

А.А. Серебрякова, О.Ю. Цветков
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА РЕДЕВЕЛОПМЕНТА ПРОМЗОНЫ «ГАЛЕРНАЯ» Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

Под редевелопментом промышленных зон понимается их градостроительное преобразование, основанное на изменении целевого назначения территорий под более актуальное с учетом экономических, политических и технологических изменений.

Вопрос преобразования и развития недействующих промышленных пространств г. Санкт-Петербурга является особо актуальным. На сегодняшний день насчитывается порядка тысячи гектаров неиспользуемых территорий, занимаемых объектами производственного назначения, а также объектами инженерной инфраструктуры, не соответствующих современным условиям их развития. Большинство из них являются заброшенными или используются под склады. Данная проблема приводит не только к ухудшению архитектурного облика городской среды, но и к значительному снижению экономико-градостроительной ценности земель.

Особый интерес к редевелопменту промышленных зон проявляют инвесторы и девелоперы: разрабатываются новые проекты, предполагающие развитие городской инфраструктуры [1, 2].

Процесс преобразования промышленных зон реализуется несколькими способами:

- изменение типа среды (перепрофилирование) с сохранением оболочки с реконструкцией под жилое или общественное назначение;
- рефункционализация, предполагающая внедрение новых технологических процессов;
- музеефикация;
- рекультивация, с последующим внедрением в зеленый каркас города (парки, набережные);
- полное устранение промышленного объекта для использования территорий с новым назначением: жилых, торговых и общественно-деловых пространств, рекреационных зон [3].

Рис. 1. Ситуационный план промзоны «Галерная»

Цель работы – анализ текущего состояния и оценка перспективы развития территории промышленной зоны «Галерная» в городе Санкт-Петербург.

Исследуемая территория располагается в Василеостровском районе, в районе Галерной гавани общей площадью 104 га и долей преобразованной территории – 20% (рис. 1). Начало строительства Галерной гавани положил Петр I в 1721 г. Проект, выполненный архитектором Д. Трезини, включал прямоугольный бассейн, соединённый с Финским заливом каналом и сооружение дока для ремонта галер. По берегам бассейна были возведены эллинги (сараи) для судов.

В 1880–1881 гг. на территории гавани разместился Пироклисиновый завод. В 1930-х гг. все постройки, находившиеся на западном берегу Большого бассейна, использовались Складом № 17 ВВС КБФ для хранения авиационного имущества и материалов [4, 6, 7].

В настоящее время территорию промзоны «Галерная» занимают такие объекты, как НИИ радиоаппаратуры, АТП № 4 Спецтранса, объекты Водоканала, Завод «Прибой», гаражи, пустыри и др.

Перспективы развития промышленной территории «Галерная» предполагают изменение ее функционального назначения, а именно создание общественно-делового пространства с включением объектов жилой застройки и благоустройством Шкиперского протока (рис. 2). Основными объектами, построенными в ходе редевелопмента территории, являются: МФК Горного университета, ТК «Шкиперский Молл», ЖД Шкиперский пр.,20, ЖК «Белый парус». Дальнейшее развитие по пути редевелопмента благоприятно отразится на качестве жизни микрорайона.

Рис. 2. Проект застройки Васильевского острова

В ходе освоения земель промзоны могут возникнуть существенные препятствия, а именно: существующие промышленная свалка Спецтранса, завод и НИИ радиоаппаратуры, а также неблагоприятное состояние почв, занятых промышленными предприятиями, являются основными источниками загрязнения территории.

Комитет по градостроительству и архитектуре Петербурга согласовал архитектурно-градостроительный облик школы, которая должна быть построена рядом с ковшом Галерной гавани, однако граждане, проживающие на Васильевском острове, предоставили документы местной экспертизы, по результатам которой было выявлено значительное превышение уровня содержания химических веществ по меди, свинцу и цинку. Это связано с тем, что на территории промзоны «Галерная» в советское время проводились научно-производственные работы с использованием опасных веществ. В данном случае встает вопрос рекультивации загрязненных земель [5].

Выводы. Промзона «Галерная» оценивается как умеренно развивающаяся. Несмотря на существенные препятствия, при соблюдении всех норм строительства, проведении серьезной рекультивации земель, здесь возможно размещение жилья высокого уровня, деловых и коммерческих объектов – гостиниц, бизнес-центров. Прогнозируемый период полного освоения промзоны составляет 10–15 лет без учёта политической и экономической ситуации в стране.

ЛИТЕРАТУРА:
1. Золотых М.А. Реновация промышленных зон в современных условиях города. // StudArctic forum. No 2 (6), 2017. С. 8.
2. Лаптева Е.Д. Особенности редевелопмента в России и его роль в пространственном развитии городов. // ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, 2018. С. 82–88.
3. Точина В.П., Попов А.Д., Танкова Н.А. Принципы и методы реновации промышленных объектов в мировой практике // Вестник БГТУ им В.Г. Шухова, 2019. №6. С. 78–81.
4. Галерная гавань – Главный Гребной порт // Архитектурный сайт Санкт-Петербурга «Citywalls»: URL: https://www.citywalls.ru/house27292.html (дата обращения: 14.03.2023);
5. Глушакова Ю.С., Латина С.В. Методы расчёта железобетонных конструкций. / Современные наукоемкие технологии. 2013. № 7-1. С. 59.
6. 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. Брайла Н.В., Романович М.А., Симанкина Т.Л., Попова О.Н., Цветков О.Ю., Шарманов В.В. / Правовое обеспечение землеустройства и кадастров: учебное пособие // СПбПУ. – СПб, 2021 – [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://elib.spbstu.ru/dl/5/tr/2021/tr21-4.pdf. – Загл. с титул. экрана.

УДК 721.021

А.М. Иванцова, И.В. Ямшанов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ВОССТАНОВЛЕНИИ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ

Архитектурное наследие является одним из важных составляющих культурного наследия и сохранения культуры в целом и говорит о высоком вкладе народов в развитие мировой цивилизации. Помимо вклада в народное образование, архитектурные памятники в наше время выполняют большое количество функциональных ролей и далеко не всегда по своему истинному назначению [1]. Для смены функционального назначения здания часто подвергаются реконструкции – изменению параметров объекта, включая увеличение площади, объема, а также изменению количества этажей.

Даже в наше время строительную отрасль принято считать достаточно консервативной. Фотографии и архивные чертежи широко используются реставраторами и архитекторами, занимающимися восстановлением памятников архитектуры и далеко не все опытные специалисты готовы начать использовать информационные технологии [2]. Применение устаревших способов проектирования несет в себе повышенную вероятность возникновения ошибок, погрешностей, а также потери множества данных в ходе работы.

Целью данной статьи является изучение использования информационных технологий в восстановлении памятников архитектуры.

Существует большое количество цифровых технологий, которые могут стать актуальны в ближайшее время. К таким технологиям можно отнести 3D – печать, высокотехнологичную топосъемку и георазведку, BIM – моделирование, искусственный интеллект, лазерное сканирование, виртуальную и дополненную реальность и так далее [3].

Информационная модель здания, созданная на основе современных технологий, является, по сути, структурированной информацией о проектируемом, существующем или даже утраченном объекте. Она позволяет решить множество проблем, таких как бюджетирование, качество строительства, оценку ресурсов и рисков, охрану труда и других, в ходе строительства, эксплуатации и демонтажа здания [4].

Например, в 2019 г. в ходе пожара лишился большей части крыши и шпиля собор Нотр-Дам-де-Пари. При восстановлении традиционным способом строители и архитекторы

столкнулись бы с большой проблемой: понадобились бы планы и фасады, созданные еще непосредственно во время строительства. Сам процесс восстановления построенного в 1163 году здания является сложным процессом, начиная от используемых в то время материалов, до средневековых технологий строительства. Тщательно задокументированная и детализированная цифровая модель собора позволила точно определить, как выглядело здание до пожара вплоть до мельчайших подробностей. В данный момент восстановление собора идет с помощью BIM-модели, созданной компанией Autodesk на основе лазерного снимка бельгийского искусствоведа Эндрю Таллона (рис. 1).

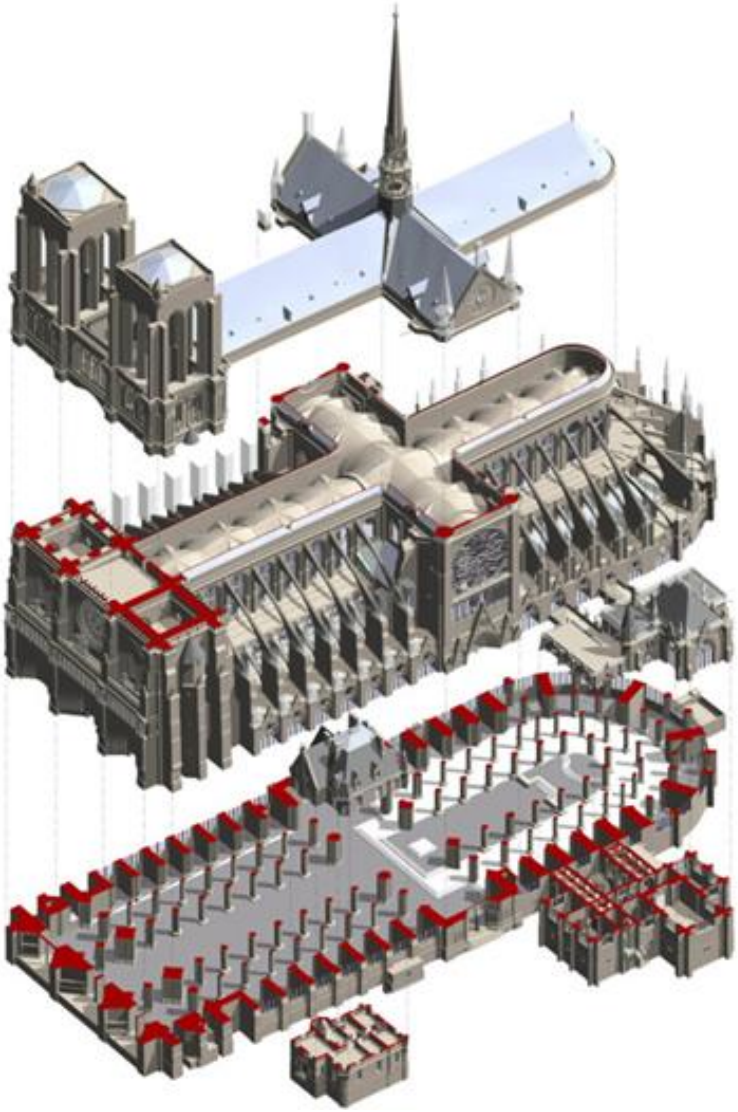


Рис. 1

Конечно и у современных технологий есть свои минусы: большой объем данных, ограниченное количество хороших специалистов и отсутствие норм и четких расценок на создание информационных моделей зданий делает их недоступными для широкого использования [5]. Но в будущем BIM может превзойти чертежи, выполненные вручную, став боле дешевой, точной и доступной альтернативой. 3D технологии позволят создать библиотеку компьютерных копий памятников архитектуры, которая поможет специалистам в дальнейшем их изучении и сохранении.

ЛИТЕРАТУРА:
1. Бортникова О.С. Черных Г.Н. Строганова Л.А. Актуальность сохранения памятников архитектурной среды. Научный лидер №14(16), 2021 г.
2. Альбин А.В., Свищеватый М.А., Коловертнова Д.Т., Какова П.И. Ограничения проекта реконструкции в аспекте использования современных информационных технологий. Современные наукоемкие технологии № 4, 2018 г. 149–153 с.
3. Король Е.А., Дрепалов И.Ф. Реконструкция зданий с использованием BIM – технологий. Системные технологии 4 (№41), 2021 г. 47–51 с.
4. Бондаренко И.А. Воссоздание архитектурного образа утраченного памятника архитектуры с помощью мультимедийных технологий (на примере храма Рождества Христова на Песках XVII века в г. Санкт-Петербурге). Инновации и инвестиции №5, 2018 г. 258–262 с.
5. Николаев С.Ф. Проблемы внедрения инноваций в реставрации объектов культурного наследия. Молодой ученый, 2020 г. 268–270 с.

УДК 911.37

О.Р. Хайбулина, М.М. Жунусов, О.Ю. Цветков
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОСОБЕННОСТИ СУБУРБАНИЗАЦИИ В РОССИИ

Субурбанизация – это процесс расширения городов за пределы их исходных границ, что приводит к формированию пригородных территорий. Этот процесс обычно связан с ростом населения и увеличением спроса на жилье в городах, а также с улучшением транспортной инфраструктуры, позволяющей людям жить за пределами городской зоны и добираться до работы или школы. Не стоит путать данный процесс с дезурбанизацией, т.е. миграцией в сельскую местность с полным или частичным изменением образа жизни и соответствующим принятием сельской (или квазисельской) модели освоения социального пространства и времени [1]. Эти различия между внешне схожими явлениями понимает М. Сант, вводя в качестве основного критерия степень осознанности «разрыва» с городской жизнью, ухода из города [2].

Целью работы является определение особенностей и проблем российской субурбанизации, для достижения которой были поставлены следующие задачи:

1) выделение особенностей данного процесса в Российской Федерации;
2) ретроспективный обзор тематических публикаций;
3) анализ выявленных проблем;
4) активное влияние исследуемого процесса на город и городское население;
5) обобщение и анализ полученных данных.

Методы исследования, используемые в работе – анализ, исследование и мониторинг.

Причины и характеристика начального этапа субурбанизации в России. Основным драйвером процесса субурбанизации в современной России является сравнительно большая экономическая привлекательность крупных городских агломераций вкупе с недостаточным уровнем обеспечения последних жилищным фондом в пределах условных городских центров.

Описанная ситуация заметно отличается от стандартного процесса субурбанизации, наблюдаемого в странах Западной Европы и США. Если в реалиях развитых капиталистических экономик характерными особенностями процесса являются перенос промышленных мощностей за пределы городских округов и соответствующая миграция человеческого капитала в более привлекательные условия проживания (в основном – загородные дома), то в случае стран постсоветского пространства можно выделить следующие основные причины формирования во многом противоположной картины:

1) деградация отраслей национального хозяйства, бывших причиной создания так называемых «моногородов» и миграция секторальных специалистов из провинции в сохранившиеся центры промышленного производства (кейс роста Тольятти и Нижнекамска);

2) снижение материального благосостояния значительной части населения; невозможность за счёт собственных источников финансирования осуществлять строительство загородных домов (поддерживать их в состоянии, конкурентном по сравнению с благоустроенной квартирой);
3) отсутствие государственных ипотечных программ, являвшихся основным инструментом улучшения жилищных условий, по отношению к объектам индивидуального строительства и загородным домам;
4) продолжающееся снижение привлекательности загородного дома как возможности улучшения жилищных условий даже у основной целевой аудитории – многодетных семей (рис. 1).

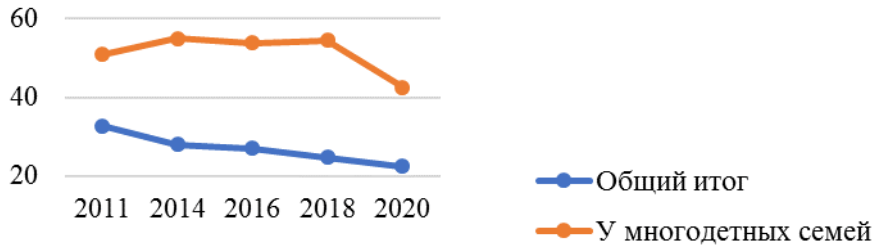


Рис. 1. Результаты опроса респондентов из числа многодетных семей

Несмотря на то, что две последние декады характеризовались значительным улучшением качества жизни среднестатистического гражданина РФ и многие описанные первопричины запуска процесса российской субурбанизации ныне потеряли актуальность, в процессе перехода к западной модели все ещё наблюдаются значительные трудности и проблемы.

Согласно результатам, отображённым на рис. 2, полученным из опубликованных открытых данных Росстата [3] заметен определённый прирост доли городского населения. Это обусловливает мысль о внутренних миграционных потоках, направленных в сторону городов. Однако финансовое положение отдельных «новых горожан» зачастую не позволяет им приобрести жилую недвижимость непосредственно в административных границах города и вынуждает арендовать жильё в пригородных районах, что ещё больше детонирует процесс субурбанизации в России – расширения городской черты за счёт интеграции разрастающегося пригорода.

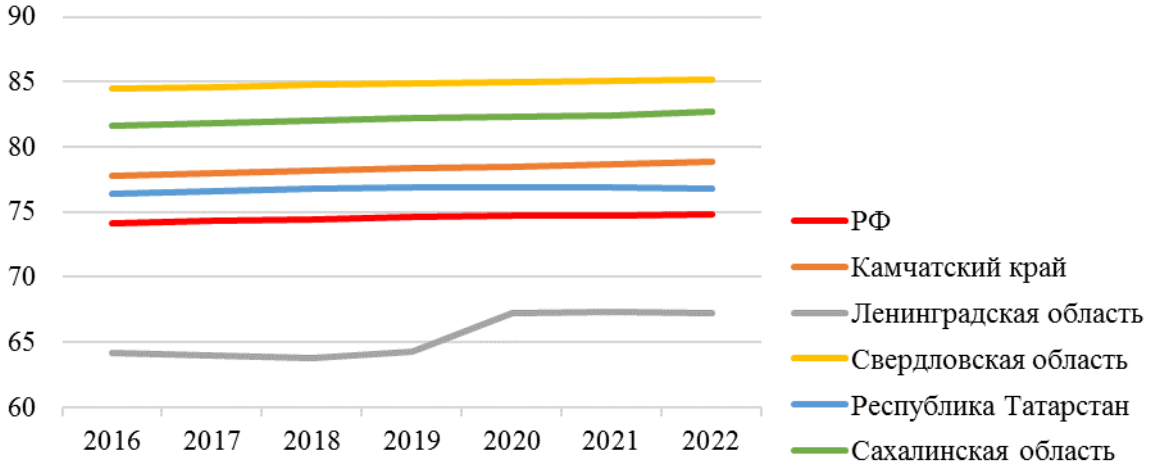


Рис. 2. Доля городского населения в общей численности населения на 1 января 2022 года

Основные проблемы современного этапа. Основной проблемой, текущей субурбанизации можно считать перекос экономического развития основных агломерационных центров (Москва и Санкт-Петербург) и остальных регионов страны. Вместе с тем, так как данная проблема в ближайшее время кажется неразрешимой, а процесс

субурбанизации вместе с тем продолжается, можно выделить следующие основные факторы, затрудняющие его [4]:

1) низкое качество транспортной инфраструктуры, выражающееся в низком качестве дорог, отсутствии планирования инфраструктуры общественного транспорта на этапе разработки градостроительного плана, недостаточном количестве парковочных мест;
2) слабая рурбанизация из-за очаговости обустройства территории как преграда для реальной субурбанизации;
3) культура дачных поселков, переживающая своеобразный ренессанс в наиболее экономически благополучных регионах, закрывающая потребности большой массы людей в преимуществах загородных домов.

При этом, уровень развития транспортной и социальной инфраструктуры, бытовые условия все еще находятся на недостаточном уровне, препятствуя преобразованию дачных поселков в полноценные пригородные районы малоэтажной застройки. В российских реалиях, на фоне благоприятствованию переходу части тружеников сектора услуг и цифровой экономики на дистанционный формат работы, переход дачи в сознании граждан в полноценный загородный дом, является наиболее перспективным направлением приложения государственных усилий и финансирования.

Несмотря на то, что преобразование старых дач в загородные дома является более дешевым и легко реализуемым способом усиления процесса субурбанизации, текущие государственные программы направлены в первую очередь на создание нового жилья. Основные примеры государственных программ поддержки индивидуального и загородного строительства [5]: программа финансовой поддержки ИЖС, возможность многодетных семей получить бесплатный земельный участок, льготные ипотеки.

Вывод. Субурбанизация западного типа с переселением из крупных городов в пригороды, сельскую местность и ростом там мест приложения труда в России выражены слабо. Можно сделать вывод о том, что субурбанизация в России имеет особенные черты благодаря чему этот процесс не угасает и способствует развитию городов за счёт присоединения развитых пригородных районов – растёт сам город, так как пригород из-за рурбанизации становится полноправной частью города.

В целом, субурбанизация является неотъемлемой частью городского развития. Проведение исследования субурбанизации и разработка стратегий для ее балансирования может помочь городу максимизировать положительные аспекты субурбанизации и уменьшить ее отрицательные последствия. Кроме того, необходимо учитывать местные особенности города и его окружающей среды при разработке стратегий для балансирования развития городских и пригородных районов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Покровский Н.Е., Макшанчикова А.Ю., Никишин Е.А. Обратная миграция в условиях пандемического кризиса: внегородские пространства России как ресурс адаптации. Демография. Миграция. 2020. С. 54–64.
2. Нефедова Т.Г., Покровский Н.Е., Трейвиш А.И. Урбанизация, дезурбанизация и сельско-городские сообщества в условиях роста горизонтальной мобильности. Социология села. 2015. С. 60–69.
3. Витрина статистических данных. [Электронный ресурс]. – \URL: https://showdata.gks.ru/report/278932/# (дата обращения: 15.01.2023).
4. Махрова А.Г., Нефедова Т.Г. Сможет ли пандемия covid-19 стимулировать субурбанизацию в центральной России. Вестник Московского Университета. 2021. С. 104–115.
5. Льготы на ИЖС: обзор государственных программ. [Электронный ресурс]. – URL: https://moigektar.ru/news/6-lgot-na-izhs-obzor-gosudarstvennyh-programm (дата обращения: 05.11.2022).

УДК 711

А.М. Кумпеева, Ю.В. Волкова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ГЕНЕРАТИВНОГО ДИЗАЙНА В ПРОЕКТИРОВАНИИ ДВОРОВЫХ ПРОСТРАНСТВ

Цель работы – рассмотреть преимущества применения генеративного дизайна в проектировании дворовых пространств различных морфотипов.

В традиционных методах проектирования, аналоговых или основанных на документах, отсутствует этап проверки системы на удовлетворение всем параметрам. Современный архитектурный дизайн имеет тенденции сосредоточиться на таких аспектах, как функциональность и эстетика, путем интеграции измеримых критериев относительно поздно в процессе. Поскольку начальный этап проектирования определяет 75% стоимости жизненного цикла продукта [1], отсутствие учета других факторов, таких как дневной свет или энергия потребления, может привести к значительному увеличению стоимости жизненного цикла. Основным недостатком этих методов является то, что они негибки и неспособны справиться со сложностями современного городского планирования.

Генеративный дизайн (Generative Design) – это процесс создания компьютерных моделей, где в качестве начальных данных задаются параметры, описывающие требования к конечному объекту, а затем приложение автоматически итеративно создает множество вариантов дизайна. Он использует алгоритмы и компьютерное моделирование для создания и оптимизации дизайнерского решения. Специалист определяет параметры объекта, но вместо самостоятельного моделирования отдает проработку различных вариантов, соответствующих параметрам, компьютеру.

В зарубежной практике генеративный дизайн применяется в планировании и создании уникальных общественных пространств и промышленных сооружений. Например, башни для фильтрации воздуха в Дели [2], жилой район One Santa-Fe [3], где генеративный дизайн был использован для определения расположения частей здания и создания пространства между ними. В Китае, в рамках подготовки к Олимпийским играм 2022 г., был построен мост San Shan Bridge [4] с использованием инструментов генеративного дизайна. Однако проекты и исследования, где бы применялся генеративный дизайн в проектировании дворовых пространств, найти не удалось. Таким образом можно сделать вывод, что данная тема не раскрыта и является перспективной и актуальной.

Перечень основных и наиболее распространенных программам генеративного проектирования приведён в таблице 1.

Использование инструментов генеративного дизайна в проектировании дворовых пространств позволяет учитывать важные параметры как освещенность двора, температурные колебания, инсоляция, уровень дорожного шума, пылевое загрязнение, процент озеленения [5, 6, 7]. При генерировании планировок появляется возможность сравнить количественные и качественные параметры разных планировок и выбрать оптимальные среди них. Также в процессе проектирования становится возможным менять морфотип двора, сохраняя при этом функциональное наполнение территории.

Можно выделить следующие преимущества генеративного дизайна в проектировании дворовых пространств:

- Эффективность – генеративный дизайн позволяет быстро создавать множество вариантов дизайна, выбирая оптимальный вариант, экономя время;
- Комплексность – генеративный дизайн помогает автоматически учитывать разные параметры;

– Улучшение качества проекта – за счет оптимизации всех параметров и выбора наилучшего варианта, генеративный дизайн позволяет создавать высококачественные проекты с грамотными инженерными решениями;
– Уникальность – генеративный дизайн позволяет создавать уникальные проекты, которые соответствуют особенностям местности и стилю жизни жителей;
– Функциональность – за счет автоматической оптимизации и выбора наилучшего варианта генеративный дизайн позволяет создавать функциональные пространства, учитывая все потребности жителей;
– Высокая точность – генеративный дизайн позволяет создать более точные и наглядные проекты, что повышает эффективность планирования и распределения бюджета.

Таблица 1 – Основные компьютерные программы генеративного проектирования

Наименование	Доступ	Инструменты	Особенности
Archicad + Rhinoceros 3D + плагин для визуального программирования Grasshopper	Доступны по студенческой или коммерческой лицензии.	– Размещение объектов в пространстве по прямоугольной сетке, ступенчатой сетке, случайно. – Возможность создать свое исследование по уникальному алгоритму.	– Для работы нужно понимать работу языка визуального программирования. – Для работы необходима лицензия
Autodesk Revit + плагин Dynamo	Доступна с версии Revit 2021 по коммерческой лицензии.	– Размещение объектов в пространстве по прямоугольной сетке, ступенчатой сетке, случайно. – Возможность создать свое исследование по уникальному алгоритму.	– Для работы нужно понимать работу языка визуального программирования. – Для работы необходима лицензия.
Autodesk Civil 3D + плагин Dynamo	Доступна по студенческой или коммерческой лицензии.	– Генерация траекторий дорог, ландшафта. – Возможность подгружать ГИС. – Анализ видовых точек. – Возможность создать свое исследование по уникальному алгоритму.	– Для работы нужно понимать работу языка визуального программирования. – Для работы необходима лицензия.
Autodesk Spacemaker	Находится на стадии тестирования. Доступ осуществляется через браузер. Действует 30-дневная лицензия.	– Анализ шума. – Анализ солнечной панели. – Анализ ветра. – Анализ солнца. – Проектирование и анализ парковки. – Возможность подгружать ГИС и т.д.	– Нет доступа к российским ГИС. – В тестовой версии доступны не все инструменты.

Вывод. Проведенный анализ показал, что генеративный дизайн позволяет ускорить и улучшить процесс проектирования, снизить стоимость и улучшить качество градостроительных объектов, помогая специалистам создавать уникальные и функциональные пространства.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Wang, J. Ranking engineering design concepts using a fuzzy outranking preference model [Электронный ресурс] // Fuzzy Sets and Systems. – 2001. – URL: https://clck.ru/33oF23 (Дата обращения 11.03.2023).
2. ZNERA Proposes a Network of Smog Filtering Towers to Combat Delhi's Rising Pollution Levels [Электронный ресурс] // URL: https://clck.ru/33oEzE (Дата обращения 11.03.2023).
3. Michael Maltzan Architecture [Электронный ресурс] // URL: http://www.mmaltzan.com/projects/one-santa-fe/ (Дата обращения 11.03.2023).
4. Penda architecture and design [Электронный ресурс] // URL: https://clck.ru/33oF2r (Дата обращения 11.03.2023).
5. Jinu Louishidha Kitchley J., Srivathsan A. Generative methods and the design process: A design tool for conceptual settlement planning [Электронный ресурс] // Applied Soft Computing. – 2014. – URL: https://clck.ru/33oF3F (Дата обращения 11.03.2023).
6. Kwieciński K., Słyk J. Interactive generative system supporting participatory house design [Электронный ресурс] // Automation in Construction. – 2023. – URL: https://clck.ru/33oF3g (Дата обращения 11.03.2023).
7. Núñez Varela E., Öhrling K., Moscati A. Analysis of the Challenges in the Swedish Urban Planning Process: A Case Study about Digitalization [Электронный ресурс] // Sustainability. – 2022. – URL: https://www.mdpi.com/2071-1050/14/24/16333 (Дата обращения 11.03.2023).

СЕКЦИЯ «ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО»

УДК 528

Т.С. Ященко, В.Л. Баденко
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА РЕКИ МАЛЫЙ САЛГИР В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ

Цель работы: анализ мероприятий по природообустройству на территории водосборного бассейна р. Малый Салгир в республике Крым.

Объектом исследования является водосборный бассейн р. Малый Салгир.

Использовались методы и инструменты гео-пространственного анализа в среде программного обеспечения ArcGis, с использованием модуля Arc Hydro Tools на основе данных цифровой модели рельефа (ЦМР) [1, 2].

По основным количественным критериям р. Малый Салгир относится к малым рекам: длина реки 22 км, площадь бассейна 96,1 км^2, уклон реки 19,2 м/км (правый приток р. Салгир), река берет начало с высоты 700 м от горных родников с южной стороны горы Коль-Баир. Бассейн реки протянулся вдоль р. Салгир, захватывая низовье склонов Главной горной гряды с северной стороны [0].

Программное обеспечение ArcGIS было выбрано для выполнения автоматизированного извлечения границ водосбора с использованием модуля Arc Hydro Tools, который включает инструменты для гидрологического моделирования [0]. Arc Hydro Tools – это надстраиваемый модуль на основе ArcGIS, предназначенный для обработки данных, связанных с водными ресурсами. С помощью этого инструмента можно определить из ЦМР такие характеристики водосбора, как сеть водотоков, длина потока, площадь водосборного бассейна [0, 0].

Водосборный бассейн часть земной поверхности, толщи почв и грунтов, откуда поверхностные и подземные воды поступают в водный объект (реки, озёра, водохранилища, моря и океаны), как правило, ограничен водоразделом [4].

При подготовке данных ЦМР важно заполнить локальные углубления и определить направление потока. Заполнение локальных углублений необходимо для устранения мелких дефектов в ЦМР. Это связано с тем, что необходимо создать непрерывный растровый слой направлений потока [5, 6]. Для анализа границ водосборного бассейна необходимо выполнить алгоритм с использованием модуля Arc Hydro Tools.

Алгоритм включает в себя следующие этапы:

1) импортируйте ЦМР исследуемой территории в ArcGIS;
2) преобразуйте ЦМР в набор растровых данных;
3) используйте (функцию Fill Sinks), чтобы заполнить все локальные понижения;
4) используйте (функцию Flow Direction), которая создает непрерывный растровый слой, содержащий направление наибольшего уменьшения высоты для каждой ячейки;
5) используйте (функцию Flow Accumulation), которая рассчитывает векторы направления стока для каждой ячейки;
6) используйте (функцию Stream Definition), чтобы определить местоположения сети потоков в наборе растровых данных;
7) используйте (функцию Stream Segmentation), чтобы сегментировать сеть потоков на участки;
8) используйте (функцию Catchment Grid Delineation), для разграничения водосборов в растровом формате;

9) используйте (функцию Catchment Polygon Processing), для обработки водосборов из растрового формата в векторный;
10) используйте (функцию Drainage Line Processing) преобразование линий водотоков из растрового формата в векторный, каждая линия в классе характеристик несет идентификатор водосбора, в котором она находится;
11) используйте (функцию Adjoint Catchment Processing) для каждого водосбора, который не является головным водосбором, создается многоугольник, представляющий всю территорию выше по течению реки;
12) определение точек устьев;
13) используйте (функцию Point Delineation) для определения границ водосбора в выбранной точке устья водотока.

Результат моделирования водосборного бассейна представлен на рис. 1.

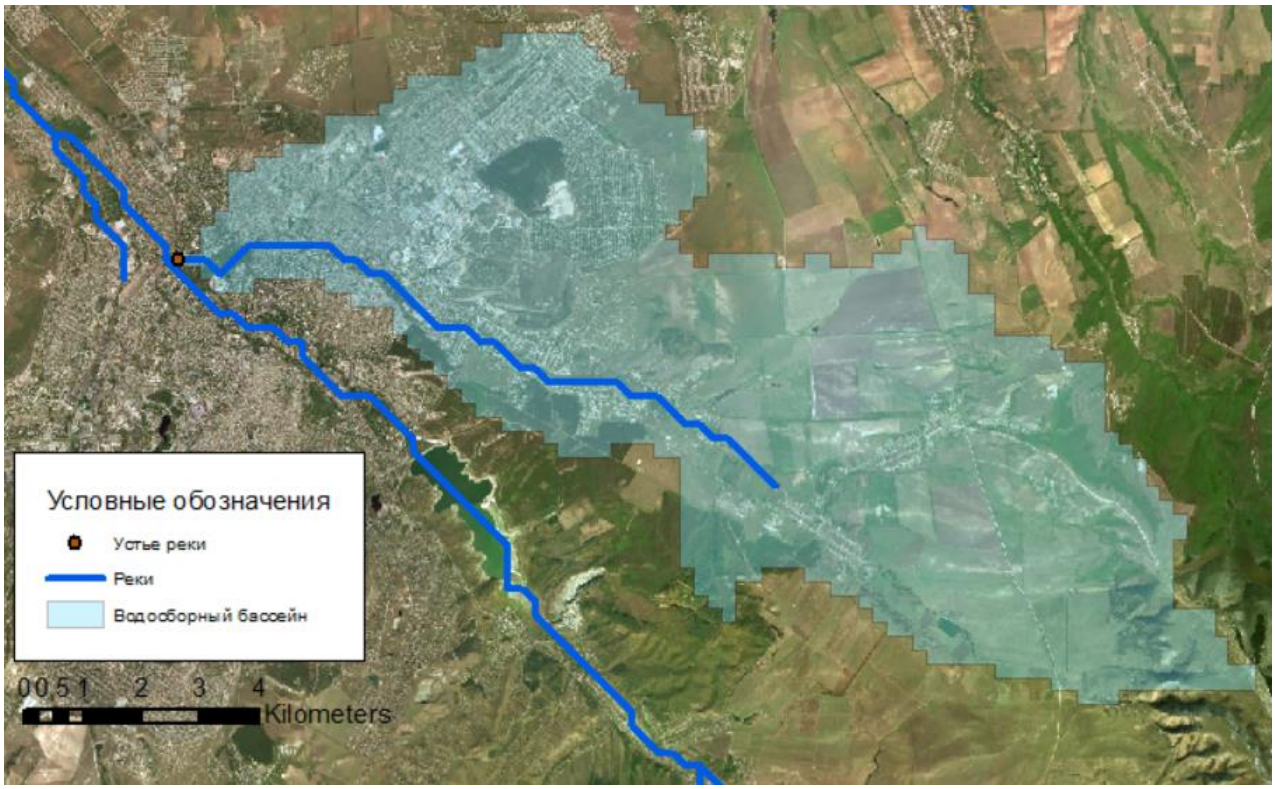


Рис. 1. Граница водосборного бассейна р. Малый Салгир

На основании проанализированных данных длина р. Малый Салгир составила 14 км, в то время как официальные данные указывают, что она составляет 22 км. Аналогичным образом, сообщается, что площадь водосборного бассейна составляла 88,7 км^2, что отличается от значения официального источника в 96,1 км^2. Среднемноголетний сток, в устье реки составляет 0,272 м^3/с.

Выводы. Arc Hydro Tools может выполнять моделирование водосбора удовлетворительно. Важно отметить, что на точность данных, полученных в результате обработки ЦМР, могут влиять различные факторы, такие как качество данных, точность методов, используемых для обработки. Получение характеристик водосбора из набора данных ЦМР имеет значение для гидрологических исследований.

ЛИТЕРАТУРА:
1. Arc Hydro Tools: Tutorial – New York: ESRI, 2011. – 189 p.
2. EarthExplorer: Набор картографических изображений Геологической службы США. [Электронный ресурс]. – URL: earthexplorer.usgs.gov/
3. Лисовский А.А., Новик В.А., Тимченко З.В., Мустафаева З.Р. Поверхностные водные объекты Крыма (справочник). Симферополь: Рескомводхоз АРК, 2004. 114 с.
4. Михайлов В.Н. Большая российская энциклопедия [Электронный ресурс]. – URL: https://old.bigenc.ru/geography/text/1922429.
5. Шихов А.Н., Черепанова Е.С., Пономарчук А.И. Геоинформационные системы: применение ГИС-технологий при решении гидрологических задач: Учеб. пособие. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2014. 91 с.
6. Makarov A., Mihailova A., Arefiev N., Pavlov S., Chashchina T., Terleev V., Badenko V. Country area territory protection from flooding; construction conditions, problem definition and solution // International Scientific Conference Urban Civil Engineering and Municipal Facilities (SPbUCEMF-2015). "Procedia Engineering" 2015. P. 225-231.

УДК 502.8

Н.В. Баденко, Ю.В. Волкова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ ВИДОВОГО СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПАВЛОВСКОГО ПАРКА НА ОСНОВЕ ГИС И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Введение. В настоящее время расширяется использование данных дистанционного зондирования (ДДЗ) для решения задач природообустройства, в частности для мониторинга особо охраняемых природных территорий, а также ландшафты парковых ансамблей [1]. В этой связи возникает насущная необходимость в разработке автоматизированных методов обработки ДДЗ, которые характеризуются неоднородностью, зависимостью от погодных условий и большим объемом соответствующих пространственных данных для каждой сцены [2]. Перспективным направлением развития методов обработки многопиксельных данных о растительных ресурсах являются методы машинного обучения [3]. Поэтому разработка метода анализ видового состава растительности на основе ГИС и машинного обучения является актуальной задачей.

Основные методы проведения исследования – это методы машинного обучения, применяемые для анализа видового состава растительности по ДДЗ, точнее по космическим снимкам территории.

Объектом исследования являются ДДЗ для Павловского парка, расположенного в Пушкинском административном районе Санкт-Петербурга, по берегам р. Славянки, левого притока р. Невы. Началом планировки и строительства парка считается 1777 г., когда эта местность была подарена Екатериной II сыну Павлу и его супруге Марии Федоровне в связи с рождением наследника – будущего императора Александра I.

Предметом исследования являются свойства и характеристики ДДЗ парка, которые определяют видовой состав растительности.

Целью исследования является разработка и апробация метода для актуализации данных о видовом составе деревьев парка на основе технологий искусственного интеллекта.

Задачи исследования включают:

1) изучение и анализ литературы по использованию методов машинного обучения для определения характеристик растительного покрова лесов и парков;

2) разработка метода решения задачи, выбор общедоступных средств машинного обучения, выбор обучающей выборки;

3) тестирование разработанного метода.

В настоящее время решена первая задача, что позволило приступить к практической реализации метода. Как уже указывалось, для решения перечисленных задач предлагается использовать методы машинного обучения [4, 5], применяемых к ДДЗ – космическим снимкам [6]. При этом в качестве обучающей выборки предлагается использовать результаты натурного обследования, которые были получены в 2017 году и описаны в работе [7].

В качестве прикладных средств машинного обучения, были выбраны и использовалась общедоступные библиотеки и методы DetecTree [8] и detectron2 [9] для языка Python.

Результаты. На основе выбранных космических снимков, были распознаны кроны отдельных деревьев и получены их основные характеристики, включая цветовую гамму листового покрова в осенний период. Затем эти данные были преобразованы в shape-файлы с соответствующими атрибутами. Такой результат позволил проводить в программном обеспечении ArcGIS визуализацию и анализ растительности Павловского парка в разные вегетационные периоды и в разные года сезоны. Это позволяет сформировать практические рекомендации по природообустройству в парке, которые находятся в стадии разработки.

Выводы. Первые результаты показали работоспособность разработанного метода и модели. Разработанные средства позволяют в автоматизированном режиме обнаруживать, классифицировать и оконтурить кроны деревьев по космическим снимкам с сохранением геопространственной привязки. Кроме того, для каждого прогона модели с каждым распознанным объектом связывается показатель достоверности, который характеризует качество полученного результата.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Хлюстов В.К. и др. Технология комплексной оценки древесных ресурсов методами дистанционного зондирования Земли // Природообустройство. – 2021. – №. 4. – С. 129–138. doi: 10.26897/1997-6011-2021-4-129-138.

2. Черниховский Д.М., Алексеев А.С. Метод определения характеристик лесов на основе материалов дистанционного зондирования Земли, данных лесоустройства и алгоритма k-NN (на примере Лодейнопольского лесничества Ленинградской области) // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2019. – №. 4 (370). – С. 45–65.

3. Thessen A. Adoption of machine learning techniques in ecology and earth science //One Ecosystem. – 2016. – Т. 1. – С. e8621. doi: 10.3897/oneeco.1.e8621

4. Хуснетдинов Д.Р. и др. Автоматизированное определение характеристик лесных насаждений с применением нейронной сети глубокого обучения // XVIII Всероссийская научная конференция «Нейрокомпьютеры и их применение». – М: ФГБОУ ВО МГППУ, 2020. – С. 40–42.

5. Славский В.А., Мироненко А.В., Матвеев С.М., Литовченко Д.А. Таксационно-дешифровочные показатели насаждений как основа разработки моделей машинного обучения для дистанционного мониторинга лесов // Труды СПбНИИЛХ, 2022. – № 4 -. С. 99–114.

6. Bhavana B.L., Sridevi N., Hebbar R. Tree crown detection and extraction from high resolution satellite images in an urban area //2018 International Conference on Design Innovations for 3Cs Compute Communicate Control (ICDI3C). – IEEE, 2018. – С. 8–11. doi: 10.1109/ICDI3C.2018.00011.

7. Ковязин В.Ф., Кан К.Х., Фам Т.К. Оценка видового состава древесных растений в ландшафтах Павловского парка Санкт-Петербурга // Известия вузов. Лесной журнал. – 2017. – №. 5 (359). – С. 82–91.

8. Bosch M. DetecTree: Tree detection from aerial imagery in Python // Journal of Open-Source Software. – 2020. – Vol. 5(50). – No. 2172. doi: 10.21105/joss.02172.

9. Abdusalomov A.B. et al. An improved forest fire detection method based on the detectron2 model and a deep learning approach // Sensors. – 2023. – Vol. 23(3). – No. 1512. doi: 10.3390/s23031512.

УДК 636.4.087.61

Г.В. Байкова, В.А. Павлова
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УСТАНОВЛЕНИЯ ОХРАННЫХ ЗОН ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА

Введение. Для правообладателя земельного участка установление охранной зоны линии электропередачи может принести множество проблем, а именно охранная зона не позволяет собственнику в полном объеме использовать этот земельный участок [1]. В таком случае *актуализируется* необходимость материального возмещения неудобств владельцу [2]. В настоящее время начался учет обременений (ограничений) объектов недвижимости, а также оценки их влияния на стоимость (в частности, на кадастровую [3]), появилось множество оценочных компаний, готовых провести оценку рыночной стоимости земли. Соответственно собственник обремененного объекта недвижимости, стесняющим его в существовании своих прав на земельные участки, имеет основания требовать компенсацию [4]. Самым приемлемым вариантом компенсации является дифференциация кадастровой стоимости в зависимости от наличия обременения и его вида.

В нормативно-правовой литературе, являющейся основанием для определения того или другого ограничения, устанавливаются перечни запретов [5]. Исходя из этого необходимо уменьшать кадастровую стоимость той части земельного участка, на которую распространяется действие обременения (ограничения). Основой для расчета кадастровой стоимости земельных участков служат удельные показатели кадастровой стоимости (далее УПКС), являющиеся расчетной величиной, представляющие собой кадастровую стоимость единицы площади земель.

Основным методическим принципом определения кадастровой стоимости земельных участков является учет анализа земельного рынка и ценообразующих факторов. Ключевым ценообразующим фактором земель населенных пунктов [6] является экологическая обстановка на оцениваемой территории. На территории населённых пунктах экология напрямую зависит от различного вида загрязнения: шумового, химического, биологического и т.д. [7]. Размер дифференциации стоимости (в частности, кадастровой) зависит от вероятной или действительной опасности загрязнения, а также от характера ограничения хозяйственной деятельности. На современном этапе кадастровая стоимость определяется в соответствии с утвержденными методическими указаниями, как УПКС умноженный на площадь. Большое количество факторов влияет на УПКС: фактические характеристики (вид разрешенного использования, площадь и др.); характеристики местоположения (муниципальный район, населенный пункт и др.); характеристики окружения (близость к зонам рекреации, водным объектам, остановкам общественного транспорта и др.); характеристика территории населенного пункта (социальная инфраструктура, коммунальная инфраструктура и др.). Следовательно, ограничения (обременения) не учитываются при определении УПКС.

Цель исследования – разработка и обоснование технико-экономических показателей при формировании охранной зоны объектов электросетевого хозяйства (далее ОЗ ЛЭП).

Объектом исследования является ОЗ ЛЭП ВЛ330кВ. На территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области общая протяженность охранной зоны линии электропередач составляет 18,56 км.

Результаты и обсуждение. В связи с этим предполагается использовать формулу Быковой Е.Н., которая учитывает вид и площадь каждого обременения [8]. Рассчитаем для земельного участка с кадастровым номером 78:42:0015105:3181 кадастровую стоимость, который попал в границы охранной зоны ЛЭП-330 кВ (рис. 1). Данный земельный участок

расположен в г. Санкт-Петербурге (Пушкинский район). Категория земель – земли населенных пунктов. Общая площадь составляет 103,53 га. Вид разрешенного использования – земли сельскохозяйственного использования.

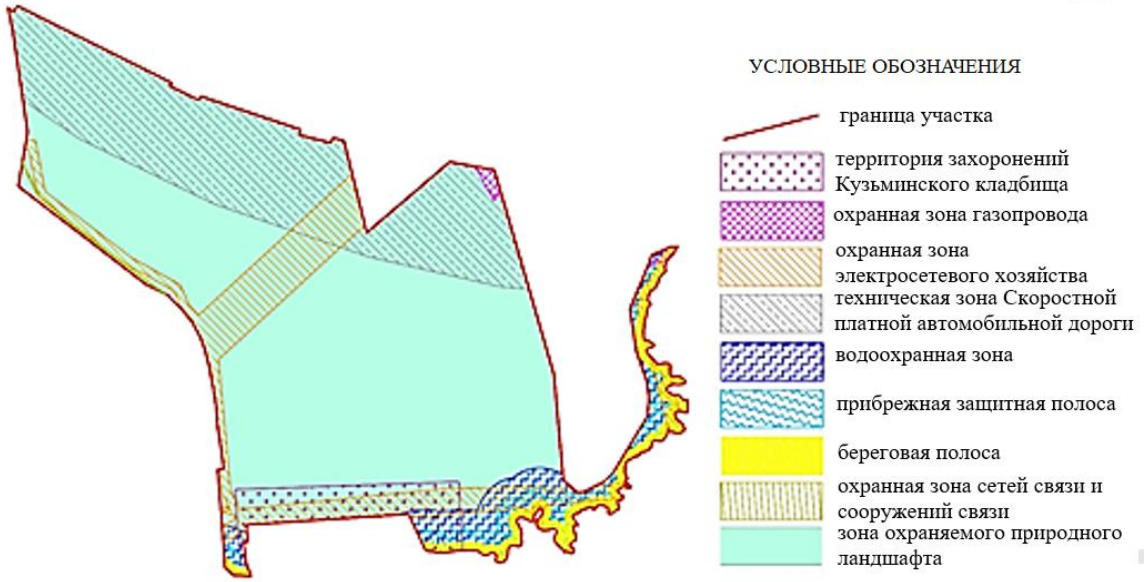


Рис. 1. Земельный участок, входящий частично в охранную зону ЛЭП-330 кВ

На участке располагается большое количество зон, что позволяет подробно рассмотреть их в площадном и процентном соотношении от всей площади участка в табл. 1.

Таблица 1 – Площадная характеристика охранных зон

Вид охранной зоны	Площадь, кв. м	Доля зоны от площади участка, %
Охранная зона газопровода	2561	0,25
Охранная зона объектов электросетевого хозяйства	8720	0,84
Техническая зона Скоростной платной автомобильной дороги	295950	28,57
Водоохранная зона	89609	8,65
Прибрежная защитная полоса	3284	0,32
Зона охраняемого природного ландшафта	1035306	99,94
Охранная зона сетей связи и сооружений связи	2194	0,21

Такое различие в площади обусловлено тем, что охранные зоны друг на друга накладываются. Наибольшую площадь занимает зона охраняемого природного ландшафта, то она уже включена в кадастровую стоимость участка.

Удельный показатель кадастровой стоимости участка равен делению кадастровой стоимости на площадь:

$$\text{УПКС} = \frac{109122{,}10}{1035314{,}35} = 0{,}1054.$$

Далее определим кадастровую стоимость земельного участка с учетом всех ограничений (обременений), но поскольку весь участок занят обременениями, то уточним формулу:

$$\text{КС} = \text{УПКС}(S_{\text{обр}}k),$$

где КС – кадастровая стоимость земельного участка, руб.; УПКС – удельный показатель кадастровой стоимости земель; $S_{\text{обр}}$ – площадь части земельного участка с i-м обременением; k – коэффициент дифференциации i-го обременения, показывающий остаточную эффективность использования земельного участка.

Определим кадастровую стоимость по уточненной формуле:

$$КС = 0{,}1054\big((8720{\cdot}0{,}509) + (2561{\cdot}0{,}406) + (295950{\cdot}0{,}99) + (89609{\cdot}0{,}962) + \\ +(2194{\cdot}0{,}488)\big) = 40657{,}341 \text{ руб.}$$

Зная кадастровую стоимость, можно определить размер земельного налога для земельного участка. Налоговая ставка в Санкт-Петербурге для земельных участков, отнесенных к землям в составе зон сельскохозяйственного использования, составляет 0,3 % от кадастровой стоимости. Тем самым сумма налога без ограничения составит:

$$Н = КС\frac{0{,}3}{100} = 109122{,}10{\cdot}\frac{0{,}3}{100} = 327{,}37 \text{ руб.},$$

где Н – налог на земельный участок, руб.; КС – кадастровая стоимость земельного участка, руб.; 0,3 – процентная ставка.

Размер налога с ограничением составит:

$$Н = 40657{,}341{\cdot}\frac{0{,}3}{100} = 121{,}97 \text{ руб.}$$

Выводы и рекомендации. В данном случае разница в кадастровой стоимости земельного участка и самого налога с учетом ограничений велика. Это связано с тем, что охранная зона линии электропередачи обременяет собственников, пользователей и арендаторов в хозяйственной деятельности, создает ограничения для землепользователей, соответственно коэффициент влияния значительный. Влияния охранной зоны ЛЭП-330 кВ на других территориях может быть еще выше, что приведет к увеличению коэффициента влияния и соответственно разница между кадастровой стоимостью будет выше.

Таким образом, перед государством стоит задача создать такие условия для собственников, пользователей и арендаторов, при которых права не будут ограничиваться или будут компенсироваться [9, 10]. На данный момент самым эффективным способом является именно снижение кадастровой стоимости на земельный участок, который полностью или частично попал в границу данной охранной зоны. Для безопасного использования таких зон необходимо рассмотреть защитные мероприятия, чтобы избежать негативного влияния на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Шишов Д.А., Уварова Е.Л., Терлеев В.В. Актуальность и перспективы государственной политики РФ в сфере оборота объектов недвижимости. Неделя науки 2017. Материалы научного форума с международным участием. СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2017. С. 231–234.
2. Заварин Б.В., Аслаханов А.Н., Терлеев В.В. Оценка экономической целесообразности использования рекультивированных земель. Неделя науки СПбПУ. ИСИ. СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2015. С. 186–188.
3. Баранова Д.В. Уварова Е.Л. Кадастровая оценка земель некоторых стран постсоветского пространства. Имущественные отношения в Российской Федерации. 2021. № 10(241). С. 8–14.
4. Шишов Д.А., Заварин Б.В. Эколого-правовые механизмы сохранения производительного потенциала земель. Повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутренних и внешних рынках. СЗЦППО, СПбГАУ, ООО «Экспофорум-Интернэшнл». 2017. С. 334–335.
5. Сулин М.А., Быкова Е.Н., Павлова В.А. Кадастр недвижимости и мониторинг земель. Учебное пособие. СПб.: Издательство «Лань», 2020. 272 с.
6. Уварова Е.Л., Ласина Д.А. Категории земель в Российской Федерации: проблемы и перспективы. Вестник Студенческого научного общества. 2013. № 1. С. 286–289.
7. Уварова Е.Л. Территориальное планирование как важный элемент устойчивого развития. Политехническая неделя в Санкт-Петербурге: материалы научного форума с международным участием, 2016. С. 348–350.
8. Быкова Е. Н. Оценка земель с обременениями в использовании. Теория и методология СПб.: Лань, 2019. 240 с.
9. Уварова Е.Л. Сущность и современное содержание рационального и эффективного использования земельных ресурсов. Вестник факультета землеустройства СПбГАУ, 2016. № 2. С. 24–27.
10. Уварова Е.Л. Основные направления развития планирования и использования земельных ресурсов. Инновации – основа развития агропромышленного комплекса. Материалы для обсуждения Международного агропромышленного конгресса. СПб.: СПбГАУ, 2010. С. 107–108.

УДК 631.1; 504.062.2; 504.062.4

П.Н. Головин, В.Л. Богданов
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ КАК ОСНОВА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ

Введение. В настоящее время использование сельскохозяйственных земель осложняется распространением негативных процессов в агроландшафтах как природных, так и антропогенных, в результате чего земельные участки выбывают из сельскохозяйственного оборота в связи с деградацией почвенно-растительного покрова. Сельхозпроизводители не в состоянии эффективно использовать землю в пределах этих территорий в связи с отсутствием денежных средств и целевого государственного финансирования. В настоящее время работы по землеустройству и инвентаризации земель практически не проводятся, что влияет на использование земель. Немаловажным фактором уменьшения количества площадей сельскохозяйственных земель является увеличение темпов расширения площадей под строительство, которое сопровождается переводом земель сельскохозяйственного назначения в другие категории. В результате чего, фактически, деление земельных участков на категории в традиционном понимании не позволяет в полной мере обеспечить правильную организацию землепользований на конкретных земельных участках [1].

В связи с вышесказанным, представляется *актуальным* вопрос определения путей совершенствования и подходы к адаптивно-ландшафтным системам земледелия, в результате чего должны будут учитываться структура и все составляющие агроландшафта в совокупности.

Цель исследования: Усовершенствование метода применения адаптивно-ландшафтной системы земледелия при решении проблемы рационального использования земельных ресурсов и организации агроландшафтов в целом.

Применение адаптивно-ландшафтных систем земледелия подразумевает такую систему использования земли, при которой выделяются агроэкологические группы в соответствии с природными и экологическими условиями, обеспечивающие устойчивость агроландшафта и возможность воспроизводства почвенного плодородия. Основное предназначение адаптивно-ландшафтной системы земледелия заключается в том, чтобы в соответствии с требованиями для производства определенных сельскохозяйственных культур определить соответствующую агроэкологическую нишу, либо сформировать её посредством технологий и с учётом природных факторов. Вместе с тем, должна быть обеспечена экологическая устойчивость агроландшафта. Основой при создании адаптивно-ландшафтных систем является проведение агроэкологической типизации земель с учётом лимитирующих факторов. Таким образом, выделяются участки с однородной почвенной структурой, имеющие одинаковые геологические, литологические, гидрогеологические или микроклиматические условия. Например, Вольнов В.В. выделяет среди ведущих компонентов в определении устойчивости агроландшафта рельеф, поскольку наиболее опасными являются эрозия и засуха, и связанная с ними общая деградация почв [2].

С учётом агроклиматической типизации земель выделяются территории близкие по условиям возделывания сельскохозяйственных культур. Сходные типы земель составляют агроэкологические группы. Размеры участков, отвечающих типам земель, зависят от адаптивного потенциала культивируемых растений и производственно-ресурсного потенциала товаропроизводителя, способного изменить агроэкологические условия мелиоративными воздействиями [3]. Применительно к типам земель разрабатывают севообороты, мелиоративные и противоэрозионные мероприятия, формируют технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Однако, существующие типизации земель по однородным факторам учитывают только природные характеристики земель.

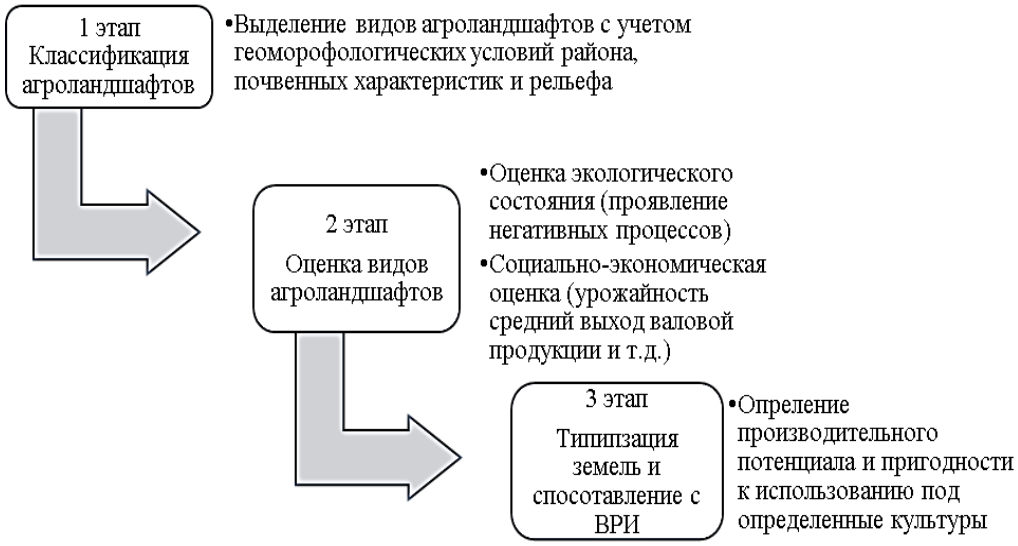


Рис. 1. Порядок проведения типизации земель в агроландшафтах

Адаптивный подход способствует обеспечению учета природных свойств территории и привязке к земле системы ведения сельскохозяйственного производства посредством проведения агроэкологической оценки земель [4].

Результаты. В усовершенствованном методе предлагается рассматривать как природную составляющую, так и экономическую, то есть учитывать экологическое состояние земель, почвенные разности, урожайность, балл бонитета. В качестве одного из элементов проводимой типизации земель (рис.1) предлагается сопоставление типа земель в агроландшафте с видами разрешенного использования категории земель сельскохозяйственного назначения, установленные в соответствии с классификатором видов разрешенного использования и учитываемых при внесении сведений ЕГРН. Стоит отметить, что на всех этапах формирования систем земледелия реализуются задачи организации территории, главным критерием которой является экологическая устойчивость агроландшафтов.

Первый этап включает в себя классификацию и выделение видов агроландшафтов в соответствии с данными геоморфологического районирования и почвенными характеристиками территории. Таким образом, первичный элемент – агроландшафт – подразделяется на виды в соответствии с типом хозяйственной деятельности: полевой, лугово-пастбищный, садовый.

Далее выполнена оценка экологического и социально-экономического состояния территории агроландшафтов. В рамках анализа экологического состояния виды агроландшафтов оценены по степени развития негативных процессов на территории. Среди негативных процессов выделяются: развитие водной эрозии, переувлажнение почв, подтопление почв, закисление почв, дефляция, заболачивание, закустаренность и др. В результате оценки каждому негативному процессу в соответствии с интенсивностью распространения и присваивается балл (табл. 1).

Таблица 1 – Оценка экологического состояния по видам негативных процессов

	Степень развития негативного процесса			
	отсутствует	слабая	средняя	сильная
Эрозия	–	V	–	–
Заболачивание	–	–	V	–
Закисление	–	–	–	V
Закустаренность	V	–	–	–
Баллы	0	2	4	6

Экономические характеристики характеризуются распаханностью территории, площадью, транспортной доступностью, кадастровой стоимостью, плотностью населения.

Результатом проведенного анализа является суммарный показатель, характеризующий текущее экологическое состояние агроландшафтов, и может быть соотнесен с градацией, предложенной Кочергиной З.Ф.:

1. Удовлетворительным. Антропогенные и природные процессы не выявлены или проявляются в слабой степени; 2. Слабой экологической напряженности. Один или несколько негативных природных или антропогенных ландшафтов проявляются слабо; 3. Средней экологической напряженности. Негативные процессы проявляются в слабой или средней степени, но ограничивается использование агроландшафтов; 4. Сильной экологической напряженности. Негативные процессы проявляются в сильной или средней степени; 5. Кризисным. Агроландшафты восстановлению не принадлежат; 6. Критическим. Агроландшафты не пригодны к использованию, должна быть частичная или полная их консервация [5].

Выводы и рекомендация. На основе результатов исследования выделено семь типов агроландшафтов. Основными показателями, влияющими на выделение типов стали однородность ландшафтно-экологических условий и их сопоставимость с видами разрешенного использования. По результатам проведенной типизации земель может быть проведена дальнейшая оценка состояния использования земель [6-9]. Также может быть дана рекомендация по сохранению и восстановлению плодородия земель, адаптивному размещению сельскохозяйственных культур. С учетом предложенной классификации с применением автоматизированных средств проектирования с элементами ГИС может быть создан картографический материал в цифровом виде, учитывающий состояние агроландшафтов и возможные направления для использования земель.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Волков С.Н. Землеустройство. Т. 2. Землеустроительное проектирование. Внутрихозяйственное землеустройство. – М.: Колос, 2001. – 648 с.
2. Вольнов В.В. Ландшафтоведение и аэроландшафтные экосистемы: учебное пособие / В.В. Вольнов, А.С. Давыдов. − Барнаул: Изд-во АГАУ, 2006. − 210 с.
3. Кирюшин В.И. Разработка и проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия в различных природно-сельскохозяйственных зонах // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии, 2002. №1, 36-53.
4. Кирюшин В.И. Агрономическое почвоведение / В.И. Кирюшин. – 2-е изд. – Санкт-Петербург: Квадро, 2021. – 680 с.
5. Кочергина З.Ф. Оценка ландшафтной структуры для целей землеустройства: учеб. пособие / З.Ф. Кочергина, И.В. Хоречко. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2007. – 120 с.
6. Arefiev N., Garmanov V., Bogdanov V., Ryabov Yu., Terleev V., Badenko V. A market approach to the evaluation of the ecological-economic damage dealt to the urban lands // In: International Scientific Conference Urban Civil Engineering and Municipal Facilities (SPbUCEMF-2015). Ser. "Procedia Engineering" 2015. P. 26-31.
7. Badenko V., Badenko N., Nikonorov A., Molodtsov D., Terleev V., Lednova Ju., Maslikov V. Ecological aspect of dam design for flood regulation and sustainable urban development // In: MATEC Web of Conferences. 2016. N. 03003.
8. 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. Vol. 448. P. 252-261.
9. Makarov A., Mihailova A., Arefiev N., Pavlov S., Chashchina T., Terleev V., Badenko V. Country area territory protection from flooding; construction conditions, problem definition and solution // International Scientific Conference Urban Civil Engineering and Municipal Facilities (SPbUCEMF-2015). "Procedia Engineering" 2015. P. 225–231.

УДК 519.86:631.1

А.С. Метельская, Е.Л. Уварова
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ

Введение. В современных экономических условиях высокое значение отводится агропромышленному комплексу, который обеспечивает продовольственную безопасность страны [1]. Земельные ресурсы в сельском хозяйстве выполняют роль не только средства производства, но и предмета и орудия труда, что предполагает необходимость качественного обеспечения организации использования сельскохозяйственных угодий [2, 3]. Разработка проектов внутрихозяйственного землеустройства способна решить проблемы рациональной организации территории сельскохозяйственных товаропроизводителей [4]. От того, насколько точно составлен и обоснован проект внутрихозяйственного землеустройства, будет зависеть эффективность работы сельскохозяйственной организации, его внедряющей, в новых условиях хозяйствования [5]. С помощью таких проектов определяется состав земельных угодий, организуются и устраиваются территории севооборотов, сенокосо- и пастбищеоборотов, намечаются объемы производства продукции и перспективы развития хозяйства [6]. На современном этапе разработка проектов внутрихозяйственного землеустройства затруднена из-за потребности в значительных материальных и временных ресурсах для их реализации. Одним из способов сокращения временных и денежных затрат является применение математического моделирования.

Целью работы является разработка оптимизационной модели организации угодий сельскохозяйственной организации как составной части внутрихозяйственного землеустройства.

Методы и материалы. В работе использованы методы анализа и математического моделирования. В зависимости от целей в землеустройстве применяются различные виды математических моделей. Классификация представлена в табл. 1.

Таблица 1 – Классификация математических моделей по М.Е. Браславцу и Р.Г. Кравченко

По М.Е. Браславцу	По Р.Г. Кравченко
Экономико-статистические, включающие в себя корреляционные уравнения, которые отражают связь зависимых и независимых факторов	Корреляционные и балансовые модели, позволяющие отобразить степень влияния различных факторов на производство и обосновать их
Экономико-математические, которые в свою очередь делятся на две группы: детерминистические и стохастические	Оптимизационные модели, позволяющие выбрать оптимальный вариант развития экономических систем

В работе используется оптимизационная математическая модель, так как именно такая модель позволяет найти оптимальные площади трансформации [7] в условиях ограниченности ресурсов.

Результаты и обсуждение. В качестве объекта исследования были использованы учебные материалы по одному их землепользований Гатчинского района Ленинградской области. Для создания оптимизационной модели определены общие площади угодий в сельскохозяйственной организации, а также оценены минимально и максимально допустимые размеры их трансформации. Подбор площадей для трансформации угодий осуществлялся с целью улучшения конфигурации сельскохозяйственных угодий, а также их рационального использования. Представленные в табл. 2 площади послужили исходными данными.

Для составления и решения оптимизационной модели организации угодий составлена целевая функция и введены 4 группы переменных. Разделение переменных на группы было

выполнено в соответствии со следующими принципами: первую группу составляют площади сельскохозяйственных угодий по проекту; вторую группу существующая площадь сельскохозяйственных угодий; третью группу – площади трансформируемых угодий; четвертую группу – поголовье КРС. При таком делении использовался индексный подход к нумерации переменных, что, в свою очередь, позволяет без труда их идентифицировать. Первая цифра в индексе переменной обозначает номер группы. Система переменных представлена в табл. 3.

Таблица 2 – Исходные данные

Вид угодья	Площадь	Освоение, га				Перевод в другое с/х угодье, га					
		из древесной растительности		из кустарника		из пашни		из сенокоса		из пастбища	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Пашня	692,55	0,09	24,68	0,01	0,14			0,3	1,52	0,14	1,53
Пастбище	175,78	0,5	4,05	0,1	0,42	0,3	50,5	0,25	3		
Сенокос	165,85	0,4	1,73	0,02	0,25	0,78	1,25			0,42	43,15

Таблица 3 – Система переменных

Площадь сельскохозяйственных угодий по проекту $X_{1.i}$, га	Существующая площадь сельскохозяйственных угодий $X_{2.i}$, га	Площадь трансформации и освоения $X_{3.i.j}$, га	Поголовье крупного рогатого скота $X_{4.i}$, га
$X_{1.1}$ – площадь пашни под кормовыми культурами	$X_{2.1}$ – площадь пашни	$X_{3.1.1}$ – из кустарника в пашню	$X_{4.1}$ – коровы;
$X_{1.2}$ – площадь пашни под товарной культурой	$X_{2.2}$ – площадь пастбища	$X_{3.1.2}$ – из леса в пашню	$X_{4.2}$ – нетели;
$X_{1.3}$ – площадь пастбища	$X_{2.3}$ – площадь сенокоса	$X_{3.1.3}$ – из пастбища в пашню	$X_{4.3}$ – молодняк
$X_{1.4}$ – площадь сенокоса		$X_{3.1.4}$ – из сенокоса в пашню и т.д.	

Для составления целевой функции введена система оценок переменных: нормативные капитальные затраты на трансформацию 1 га древесной растительности [8], кустарника и других угодий с учетом минимальных сроков освоения в сельскохозяйственные угодья, среднюю стоимость реализации единицы сельскохозяйственной продукции [9] (картофель, молоко). Расчет оценок представлен в табл. 4.

Таблица 4 – Система оценок целевой функции

	Средняя цена, тыс. руб.	Коэффициент функции
Цена картофеля за кг	0,02	294,07×100×0,02 = 588,1
Срезка кустарника за 1 га	250	250/10 = 25
Выкорчевывание леса за 1 га	400	400/10 = 40
Засевание травами за 1 га	50	50/10 = 5
Внесение удобрений за 1 га	70	70/10 = 7
Цена за литр молока	0,05	3800×0,05 = 190
Уборка камней за 1 га	60	60/10 = 6

Таким образом, целевая функция имеет следующий вид:

$$\max F(x) = 588{,}1X_{1.1} + 190X_{4.1} - 36X_{3.1.1} - 51X_{3.1.2} - 7X_{3.1.3} - 8X_{3.1.4} - \\ -20X_{3.1.5} - 30X_{3.2.1} - 45X_{3.2.2} - 5X_{3.2.4} - 25X_{3.3.1} - 40X_{3.3.2}. \quad (1)$$

После определения целевой функции составлена система ограничений, которая определяет область допустимых значений переменных [10]. Ограничения являются адекватными и показывают реальные пределы, имеющихся и возможных для использования в перспективе ресурсов. Ограничения сформулированы в виде уравнений: равенств или простых неравенств. После составления системы ограничений и определения целевой функции получены оптимальные площади трансформации угодий, допустимое поголовье скота, а также площадь товарной культуры.

Выводы. В работе представлен процесс составления оптимизационной модели организации угодий на примере исследуемого землепользования: получение исходных данных, определение переменных, выбор оценок переменных и коэффициентов, составление целевой функции и системы ограничений. Предлагаемая авторами группировка переменных, задействованных в оптимизационной модели, позволяет сделать последнюю более наглядной и понятной. Результаты исследования носят практический характер, так как полученная оптимизационная модель может быть использована в хозяйствах Ленинградской области с животноводческой специализацией.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Павлова В.А., Уварова Е.Л. Фермерство как генезис капиталистических отношений в России // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. № 40. С. 180–186.
2. Белоусов А.О., Баранова Д.В. Понятие и Содержание рационального использования земель сельскохозяйственного назначения // В сб.: Интеллектуальный потенциал молодых ученых как драйвер развития АПК. Материалы международ. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАУ, 2022. С. 112–115.
3. Арефьев Н.В., Гарманов В.В., Осипов А.Г., Трушников В.Е. Ландшафтно-экологическое районирование и мониторинг земель Ленинградской области // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № 11. С. 303–311.
4. Гарманов В.В., Баденко В.Л., Трушников В.Е. Оценка арендной платы земли в проектах землеустройства // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № 8. С. 225–231.
5. Шишов Д.А., Заварин Б.В., Козырева Е.В. Ресурсный потенциал хозяйствующих субъектов АПК – эколого-экономический аспект // В сб.: Перспективы инновационного развития агропромышленного комплекса и сельских территорий. Материалы международ. конгресса, Санкт-Петербург, 25–29 августа 2014 года. 2014. С. 114-116.
6. Сулин М.А., Степанова Е.А., Уварова Е.Л. Внутрихозяйственное землеустройство. Практикум. СПб.: Проспект Науки, 2018. 102 с.
7. Заварин Б.В., Аслаханов А.Н., Терлеев В.В. Оценка экономической целесообразности использования рекультивированных земель // Неделя науки СПбПУ. Материалы науч. форума с международ. участием. Инженерно-строительный институт. 2015. С. 186–188.
8. Гарманов В.В. Система платежей за сельскохозяйственное землепользование // Вестник факультета землеустройства Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 2. С. 7–11.
9. Павлова В.А. Формирование стоимости земельного участка в системе управления земельными ресурсами // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2008. № 8(44). С. 32–35.
10. Павлова В.А. Организационные формы реализации учетной функции в системе управления земельными ресурсами // Пятая международная научная конференция Ирана и России по проблемам развития сельского хозяйства, Санкт-Петербург, 08–09 октября 2009 года. СПб.: СПбГАУ, 2010. С. 467–469.

УДК 349.415

А.А. Сейидова, Б.В. Заварин
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗЕМЕЛЬНОГО НАДЗОРА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Введение. Земля вместе с другими природными ресурсами – это, безусловно, главные богатства природы. Соблюдение обязательных земельного законодательства, как и рациональное использование земельных участков, охрана земельных ресурсов, является одним из приоритетных направлений деятельности органов управления в России [1, 2].

Государственный земельный надзор (федеральный земельный надзор) представляет собой деятельность уполномоченных федеральных органов исполнительной власти по предупреждению, выявлению и пресечение выявленных нарушений обязательных требований земельного законодательства, допускаемых лицами, использующими земельные участки, на любом праве, и за совершение которых предусмотрена административная или иная ответственность. При этом надзорные функции могут выполняют также территориальные отделения уполномоченных федеральных органов [3].

Цель данной работы – выяснение отличительных особенностей государственного земельного надзора и муниципального земельного контроля, а также специфики осуществления контрольных мероприятия в данной сфере.

Результаты исследования. В настоящее время полномочия по проведению государственного земельного надзора возложены на ППК «Роскадастр», сотрудники и должностные лица которого осуществляют деятельность, предусмотренную законодательством в сфере земельных правоотношений.

С каждым годом увеличивается количество правонарушений в области земельного законодательства, и это увеличение связано во многом даже не с тем, что граждане Российской Федерации все чаще нарушают закон, а с тем, что они его не знают. Нормы земельного законодательства трактуются подчас неточно [4, 5], при этом их толкование может различаться и у субъектов правонарушения, и у должностных лиц, управомоченных на проведение проверок соблюдения требований земельного законодательства.

Федеральный закон от 31.07.2020 №248-ФЗ (ред. от 05.12.2022) «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации», а также Постановление Правительства РФ от 30.06.2021 № 1081 «О федеральном государственном земельном контроле (надзоре)» (определившее особенности, полномочия и формы надзора) принципиально изменили сам подход к надзорной деятельности в России. Основным направлением деятельности надзорных органов становится проведение профилактических мероприятий, которые призваны заменить традиционные контрольно-надзорные мероприятия. Государством активно проводится информирование граждан путем размещения информации [6] о необходимости соблюдения требований земельного законодательства в сети «Интернет», в печатных изданиях, а также путем личного консультирования и проведения обучающих мероприятий.

Кроме этого, предусматриваются меры, направленные на стимулирование добросовестности. Согласно ст. 48 упомянутого выше Закона к ним относятся мероприятия, направленные на нематериальное поощрение добросовестных контролируемых лиц для их мотивации к соблюдению обязательных требований [7, 8]. Однако перечень таких мер, или примеры их применения в нем отсутствуют, это можно объяснить тем, что к разным видам контроля будут применяться различные меры.

Еще одна мера, активно применяющаяся на практике при необходимости проведения проверки в рамках государственного земельного надзора, – выдача предостережения. Такая мера применяется при наличии признаков возможного нарушения. Актуальность ее применения обусловлена тем, что проведение полноценной проверки в рамках государственного земельного надзора представляет собой ряд долгих процедур, и при незначительных правонарушениях выдача предостережения считается хорошей альтернативой проведения затяжной проверки. Предостережение содержит предложение о принятии мер соблюдения законодательства в области земельного права, не требующее предоставление дополнительных документов от контролируемого лица. В случае необходимости установления срока для исполнения исправлений нарушений, контролирующий орган выдает предписание. По истечении установленного срока инспекторы проводят контрольные мероприятия с целью установить факт исполнения или неисполнения предписания.

Самый распространённый вид нарушения земельного законодательства, часто становящийся предметом проверки сотрудников ППК «Роскадастр», − самовольное занятие земельного участка при отсутствии оформленных земельных правоотношений на такой участок [9]. В основном такие участки примыкают к домовладениям, и используются долгосрочно для возведения дополнительных и вспомогательных построек, установления заборов и организации подъезда к участку.

В рамках государственного земельного надзора, проводимого федеральными органами исполнительной власти, органы местного самоуправления также имеют возможность проводить мероприятия по профилактике и выявлению правонарушений в области земельного законодательства [10]. Муниципальный земельный контроль представляет собой деятельность органов местного самоуправления по контролю за соблюдением органами государственной власти, органами местного самоуправления, юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями и гражданами требований законодательства Российской Федерации и ее субъектов, относительно объектов недвижимости, правообладателями которых они являются.

Основное отличие государственного надзора от муниципального контроля заключается в том, что при выявлении правонарушения в рамках проведения государственного надзора могут применяться меры административного характера, в то время как результатом проведения проверки в рамках муниципального земельного контроля в большинстве случаев является выдача предостережения или уведомление о необходимости устранения нарушения земельного законодательства.

Отдельно стоит отметить, что проведение муниципального земельного контроля играет свою положительную роль в осуществлении контроля (надзора) государства за соблюдением земельного законодательства.

На основании Постановления Правительства РФ от 10.03.2022 № 336 «Об особенностях организации и осуществления государственного контроля (надзора), муниципального контроля» все плановые контрольные мероприятия в рамках соблюдения требований земельного законодательства, запланированные на 2022 г. и дата начала которых была запланирована на период после 10 марта 2022 г., отменены (это связано со сложившейся политической ситуацией), причем действие указанного Постановления продлено и на 2023 г. на основании Постановление Правительства РФ № 1743 от 01.10.2022 г.

Именно с отменой контрольных мероприятий связано увеличение количества видов других применяемых мер воздействия, которые можно организовать без присутствия контролируемого лица. Одним из видов таких проверок является профилактический визит, правила проведения которого определены в ст. 52 Федерального закона № 248-ФЗ от 31.07.2020 г. О таком визите инспектора контролируемый гражданин должен быть извещен за 5 рабочих

дней до выезда. Кроме того разъяснения сотрудника, проводящего профилактический выезд, имеют рекомендательный характер, а значит, и не обязательны к исполнению.

Таким образом, профилактические мероприятия, осуществляемые инспекторами в целях стимулирования добросовестного соблюдения контролируемыми лицами обязательных требований земельного законодательства, направлены на снижение риска причинения вреда (ущерба), и являются приоритетными по сравнению с проведением традиционных контрольных (надзорных) мероприятий. Эффективность государственного надзора за соблюдением земельного законодательства и рациональным использованием земель приобретает особую актуальность. В связи с этим, как никогда, остро стоит вопрос о необходимости совершенствования его развития поскольку он призван стать действенным инструментом реализации государственной земельной политики.

Выводы. Анализ действующего законодательства, а также практики его применения, показывает, что земельный надзор, являющийся самостоятельным институтом земельного права, представляет собой систему мероприятий по выявлению, оценке и предупреждению нарушений земельного законодательства; он состоит из системы правовых норм, регулирующих использование и охрану земель. От эффективного использования земельного фонда напрямую зависит решение многих экономических и социальных задач, остро стоящих ныне перед государством, поскольку земельные ресурсы являются одним из основных факторов производства.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Белоусов А.О. Баранова Д.В. Понятие и содержание рационального использования земель сельскохозяйственного назначения // В сб.: Интеллектуальный потенциал молодых ученых как драйвер развития АПК. Материалы международ. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАУ, 2022. С. 112–115.
2. Уварова Е.Л. Территориальное планирование как важный элемент устойчивого развития // В сб.: Политехническая неделя в Санкт-Петербурге. Материалы науч. форума с международ. участием. СПб.: СПбПУ, 2016. С. 348–350.
3. Заварин Б.В. Совершенствование государственного земельного надзора в связи с принятием нового закона о государственном контроле (надзоре) // В сб.: Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения. СПб.: СПбГАУ, 2021. С. 301–305.
4. Шишов Д.А., Заварин Б.В. Эколого-правовые механизмы сохранения производительного потенциала земель // В сб.: Повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутренних и внешних рынках. Материалы международ. конгр. СПб. 2017. С. 334–335.
5. Уварова Е.Л. Методические проблемы внутрихозяйственного землеустройства: необходимость соответствия современным требованиям сельскохозяйственного производства // Вестник факультета землеустройства СПбГАУ. СПб, 2009. С. 86–89.
6. Павлова В.А., Уварова Е.Л. Применение информационно-коммуникационных технологий в современной российской кадастровой системе // Геодезия и картография. 2019. Т. 80. № 2. С. 57–63.
7. Павлова В.А., Уварова Е.Л. Фермерство как генезис капиталистических отношений в России // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. № 40. С. 180–186.
8. Pavlova V.A., Stepanova E.A., Uvarova E.L. Rationalization and optimization of peasant farmer facilities land use in Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture Cep. 3. 2021. С. 032054.
9. Osipov A.G., Garmanov V.V., Bogdanov V.L., Pavlova V.A., Terleev V.V. Modelling of the suitability of lands to the agrarian use and their resistance to negative processes. Landscape Modelling and Decision Support. "Innovations in Landscape Research". Cham, Switzerland, 2020. С. 123–142.
10. Павлова В.А. Концептуальные основы территориального природопользования. Инженерные и технологические исследования для устойчивого развития. Труды IX Международного Симпозиума молодых ученых, аспирантов и студентов. Москва: МГУИЭ, 2009. С. 71–74.

УДК 636.4.087.61

А.Д. Шакирова, Е.Л. Уварова
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ И КАДАСТРАХ

Введение. На текущем этапе развития общества землеустройство и кадастр нуждаются в новейших способах сбора и анализа данных, мониторинга земельных ресурсов, а также ускорения и автоматизации деятельности ввиду тенденции к цифровизации всех сфер хозяйствования и повсеместного внедрения умного земледелия в АПК [1]. Одним из таких способов является применение дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). *Актуальность* темы подтверждают научные труды многих современных специалистов в сфере землеустройства и кадастров, таких как С.Н. Волков, В.В. Беленко, А.П. Сизов, В.В. Гарманов [2] и другие. Дистанционное зондирование Земли представляет собой как метод, так и процесс получения и анализа информации об определенном объекте на отдаленном от этого объекта расстоянии. В дистанционном зондировании отдельно выделяют аэрокосмическую фотосъемку, наиболее часто применяемую для целей землеустройства, кадастров и мониторинга. Аэрокосмическая фотосъемка – процесс фотографирования земной поверхности с летательного аппарата (самолета, вертолета, космического корабля) с целью получения фотографических изображений местности.

Цель работы. В рамках работы будет рассмотрена одна из основных ролей дистанционного зондирования Земли в землеустройстве и кадастрах – сбор информации.

ДЗЗ как способ получения данных имеет свои особенности, влияющие на целесообразность использования данного способа в разных условиях, следовательно необходимо подробнее проанализировать основные из них.

Данные, полученные посредством дистанционного зондирования, содержат актуальную достоверную информацию. Данные снимков со спутников всегда доступны, ими может воспользоваться любой человек через Яндекс, Google или же другие бесплатные источники спутниковых снимков, однако, конкретно для целей кадастра космическими снимками пользоваться пока не разрешено из-за того, что они не удовлетворяют требованиям к погрешности определения координат точек [3]. Поэтому следует сравнить сроки получения данных посредством геодезических работ и аэрофотосъемки.

Результаты и обсуждение. Результаты поиска информации в сети Интернет свидетельствуют, что сроки выполнения инженерно-геодезических изысканий в различных частных компаниях занимают от 5 до 30 дней, а аэрофотосъёмки — варьируют от одного до двух месяцев. При этом стоит учитывать, что для проведения аэрофотосъёмки, например, при применении БПЛА, необходимо провести множество дополнительных мероприятий, включая непосредственно регистрацию БПЛА и получение разрешения на совершение полетов. Также следует учитывать зависимость скорости и стоимости проведения аэрофотосъемки и геодезической съемки на территориях разной площади. По результатам изучения сроков выполнения работ на официальных сайтах организаций, занимающихся геодезической съемкой, средняя площадь, которую могут снять геодезисты за день составляет от 5 до 10 га, когда как за это же время аэрофотосъемка может охватить большую площадь [4–6]. При этом стоимость геодезических работ прямо пропорциональна площади съемки, а стоимость аэрофотосъемки за 1 га уменьшается в зависимости от общей площади территории. Например, геопространственное агентство «Иннотер» предоставляет услуги по аэрофотосъемке стоимостью 16 тыс. руб. за 1 км^2 при общей площади до 25 км^2, а при съемке общей площадью более 25 км^2, стоимость за 1 км^2 аэрофотосъемки уменьшается в 2 раза и составляет 8 тыс. руб.

Следовательно, к особенностям аэрокосмосъёмки можно отнести ее целесообразность при картографировании территории большой площади из-за нахождения на отдаленном от земли расстоянии — сокращается стоимость кадра на единицу площади, «обеспечивает экономичное картографирование обширных пространств». Однако, данный параметр снижает привлекательность использования аэрокосмической фотосъемки для отдельных объектов недвижимости. Этот показатель будет отрицательным для проведения единичного кадастрового учета, но будет положительным, например, для кадастрового учета нескольких недвижимых объектов, а также целей землеустройства. Если не принимать во внимание документальные и регистрационные процессы, аэрофотосъёмка выполняется значительно быстрее и дешевле полевых геодезических работ при большем охвате территории, однако проигрывает по данным критериям, когда работа проводится с небольшими участками. В свою очередь, при аэрофотосъемке большого количества земельных участков такие сроки и стоимость выполнения работ становятся оправданными, т. к. за один пролет можно охватить большую площадь, а удельная цена за съемку единицы площади становится меньше с увеличением общей площади фотографирования.

Специалисты в сфере дистанционного зондирования также выделяют еще одну особенность аэрокосмосъёмки: её можно использовать, если другими способами получить информацию об изучаемом объекте невозможно. Сложность применения полевых геодезических работ в такой местности обусловлена тем, что требуется непосредственное присутствие человека и специальной маломобильной аппаратуры (тахеометров, теодолитов); при отсутствии транспортной инфраструктуры, сложности рельефа и климатических особенностей местности [7] доступ к таким районам невозможен. В этом случае аэрокосмическая фотосъемка является единственным возможным вариантом получения информации о местности, так как фотографирование не зависит от вышеперечисленных факторов. Получение визуальной информации любого элемента объекта недвижимости в необходимом масштабе обеспечивает детальность.

В зависимости от поставленных задач могут использоваться аэрофотоснимки разных масштабов. Такая особенность дистанционного зондирования Земли безусловно важна для точности определения информации на снимках, но наземное изучение какого-либо объекта в большинстве случаев получается детальнее, чем при аэрокосмической фотосъемке. Поэтому возможность крупномасштабной съемки стоит рассматривать не как отличительную черту дистанционного зондирования Земли, а как характеристику, позволяющую использовать данный метод за неимением альтернатив в случае труднодоступности местности и экономической целесообразности [8]. Переход к автоматизированному производственному процессу получения данных в землеустройстве и кадастрах ошибочно воспринимается более сложным [9], чем использование традиционного метода – геодезической съемки, так как от специалиста требуются дополнительные компетенции.

Таблица 1 – Преимущества и недостатки ДЗЗ при получении исходных данных

№	Преимущества	Недостатки
1	Дешевле и быстрее чем геодезическая съёмка, на больших площадях	Дороже и дольше, чем геодезическая съемка, на малых площадях
2	Возможна съемка в разных масштабах	Процесс аэросъемки может быть затруднен получением дополнительных разрешений на полёт для регистрирующих устройств
3	Возможность проведения съемки на труднодоступной местности	В некоторых случаях невозможно ограничиться только ДЗЗ
4	При наличии квалификации в области ДЗЗ есть возможность выбора между альтернативными способами сбора информации	Требуются дополнительные компетенции специалистов в сфере ДЗЗ (т.к. быстро развивающаяся отрасль)
5	Экономия времени и денег в долгосрочной перспективе	Дополнительные затраты на обучение сотрудников

Даже при самом крупном масштабе, иногда возникает необходимость уточнения данных в ходе полевых наземных исследований непосредственно человеком. Это происходит из-за несовершенства аппаратуры (недостаточного разрешения снимков) или же особенностей отражающей поверхности земли и погодных условий (иногда возникающие блики на воде или облака могут помешать дешифрированию снимка). Данный параметр лишь показывает, что, как и во многих других сферах, полностью автоматическим процесс получения данных с помощью аэрокосмической фотосъёмки быть пока не может, человек необходим в этом процессе для контроля функционирования системы и её обслуживания. Данные дистанционного зондирования Земли могут быть полезны и даже незаменимы для землеустройства, кадастров и мониторинга земель, однако, универсальным средством решения всех задач ДЗЗ не являются – следовательно, необходимо анализировать обоснованность применения ДЗЗ в каждом конкретном случае отдельно. Резюмируя, приведем преимущества и недостатки ДЗЗ в табл. 1.

Выводы. Из результатов анализа видно, что применение ДЗЗ целесообразно только в отдельных случаях:

- при съемке местности большой площади – в этом случае способ выгоднее экономически и по временным затратам;
- при недоступности геодезической съёмки в труднодоступной местности: в таких условиях данный способ получения информации является незаменимым.

Разовые временные и экономические затраты на дополнительное обучение специалистов окупаются в перспективе, так как позволяют экономить на дальнейшем проведении аэрокосмосъёмки в отдельных, более целесообразных для этого способа, случаях.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Управление сельскохозяйственным землепользованием. Прикладные аспекты / В.В. Гарманов, Д.А. Шишов, М.А. Сулин [и др.]. Том Часть 2. СПб.: СПбГАУ, 2021. – 228 с.
2. Заварин Б.В., Аслаханов А.Н., Терлеев В.В. Оценка экономической целесообразности использования рекультивированных земель. Неделя науки СПбПУ. Материалы научного форума с международным участием. Инженерно-строительный институт. Печатается по решению Совета по издательской деятельности Ученого совета СПбПУ Петра Великого. 2015. С. 186–188.
3. Шишов Д.А., Заварин Б.В. Новый инструментарий в системе правового регулирования земельных отношений. Известия СПбГАУ. 2014. № 37. С. 190–194.
4. Orlova T., Melnichuk A., Klimenko K., Vitvitskaya V., Popovych V., Dunaieva I., Terleev V., Nikonorov A., Togo I., Volkova Yu., Mirschel W., Garmanov V. Reclamation of landfills and dumps of municipal solid waste in a energy efficient waste management system: methodology and practice. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2017.
5. Arefiev N., Garmanov V., Bogdanov V., Ryabov Yu., Terleev V., Badenko V. A market approach to the evaluation of the ecological-economic damage dealt to the urban lands // In: International Scientific Conference Urban Civil Engineering and Municipal Facilities (SPbUCEMF-2015). Ser. "Procedia Engineering" 2015. P. 26–31.
6. Badenko V., Badenko N., Nikonorov A., Molodtsov D., Terleev V., Lednova Ju., Maslikov V. Ecological aspect of dam design for flood regulation and sustainable urban development // In: MATEC Web of Conferences. 2016. N. 03003.
7. Павлова В.А. Концептуальные основы территориального природопользования. Инженерные и технологические исследования для устойчивого развития. Труды IX Международного Симпозиума молодых ученых, аспирантов и студентов. М.: МГУИЭ, 2009. С. 71–74.
8. Управление сельскохозяйственным землепользованием. Прикладные аспекты. Доктору экономических наук, профессору Д.А. Шишову посвящается / В.В. Гарманов, Д.А. Шишов, М.А. Сулин [и др.]. Том Часть 1. СПб.: СПбГАУ, 2018. 247 с.
9. Белоусов А.О., Баранова Д.В. Понятие и содержание рационального использования земель сельскохозяйственного назначения. Интеллектуальный потенциал молодых ученых как драйвер развития АПК. Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и обучающихся. СПб.: СПбГАУ, 2022. С. 112–115.

УДК 626.86

Е.С. Грязева, Ю.В. Волкова
Санкт-Петербургский политехнический университет имени Петра Великого

АНАЛИЗ ВЫБОРА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОКЛАДКИ ДРЕНАЖНЫХ ПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Цель работы – анализ материалов, применяемых для изготовления пластиковых труб для рационального выбора при проектировании дренажных систем.

На орошаемых землях производительность дренажных труб часто ниже стандартной из-за шлифования, заиливания, химического и биологического осаждения, проникновения корней растений в трубу, накопления спрессованного грунта в дренажных траншеях или неправильного монтажа отдельных труб.

Основные современные материалы, используемые для изготовления дренажных труб, это – глина, бетон и пластмассы. Важными критериями качества труб и выбора наиболее подходящего типа труб являются: устойчивость к механическим и химическим повреждениям, долговечность и стоимость. Механические повреждения и химические повреждения могут возникнуть во время транспортировки и обработки или после установки трубы. Кроме того, срок службы труб не должен чрезмерно сокращаться из-за ухудшения механических или химических свойств с течением времени. Затраты представляют собой общие затраты на покупку, транспортировку, обработку и установку.

Внедрение пластиковых труб для дренажа началось примерно в 1960 г. Первоначально использовались гладкие трубы с прямыми стенками. Примерно в 1970 г. были введены гофрированные трубы, которые вскоре заменили гладкие трубы. Основными преимуществами пластика перед глиной или бетоном являются гораздо меньший вес на метр трубы и большая длина трубы. Это значительно упрощает и удешевляет транспортировку и обработку труб, а также обеспечивает более высокую скорость монтажа [1].

Анализ будет проводится на основе выбора материалов для горизонтального трубчатого дренажа на сельскохозяйственных территориях. Горизонтальный дренаж – система открытых или закрытых искусственных водотоков – дрен, служащих для отвода почвенно-грунтовых вод и солей за пределы мелиорируемых земель. Дрены включают в себя трубы, а также защитно-фильтрующих материал, служащий для защиты от заиления мелкими частицами грунта, а также повышает водоприемную способность [2]. При выборе материалов для прокладки горизонтального трубчатого дренажа следует опираться на требования, перечисленные ниже:

- эксплуатационный срок службы дренажной системы должен быть не менее 30 лет;
- при применении безнапорных труб, не имеющих заводской перфорации, общая площадь водоприемных отверстий должна быть не менее 15 см^2 на 1 м дрены;
- для защиты водоприемных отверстий дренажных труб от заиления и увеличения водоприемной способности дренажа следует применять сыпучие и волокнистые защитно-фильтрующие материалы;
- толщину фильтра из сыпучего материала следует принимать, как правило, не менее 8 см;
- трубы должны выдерживать без разрушения внешнюю нагрузку давления грунта, временную нагрузку от сельскохозяйственных машин и быть стойкими к воздействию агрессивной среды.

При выборе конструкций дрен и коллекторов следует исходить из условия применения новых строительных материалов, прогрессивных методов строительства, эксплуатационной надежности дренажных сооружений, экономии материально-технических и трудовых ресурсов, обеспечения техники безопасности и охраны окружающей среды [3].

Преобладающими материалами для изготовления пластиковых труб являются:

- поливинилхлорид (ПВХ);
- полиэтилен высокой плотности (HDPE);
- полипропилен (PP).

Недостатки данных материалов представлены в таблице 1.

Результаты. Из таблицы 1 видно, что предпочтительнее использовать трубы из полипропилена и полиэтилена высокой прочности из-за легкости в эксплуатации, сравнительно небольшой стоимости [4]. В настоящее время, все пластиковые трубы для прокладки дренажных систем снабжены внешней гофрированный поверхностью, отличие состоит в количестве структурных слоев. Однослойные трубы применяются для залегания до 1 м, отличаются гибкостью и сравнительно небольшой стоимостью. Двухслойные – имеют высокие показатели по осушению воды, обладают способностью самоочищаться, также обладают эффективностью при значительных и мощных нагрузках, на большой глубине залегания. Внешний гофрированный слой качественно скреплен с внутренним гладким, благодаря гладкости отток воды происходит с большой скоростью, в результате проводящая способность возрастает. Наружный слой предохраняет от деформаций при ударах – это имеет значение особенно в зимний период, при перевозке и укладке систем дренажа. Недостатком является высокая стоимость (в 2–3 раза выше, чем у однослойных труб) [5].

Таблица 1

Материалы	Недостатки
Поливинилхлорид	Чувствительность к низким температурам и к ультрафиолетовому излучению, следовательно, это вызывает необратимое ухудшение механических свойств (хрупкость), более высокая стоимость в сравнении с другими материалами
Полиэтилен высокой прочности	Высокий риск деформации от воздействия высоких температур
Полипропилен	Высокий риск деформации от воздействия высоких температур

Для обоснования выбора был проведен анализ стоимости труб размером 160×10000, результаты которого приведены в таблице 2.

Таблица 2

Материалы	Стоимость, руб.
Поливинилхлорид	Гофрированная однослойная 2000–4000 Гофрированная двухслойная 3000–6000
Полиэтилен высокой прочности	Гофрированная однослойная 4000–6000 Гофрированная двухслойная 6000–8000
Полипропилен	Гофрированная однослойная 1000–2000 Гофрированная двухслойная 3000–4000

Сравнивая ценовые категории, видим, что самым выгодным материалом является полипропилен. Фильтрующий материал для строительства дренажных систем делится на сыпучие и волокнистые защитно-фильтрующие материалы. Сыпучий фильтрующий материал представлен в виде гравия, щебня, известковых пород. Огромным недостатком данного материала является большой расход на территории. Поэтому его целесообразнее использовать на маленьких площадях, например, при строительстве дренажной системы участка [6].

В качестве альтернативы можно рассмотреть сборную пластиковую дренажную систему из полиэтилена высокой плотности, часто использующую геотекстиль, кокосовое волокно или тряпичные фильтры. Использование этих материалов становится все более распространенным из-за их простоты использования, что устраняет необходимость в транспортировке и укладке

каменного дренажного заполнителя, который неизменно дороже, чем синтетический дренаж и бетонные прокладки [7–9].

За последние 30 лет геотекстиль стал наиболее часто используемым фильтрующим материалом для грунта. Они дешевы в производстве и просты в укладке, обладают свойствами, контролируемыми на заводе, что обеспечивает долговременную фильтрацию даже в условиях мелкого ила.

В таблице 3 представлен сравнительный анализ стоимости некоторых фильтрующих материалов [10].

Таблица 3

Материалы	Стоимость (руб.)
Гравий фракции 15–20 мм	1000–1500 за $м^3$
Щебень фракции 5–20 мм	500–1500 за $м^3$
Геотекстильный материал	300–17000 за 50 м

Вывод. Основываясь на анализ материалов для горизонтального трубчатого дренажа, можно сделать вывод, что использование двухслойной полипропиленовой трубы с геотекстилем имеет ряд преимуществ по сравнению с другими материалами.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Эггельсманн Р. Руководство по дренажу, 1984.
2. Киреева Т., Сахибзадинов А. Дренажные системы и очистные сооружения. 2010.
3. СТО НОСТРОЙ 2.33.20-2011. Оросительные системы. Общие требования по проектированию и строительству.
4. https://spb.pulscen.ru/price/101801-truba-drenazhnaya «Каталог гофрированных дренажных труб».
5. Ксензов А. Совершенствование мелиоративных систем. 2018.
6. Подольский Ю. Сооружаем системы орошения, полива, дренажа и колодцы. 2017.
7. https://en.m.wikipedia.org/wiki/Advanced_Drainage_Systems – Современные дренажные системы.
8. Волкова Ю.В., Криулин К.Н., Полетаев Ю.Б. Мелиорация земель. Осушительные мелиорации. Учебное пособие. СПб, Изд-во СПбГПУ, 2009.
9. Волкова Ю.В., Криулин К.Н., Полетаев Ю.Б. Мелиорация земель. Осушение земель. Проектирование и расчет осушительных систем: Учебное пособие. СПб, Изд-во СПбГПУ. 2005.
10. https://astrapipe.ru/ – ASTRA. Инженерные системы.

УДК 626.86

И.С. Панасенкова, Ю.В. Волкова.
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРЕДЛОЖЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ ОТ ЗАТОПЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДОВ КРЫМА

Актуальность данной темы связана с проблемой затопления территории городов Крыма, в частности – города Ялта. И для решения этой проблемы были проведены исследования и предложены мероприятия по предотвращению процессов затопления.

Цель работы: на основании анализа причин затопления предложить перечень мероприятий по защите территории городов Крыма (на примере г. Ялта) от затопления.

Объектами исследования являются мероприятия, разработанные по защите от затопления территорий городов Крыма (на примере г. Ялта).

Территория города Ялта подвержена частому затоплению водами рек Дерекойка и Учан-Су, которые протекают через восточную и западную часть города, при подъеме их уровня в результате выпадения атмосферных осадков.

При затоплении уровень воды в реках Крыма, протекающих на территории города Ялта, повышался на 167 см на реке Дерекойка, на реке Учан-Су на 163 см. В этот период максимальный расход воды реки Дерекойка превысил свой исторический максимум с 1962 года на 6,7 $м^3/с$. Расход воды реки Учан-Су превысил максимальное значение с 1967 года на 9,9 $м^3/с$ [1].

Из-за большого падения реки Учан-Су его следствием является весьма значительная скорость течения воды, которая является причиной размыва речных берегов. Сила у течения велика так, что вымывается не только галька, но и крупные валуны. По всему течению русло реки завалено камнями. Река Учан-Су течет извилисто, тем самым подмывая то один, то другой берег. Уже на территории Ялты спрямленное русло реки взято в бетон. В верховьях реки Дерекойка имеется ряд перепадов высот от 1 до 5 м. Русло реки извилистое, местами разветвленное. Основная часть течения реки Дерекойка находится в пределах города Ялты, где река убрана в бетонное русло.

Одной из главных угроз затопления территории города Ялты в районе прибрежных береговых полос горных рек, а также водотоков являются паводки 0,1–1,0 % обеспеченности по рекам Дерекойка и Учан-Су. Так же, антропогенные причины, которые влияют на затопление территорий, такие как, устаревшие основные инженерные сооружения, плотины, дамбы, трубопроводы, системы ливневой канализации и водоотведения и многочисленная стихийная застройка в руслах рек. Данные инженерные сооружения с трудом справляются с нагрузкой в результате огромного потока воды, или же совсем не выполняют свои основные функции по защите населённых пунктов от опасных процессов [2].

Защитными гидротехническими сооружениями по защите от затопления паводковыми водами горных рек на территории городов Крыма, а именно – города Ялта, могут быть подпорные стены городских набережных с парапетами [3, 4].

Результаты. На реках Учан-Су и Дерекойка рекомендуется выполнить ряд мероприятий по защите от затопления:

1) реконструкция набережных с усилением и наращиванием подпорных стен и парапетов;

2) расчистка русла рек от наносов мусора;

3) укрепление дна рек для предотвращения размыва при прохождении максимальных паводковых расходов воды.

Также необходимым действием на пути к осуществлению мероприятий предусмотрен вынос из русел рек существующих инженерных коммуникаций систем водоснабжения и канализации, теплотрассы, газопроводы, кабельные линии связи и электропередач для того, чтобы она не снижали пропускную способность русла реки и не вызывали подпор уровня воды во время паводка [3–5].

Реконструкцию и строительство новых набережных с благоустройством прибрежных защитных полос необходимо осуществить в устьевой и средней части горных рек для предотвращения выхода паводковых вод на прилегающую территорию [6–10].

Выводы. На основании изученных и проанализированных причинах затопления территории в городах Крыма (на примере г. Ялта) были предложены мероприятия по защите территории городом от опасных процессов. Мероприятия являются необходимыми для данной территории, так как проблема затопления и его последствия остаются актуальными по сей день.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Потопные времена: самые сильные дожди полуострова // РИА Новости. Крым [Электронный ресурс]. – URL: https://crimea.ria.ru/20210623/Potopnye-vremena-samye-silnye-dozhdi-poluostrova-1119717766.html. – (дата обращения 28.02.2022).

2. Панасенкова И. С. Анализ причин затопления на территории городов Крыма / И. С. Панасенкова, Ю. В. Волкова // Неделя науки ИСИ : сборник материалов Всероссийской конференции, Санкт-Петербург, 04–10 апреля 2022 года. Том Часть 1. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – С. 257–259. – EDN IBKLJW.
3. СП 104.13330.2016. Инженерная защита территории от затопления и подтопления. Актуализированная редакция СНиП 2.06.15-85 [Электронный ресурс]: // Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/ 456054204. – Загл. с экрана. –2017. – 17 июня.
4. СП 116.13330.2012. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003 [Электронный ресурс]: // Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200095540. – Загл. с экрана. –2013. – 01 января.
5. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения [Электронный ресурс]: // Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/554820821?marker=7D20K3. – Загл. с экрана. –2019. – 26 июня.
6. Волкова Ю.В. Анализ причин подтопления урбанизированных территорий на примере поселка Шушары / Ю.В. Волкова, Е.А. Гуляева // XLII Неделя науки СПбГПУ : материалы НПК. НОЦ ВИЭ, СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2014. – С. 205–208.
7. Ливневая канализация на территории города Санкт-Петербурга. Проблемы и пути их решения / Е.Н. Прибыткова, О.В. Казачкова, А.Е. Артемьев, Ю.В. Волкова // Неделя науки СПбПУ : материалы научной конференции с международным участием, ИСИ: В 3 частях, СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2019. – С. 226–227.
8. Волкова Ю.В. Мелиорация земель. Осушительные мелиорации / Ю.В. Волкова; СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2009. – 185 с. – ISBN 978-5-7422-2420-4.
9. Арефьев Н.В., Венкель К.О., Миршель В., Баденко В.Л., Терлеев В.В., Волкова Ю.В. Комплексная оценка агромелиоративных систем для планирования их реконструкции // В сб.: Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата. Санкт-Петербург, АФИ, 2012. С. 468–472.
10. Badenko V., Badenko N., Nikonorov A., Molodtsov D., Terleev V., Lednova Ju., Maslikov V. Ecological aspect of dam design for flood regulation and sustainable urban development // In: MATEC Web of Conferences. 2016. N. 03003.

УДК 332.36+631.961

О.В. Закаличная[1], О.А. Мельничук[2]
[1]Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского
[2]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС В СИМФЕРОПОЛЬСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

Введение. Современные исследования в области адаптивно-ландшафтного обустройства территории направлены на максимальное «вписывание» сельскохозяйственных угодий в природный ландшафт. Однако аспекты совершенствования или реконструкции системы мелиоративных лесных насаждений в агроландшафтах изучены недостаточно. Особенно *актуальны* эти вопросы для регионов с уже сложившимися агроландшафтами в неоднородных физико-географических и климатических условиях, каким является Симферопольский район Республики Крым. Поэтому вопросы анализа качественного и количественного состояния мелиоративных лесных насаждений без сомнения требуют глубокой научной проработки, в том числе в землеустройстве и природообустройстве.

Развитию теории и практики адаптивно-ландшафтного обустройства территории посвящены научные работы Айдарова И.П., Волкова С.Н., Кирюшина В.И., Орловой И.В., Парамонова Е.Г., Паштецкого В.С., Плугатаря Ю.В., Сухомлиновой Н.Б. и др. Мелиоративные лесные насаждения способствуют рациональному освоению и вовлечению в хозяйственный оборот малопродуктивных и нарушенных земель, оврагов, повышению продуктивности почв, предохраняют почвы от водной и ветровой эрозии, дают древесину, плоды и ягоды, служат укрытием для диких животных и птиц, выполняют эстетические функции. Особое значение

имеют полезащитные лесные насаждения, располагаемые на землях сельскохозяйственного назначения, которые, кроме выполнения указанных функций, создают благоприятный микроклимат для выращивания сельскохозяйственных культур в условиях засух, что способствует повышению их урожайности и качества производимой продукции.

Для оценки условий естественного увлажнения территории Симферопольского района выполнен анализ динамики среднегодовых значений гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК), который выражается отношением суммы осадков в миллиметрах за период с температурами воздуха выше +10°С к сумме температур в градусах за то же время, уменьшенный в 10 раз и определено количество месяцев с засухами различной интенсивности в теплый период года за 30 лет (1990–2019 гг.). Установлено, что по интенсивности засух более половины (120 мес.) из проанализированных месяцев характеризуются засушливыми условиями разной интенсивности (ГТК ≤ 0,75). Наибольшее количество лет с засухами различных интенсивностей приходится на: июль (22 года), август (22 года), апрель (21 год), май (17 лет) и сентябрь (15 лет). Очень сильные засухи наблюдались в апреле (12 лет) и августе (9 лет), наименьшее количество засух (ГТК ≥ 0,76) характерно для июня, октября и сентября [1].

Роль полезащитных лесных насаждений выражается в постепенном затухании скорости ветра (на 20-30%), сохранении почвенного покрова и сельскохозяйственных посевов, улучшении микроклимата (повышение относительной влажности воздуха по сравнению с открытыми полями на 7-9%, на 15% – в суховейные дни) и водно-физических свойств почвы, накоплении гумуса [2–4], а также лесополосы способствуют повышению эффективности агротехнических мероприятий в период формирования урожая. Почвы под лесными полосами аккумулируют поверхностный сток, что улучшает условия произрастания сельскохозяйственных культур при малых осадках. В районах, подверженных ветровой эрозии и пыльным бурям, сохранность сельскохозяйственных посевов под защитой лесных насаждений в 2–4 раза выше, чем на открытых участках полей. Так, сохранность озимых в Степном Крыму от пыльных бурь при облесённости 0,5% составляет 46%; при 1,5% – 75%; при 2,5% – 93%; при 3,5% – 100% [2].

Цель исследования заключается в анализе количественного и качественного состояния полезащитных лесных полос на территории Симферопольского района.

В связи с этим поставлены следующие *задачи исследования*: проанализировать современное состояние полезащитных лестных полос в Симферопольском районе; выявить проблемы их состояния; предложить пути решения выявленных проблем. Для решения поставленных задач использован статистический анализ, анализ литературных источников и метод дешифрирования космических снимков.

Результаты. Методологические подходы к определению оптимальной лесистости в условиях Крыма рассмотрены в работах Н.Н. Агапонова, Ю.В. Плугатаря и др. [5, 6]. Согласно этим исследованиям, оптимальная защитная лесистость для равнин и склонов до 3º Степной зоны Крыма зависит от гранулометрического состава и типа почв. Для южных черноземов (глинистых, суглинистых) она составляет 4,0–4,1% [6]. Проблемы определения оптимальной лесистости в Предгорной зоне Крыма изучены недостаточно, однако показатель оптимальной лесистости для Лесостепи России составляет 2,3–2,7% [4]. Согласно исследованиям [2], для южных черноземов (северная часть Симферопольского района) расстояние между основными лесными полосами должно составлять 400–450 м, для темно-каштановых (северо-запад района) – 300-400 м, поперечные лесополосы должны располагаться не более чем через 1500–2000 м. Отклонение поперечных лесополос – не более ±30º от направления наиболее вредоносных ветров.

Земли сельскохозяйственного назначения в Симферопольском районе составляют 58,3%, из которых 79,0% приходится на пашню. За последние 20 лет отмечалось сокращение площади пашни, связанное с увеличением площадей земель под садами и виноградниками, а

также выводом земель из сельскохозяйственного оборота в связи с реализацией Федеральных целевых программ (развитие объектов инфраструктуры). Вместе с этим, также сокращались площади полезащитных лесных насаждений (рис. 1) вследствие несанкционированных рубок и гибели древесных насаждений в результате воздействия неблагоприятных климатических условий (засух) и возникновения пожаров. Рассмотренные тенденции привели к снижению коэффициента полезащитной облесённости пашни, который в 2002 г. составлял 3,30%, а спустя 20 лет – 2,84%.

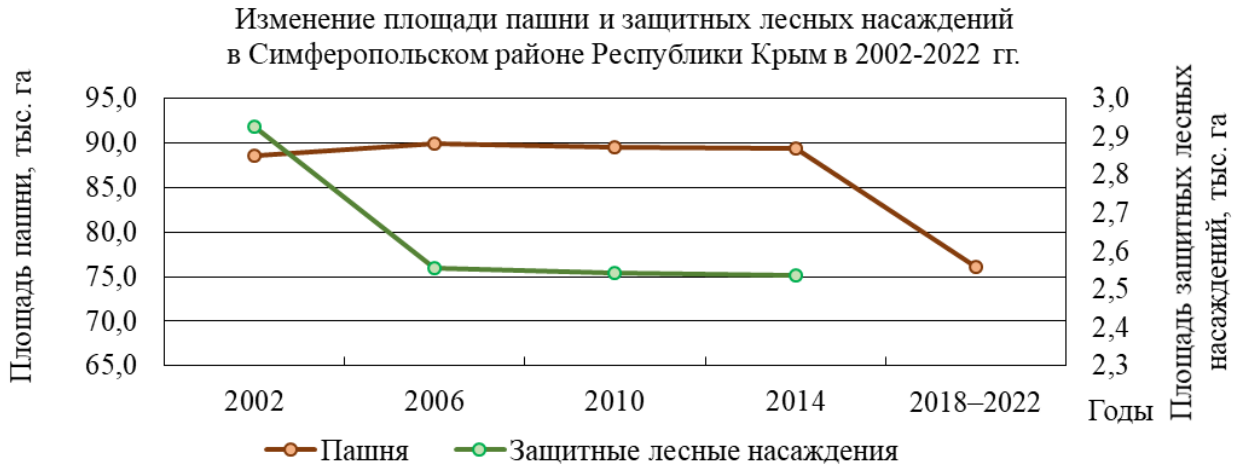


Рис. 1. Изменение площади пашни и защитных лесных насаждений в Симферопольском районе Республики Крым

Как видим, показатель облесённости пашни значительно ниже региональных норм, установленных для равнин и склонов до 3º Степной зоны (4,0–4,1%). Это означает, что на землях сельскохозяйственного назначения необходимо формирование экологического каркаса территории и проведение агролесомелиоративных мероприятий с учетом качественного состояния лесополос. Визуальное дешифрирование космических снимков позволяет выявить динамику качественного состояния полезащитных лесных полос. Так, за последние 20 лет в степной части Симферопольского района отмечается увеличение изреженности (фрагментированности) древостоя лесополос. На рис. 2 приведен пример изреженной более чем 90% продольной полезащитной лесополосы.

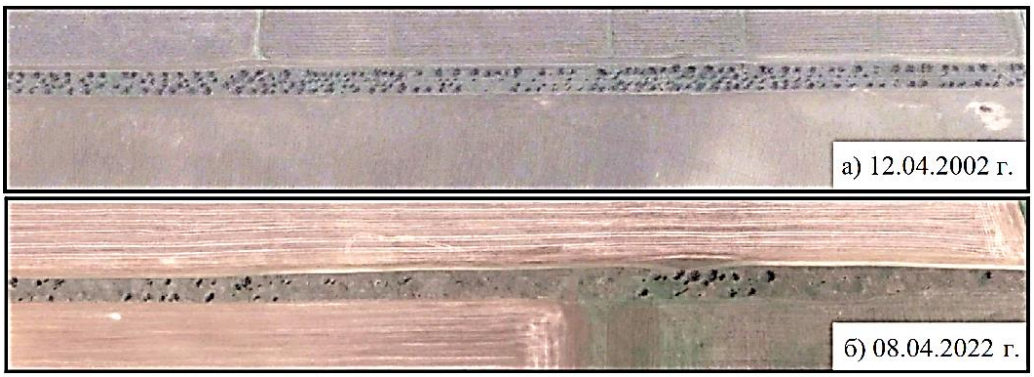


Рис. 2. Продольная полезащитная 4-рядная лесная полоса ажурной конструкции шириной 16 м (Новоандреевское сельское поселение, направление: Север–Юг)

Сложившиеся тенденции увеличения изреженности полезащитных лесополос в Симферопольском районе, главным образом, связаны с проблемами правового характера. Так,

в соответствии с Земельным кодексом Российской Федерации и Федеральным законом «О мелиорации земель», за защитой земель от водной и ветровой эрозии, состоянием мелиоративных защитных лесополос обязаны следить собственники, землепользователи и владельцы земель [7, 8]. Таким образом, ответственность за состояние полезащитных лесных насаждений и проведение каких-либо действий несёт собственник, владелец, пользователь земель, на которых они расположены. Однако, в Симферопольском районе, как и в целом в Республике Крым, при выделении земельных долей земли под полезащитными лесополосами не учитывались.

Выводы. Для решения поставленных проблем необходимы:

1) совершенствование регионального законодательства в части установления собственности на полезащитные лесные насаждения;

2) проведение инвентаризации полезащитных лесных насаждений;

3) внесение сведений о полезащитных лесных насаждениях в ЕФИС ЗСН;

4) систематический мониторинг качественного состояния полезащитных лесополос с использованием данных дистанционного зондирования Земли и расчетов вегетационных индексов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Мельничук А.Ю., Закаличная О.В. Анализ состояния и пути достижения устойчивого сельскохозяйственного землепользования в условиях Симферопольского района Республики Крым // Международный сельскохозяйственный журнал, 2021. № 2 (380). С. 20–24.
2. Научное обоснование основных направлений агропромышленного комплекса Крыма в условиях рыночного производства / Под ред. Е.В. Николаева. Симферополь: "Таврия", 2004. 312 с.
3. Орлова И.В. Ландшафтно-экологическое планирование территории муниципального района / Отв. ред. Б.А. Красноярова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. 254 с.
4. Энциклопедия лесного хозяйства: в 2-х томах / Т. 1. М.: ВНИИЛМ, 2006. 424 с.
5. Агапонов Н.Н., Плугатарь Ю.В. Лесная наука в Крыму: результаты исследований Крымской ГЛНИС за 1952–2006 гг. и реферативный справочник / Под ред. д.с.-х.н. В.Л. Мешковой. Алушта, 2007. 250 с.
6. Плугатарь Ю.В., Корженевский В.В. Создание и оптимизация защитных насаждений в Крыму // Бюллетень Никитского ботанического сада, 2014. № 113. С. 7–17.
7. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 г. № 136-ФЗ (принят ГД РФ 28.09.2001) (ред. от 07.07.2021) / URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773.
8. Федеральный закон от 10.01.1996 № 4-ФЗ «О мелиорации земель» (ред. от 08.12.2020) / URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=363142/

УДК 332.3:631.4

О.А. Мельничук, В.В. Терлеев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Введение. С развитием производительных сил человеческого общества возрастает интенсивность использования всех видов ресурсов: природных, материальных, трудовых, финансовых. Фундаментом жизнедеятельности общества являются природные ресурсы, основу которых составляют земельные ресурсы. Существует достаточно большое количество определений понятия «земельные ресурсы», но наиболее близким к предмету нашего исследования представляется такое понятие: «земли, систематически используемые или пригодные к использованию для конкретных хозяйственных целей и отличающиеся по природно-историческим признакам» [1].

В сельском и лесном хозяйствах земельные ресурсы выступают средством производства сельскохозяйственной продукции, в других сферах деятельности – базисом для размещения производств, дорожно-транспортной инфраструктуры, жилищного строительства и т.п.

Сельскохозяйственное использование земель обеспечивает население страны продуктами питания, а промышленность – сырьем. Однако интенсивное использование земель может приводить к ухудшению их качественного состояния.

Поэтому *актуальной задачей* является исследование динамики изменения показателей состояния сельскохозяйственных земель посредством ведения государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, оценка состояния и разработка мероприятий по поддержанию земель в состоянии, пригодном для производства экологически допустимой продукции.

Цель работы – применение данных мониторинга земель для оценки их состояния и выработки предложений по фиторемедиации почв и оздоровлению агроландшафтов.

Значительный вклад в развитие теории мониторинга земель внесли Беленко В.В., Мурашева А.А., Савиных В.П., Сизов А.П., Шаповалов Д.А. и др. В соответствии со статьей 67 Земельного кодекса РФ государственный мониторинг земель является частью государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды) и представляет собой систему наблюдений, оценки и прогнозирования, направленных на получение достоверной информации о состоянии земель, об их количественных и качественных характеристиках, их использовании и о состоянии плодородия почв. Объектами государственного мониторинга земель являются все земли в РФ [2].

Информацию о состоянии земель можно получать из разных источников: фондовых материалов наземных съёмок и обследований земельных участков, материалов дистанционного зондирования Земли и пр. Согласно распоряжению Минсельхоза РФ от 22.12.2011 г. № 110-р [3] информационные ресурсы о землях сельскохозяйственного назначения формируются в соответствии с системой показателей государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения.

Система показателей государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения состоит из данных официальной статистической информации Росстата, Росреестра, Росгидромета, ведомственной отчетности Минсельхоза РФ и данных, получаемых в результате обследований и наблюдений, проводимых в рамках государственных заданий федеральными государственными бюджетными учреждениями, находящимися в ведении Минсельхоза РФ.

Результаты. В соответствии с указанным выше распоряжением выделено 16 групп показателей (табл. 1). Для примера, некоторые показатели плодородия, загрязнения почв и развития негативных процессов были получены из материалов (паспорта) агрохимического, эколого-токсикологического обследования почв земель сельскохозяйственного назначения АО «Янтарный» Симферопольского района Республики Крым [4].

Таблица 1 – Группы показателей мониторинга земель сельскохозяйственного назначения (составлено авторами в соответствии с [3])

№ группы	Перечень групп показателей
1-9	Распределение земель по формам собственности, видам землепользователей, угодьям и мелиоративному состоянию
10	Показатели плодородия почв (10 показателей)
11	Показатели загрязнения почв (6 показателей)
12	Показатели негативных процессов (13 показателей)
13	Показатели проведения агрохимических работ (14 показателей)
14	Сведения о севе и сборе урожая (13 показателей)
15	Государственный контроль нарушений (6 показателей)
16	Метеорологические показатели (15 показателей)

Таблица 2 – Загрязненность сельскохозяйственных угодий медью АО «Янтарный»

Сельскохозяйственное угодье	№ земельного участка	Площадь, га	Медь, мг/кг
Пашня	8	14,9	4,21
Виноградник	1	90,3	6,95
	2	41,0	8,12
	3	73,2	6,20
	4	23,1	3,99
	13	8,7	4,33
Сад	1	21,9	4,65
	2	15,6	3,76
Пастбище	1	10,2	3,18
	2	12,2	5,24
	3	11,6	4,18
	4	7,2	4,26
	5	2,4	4,35
Всего	-	332,3	-

Паспорт [4] содержит такие данные (табличные и картографические) в разрезе сельскохозяйственных угодий: площади земельных участков; содержание P_2O_5 и K_2O на 100 г почвы; процентное содержание гумуса и подвижной серы (мг/кг); реакция среды (pH); сумма поглощенных оснований (мг/100 г); солонцеватость (%); распределение площадей по содержанию подвижных форм микроэлементов (медь, кобальт, цинк, марганец, бор, молибден); степень засоления; загрязнение (гексахлоран, ДДТ и его метаболиты, свинец, кадмий, ртуть); показатель почвенного плодородия. Показатели загрязненности земельных участков сельскохозяйственных угодий медью приведены в табл. 2.

а) *б*)

Рис. 1. Неиспользуемые (*а*) и закустаренные (*б*) сельскохозяйственные угодья

Из табл. 2 видно, что наибольшие площади загрязнения сельскохозяйственных угодий медью (при ее предельно допустимой концентрации (далее – ПДК) 3,0 мг/кг [5]) находятся под виноградниками. Под ПДК тяжелых металлов следует понимать такую их концентрацию, которая при длительном воздействии на почву не вызывает каких-либо патологических изменений или аномалий в ходе биологических процессов, а также не приводит к накоплению токсических элементов в растениях и, следовательно, не может нарушить биологический оптимум для животных и человека [6].

В нашем случае на земельных участках 1–3 общей площадью 204,5 га превышение ПДК меди составляет более чем в два раза, которая относится (по разным данным) к наиболее опасным и умеренно опасным тяжелым металлам [7].

В качестве рекомендаций по обеззараживанию почвы от тяжелых металлов следует привести результаты исследования [8], которые показали, что удаление меди из почвы возможно с помощью посевов фасоли, а также (с меньшим успехом) овса, гречихи и сои, что необходимо

учитывать при выборе фиторемедиации для обеззараживания почвы. Значительные возможности для мониторинга агроландшафтов представляют данные дистанционного зондирования Земли различных годов аэро- и космической съемки. На рис. 1 представлены фрагменты космических снимков, из которых после дешифрирования можно сделать выводы, что часть земельных угодий (снимок *а*) на период космической съёмки не используется в сельскохозяйственном производстве, а земельный массив (снимок *б*) агротехнически не обрабатывается несколько лет подряд, вследствие чего начал зарастать редколесьем. Для приведения такого земельного участка в состояние пригодное для сельскохозяйственного использования необходимо раскорчевать редколесье, что дополнительно принесет для хозяйствующего субъекта экономические издержки. По космическим снимкам также можно судить о состоянии животноводческих помещений, прудов и другой видимой из космоса инфраструктуры.

Выводы. Для мониторинга и оценки состояния агроландшафтов следует использовать фондовые материалы проектно-изыскательских организаций, к которым относятся: съемки и корректировки картографических материалов предыдущих лет; изыскания и обследования территорий для разработки градостроительной и землеустроительной документации. Используя космические снимки земной поверхности, можно оперативно отслеживать количественные и качественные изменения в агроландшафтах и своевременно предпринимать мероприятия по оздоровлению агроландшафтов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Реймерс Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник. М.: Мысль,1990. 637 с.
2. Земельный кодекс Российской Федерации. www.consultant.ru
3. Распоряжение Министерства сельского хозяйства РФ от 22 декабря 2011 г. № 110-р «О системе показателей государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения». docs.cntd.ru
4. Паспорт агрохимический, эколого-токсикологический почв земель сельскохозяйственного назначения АО «Янтарный». Симферополь, 2015. 16 с.
5. Васин Д.В. Современные подходы к нормированию содержания тяжелых металлов в почве // Научный журнал «Архивариус», 2021. Т. 7. №3(57). С. 8–10.
6. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука, 1991. 151 с.
7. Водяницкий Ю.Н., Ладонин Д.В., Савичев А.Т. Загрязнение почв тяжелыми металлами. М., 2012. 305 с.
8. Features of the Phytoremediation by Agricultural Crops of Heavy Metal Contaminated Soils / A. Ilinskiy, D. Vinogradov, N. Politaeva [и др.] // Agronomy 2023, 13, 127. https://doi.org/10.3390/agronomy13010127.

УДК 332.3:631.4

О.В. Стадничук[1], О.А. Мельничук[2]
[1]Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского
[2]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАНЖИРОВАНИЕ ПОЧВ ПРЕДГОРНОЙ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ БАХЧИСАРАЙСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ ПО ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ САДОВОДСТВА

Введение. Бахчисарайский район расположен на юго-западе Крымского полуострова и по природно-климатическим условиям является наиболее благоприятным для возделывания многолетних плодовых насаждений. Северную часть района занимает степная равнина, центральную – предгорные гряды, а южную – Главная гряда Крымских гор [1]. Показатель плодородия почвы в разнородных условиях является одним из важнейших факторов, влияющих на урожайность многолетних насаждений [2], что и определяет *актуальность* данного исследования.

Цель и задачи работы – изучить почвенные ресурсы Предгорной физико-географической области Бахчисарайского района и выполнить ранжирование почв по уровню плодородия.

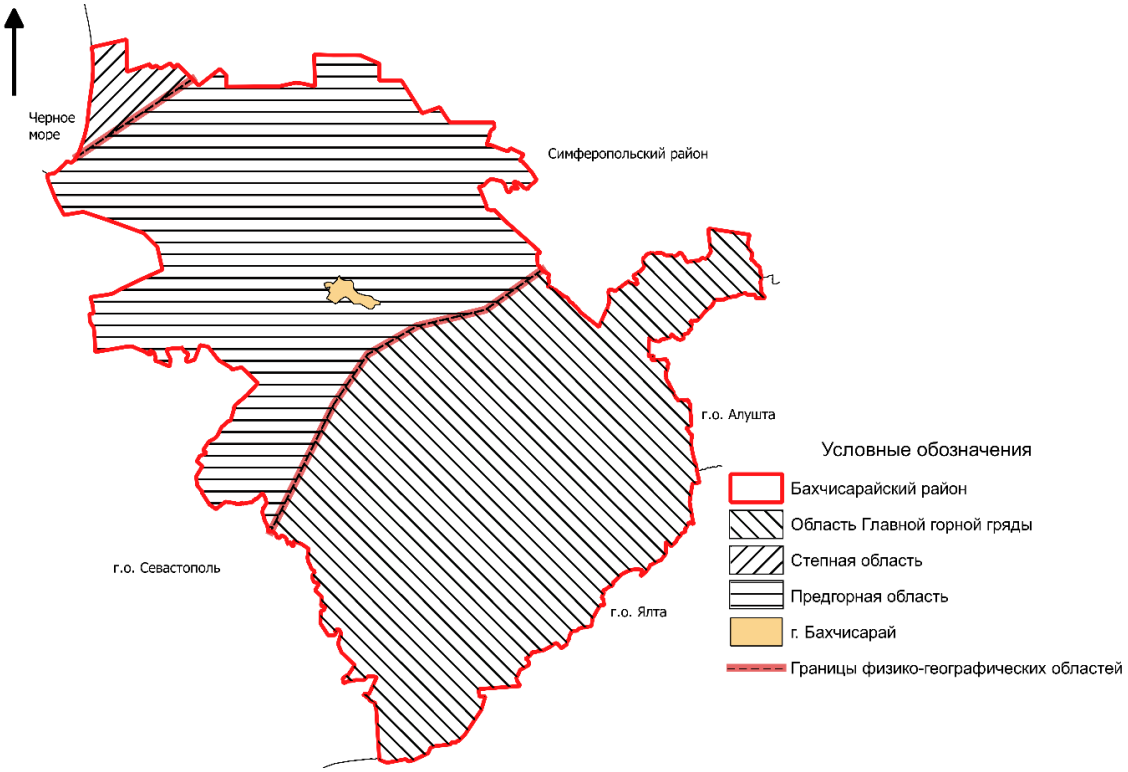


Рис. 1. Схема расположения Бахчисарайского района по физико-географическим областям

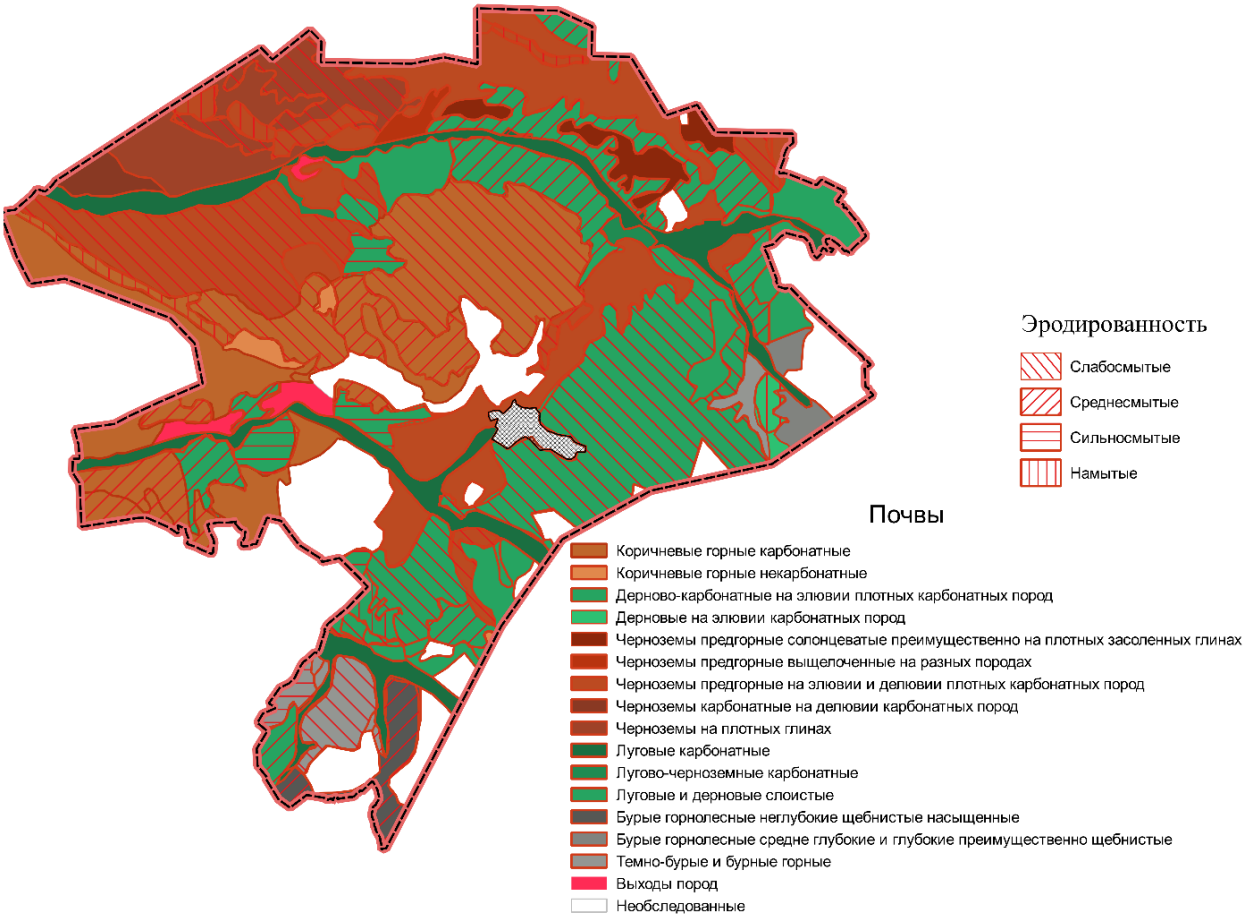


Рис. 2. Почвы Предгорной области Бахчисарайского района Республики Крым

Таблица 1 – Почвы Предгорной области Бахчисарайского района

№ п/п	Тип почвы	Площадь, га	%
1.	Коричневые горные карбонатные почвы, в том числе: слабосмытые – 48,9%; среднесмытые – 20,2%; намытые – 3,8%	19580	20,7
2.	Коричневые горные некарбонатные почвы	503	0,5
3.	Дерново-карбонатные почвы на элювии плотных карбонатных пород, в том числе: слабосмытые – 48,5%; среднесмытые – 21,4%; сильносмытые – 6,4%	28720	30,3
4.	Дерновые почвы на элювии карбонатных пород	455	0,5
5.	Черноземы предгорные солонцеватые преимущественно на плотных засоленных глинах	1650	1,7
6.	Черноземы предгорные выщелоченные на разных породах	423	0,4
7.	Черноземы предгорные на элювии и делювии плотных карбонатных пород, в том числе: слабосмытые – 39,9%; среднесмытые – 1,4%; намытые – 2,7%	19243	20,3
8.	Черноземы карбонатные на делювии карбонатных пород	736	0,8
9.	Черноземы на плотных глинах, в том числе: слабосмытые – 45,7%	5698	6,0
10.	Луговые карбонатные почвы	7224	7,6
11.	Лугово-черноземные карбонатные почвы	413	0,4
12.	Луговые и дерновые почвы	87	0,1
13.	Бурые горнолесные неглубокие щебнистые насыщенные почвы, среднесмытые	1502	1,6
14.	Бурые горнолесные средне глубокие и глубокие преимущественно щебнистые почвы	870	0,9
15.	Темно-бурые и бурые горные почвы, в том числе: среднесмытые – 77,6%	2519	2,7
16.	Выходы пород	890	0,9
17.	Необследованные почвы	4288	4,6

Таблица 2 – Ранжирование почв Предгорной области Бахчисарайского района по бонитету

Балл бонитета	Тип почвы	Площадь, га
91-100	Луговые карбонатные почвы	7224
	Лугово-черноземные карбонатные почвы	413
	Луговые и дерновые почвы	87
81-90	Черноземы предгорные выщелоченные на разных породах	423
71-80	Черноземы предгорные солонцеватые преимущественно на плотных засоленных глинах	1650
	Коричневые горные карбонатные почвы, в том числе: слабосмытые – 48,9%; среднесмытые – 20,2%; намытые – 3,8%	19580
	Черноземы предгорные на элювии и делювии плотных карбонатных пород, в том числе: слабосмытые – 39,9%; среднесмытые – 1,4%; намытые – 2,7%	19243
	Коричневые горные некарбонатные почвы	503
	Черноземы карбонатные на делювии карбонатных пород	736
61-70	Дерновые почвы на элювии карбонатных пород	455
	Темно-бурые и бурые горные почвы, в том числе: среднесмытые – 77,6%	2519
	Бурые горнолесные неглубокие щебнистые насыщенные почвы, среднесмытые	1502
	Черноземы на плотных глинах, в том числе: слабосмытые – 45,7%	5698
	Бурые горнолесные средне глубокие и глубокие преимущественно щебнистые почвы	870
Менее 60	Дерново-карбонатные почвы на элювии плотных карбонатных пород, в том числе: слабосмытые – 48,5%; среднесмытые – 21,4%; сильносмытые – 6,4%	28720

Исследованиям почв Крыма посвящены работы П.Г. Гусева, Н.А. Драган, В.Н. Иванова, Н.Н. Клепинина, И.Я. Половицкого и др. Однако изменения в почвенном плодородии,

вызванные воздействием антропогенных и природных факторов, вертикальная неоднородность Бахчисарайского района дают основания для более пристального рассмотрения почвенных ресурсов данной территории.

Результаты. Бахчисарайский район располагается в трех физико-географических областях: Степная область, Предгорная область и область Главной горной гряды [3] (см. рис. 1). На территории Предгорной области Бахчисарайского района выделено 16 почвенных разностей (см. рис. 2) [4].

Структура почвенного покрова Предгорной области Бахчисарайского района и его эродированность приведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, наиболее распространенными почвами являются дерново-карбонатные на элювии плотных карбонатных пород. Их площадь составляет 28720 га или 30,3% от площади Предгорной области. Среди этих почв наибольший удельный вес эродированных: слабосмытых – 48,5%; среднесмытых – 21,4%; сильносмытых – 6,4%. Для анализа плодородия почв использован показатель бонитета [5] (табл. 2).

Выводы. Среди почв Предгорной физико-географической области Бахчисарайского района 78% пригодны для выращивания многолетних плодовых насаждений и получения качественного урожая. Почвы с баллом бонитета менее 60 малопригодны или непригодны для получения высококачественного урожая многолетних плодовых насаждений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Багрова Л.А., Боков В.А., Багров Н.В. География Крыма. Киев: Лыбидь, 2001. 302 с.
2. Урсу А.Ф., Синкевич З.А., Хижек В.Е., Марков И.В. Исследование и агроэкологическая оценка почв под сады и виноградники // Почвы Молдавии. Кишинев: «Штиинца», 1986. С. 56–87.
3. Попов В.П., Маринич А.М., Ланько А.И. Физико-географическое районирование Украинской ССР. – Киев: Изд. Киевского университета, 1968. – 683 с.
4. Карта почв Украинской ССР. Министерство сельского хозяйства УССР, Укрземпроект, 1967.
5. Драган Н.А. Почвенные ресурсы Крыма. Научная монография. 2-е изд., доп. Симферополь: Доля, 2004. 208 с.

УДК 5995.636.4

А.А. Тиспирекова, С.Я. Павлов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СВИНОВОДЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ: СХЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Актуальность исследования. Из-за сброса недостаточно очищенных стоков свиноводческих комплексов в природные водные объекты практически повсеместно происходит загрязнение последних [1]. Применение навоза в свежем виде в качестве удобрения приводит к заражению сельскохозяйственных культур болезнетворными микробами [2]. В настоящее время на многих свиноводческих комплексах отсутствует надежное и высокопроизводительное оборудование, необходимое для переработки всего образующегося жидкого навоза. Вопрос повышения эффективности переработки жидкого свиного навоза является актуальным. Проблема еще недостаточно решена, поэтому нуждается в дальнейшей разработке [3].

Цель исследования – разработка системы сооружений для эффективной переработки свиного навоза и повышение экологической безопасности сельскохозяйственного производства путем оптимизации процессов и формирования технологий, адаптированных для климатических условий регионов Сибири.

Для достижения указанной цели представляется необходимым решение *следующих задач*:

1) анализ существующих методов переработки навоза для использования его в качестве органического удобрения;

2) определение пригодности существующих методов к реализации в условиях Сибирского региона;

3) обзор новых технологий в обработке жидких канализационных стоков;

4) обзор новых методов внесения продуктов переработки навоза на сельхозугодья, прилегающие к комплексу.

Результаты. Рассмотрена основная технологическая схема переработки свиного навоза, применяющаяся в подавляющем большинстве свиноводческих хозяйств Российской Федерации. Согласно технологии, жидкий свиной навоз со свинокомплекса транспортируется в навозохранилище, в котором происходит обеззараживание методом длительного выдерживания (12 месяцев) [4]. Полученное жидкое органическое удобрение вносится на поля (рис. 1, а). Однако, как сказано выше, эта технология не обеспечивает должного уровня защиты окружающей среды [5]. Внесение переработанного навоза на сельхозугодья возможно только в жидком виде. Это не даёт возможности утилизации и коммерческого использования излишков навоза.

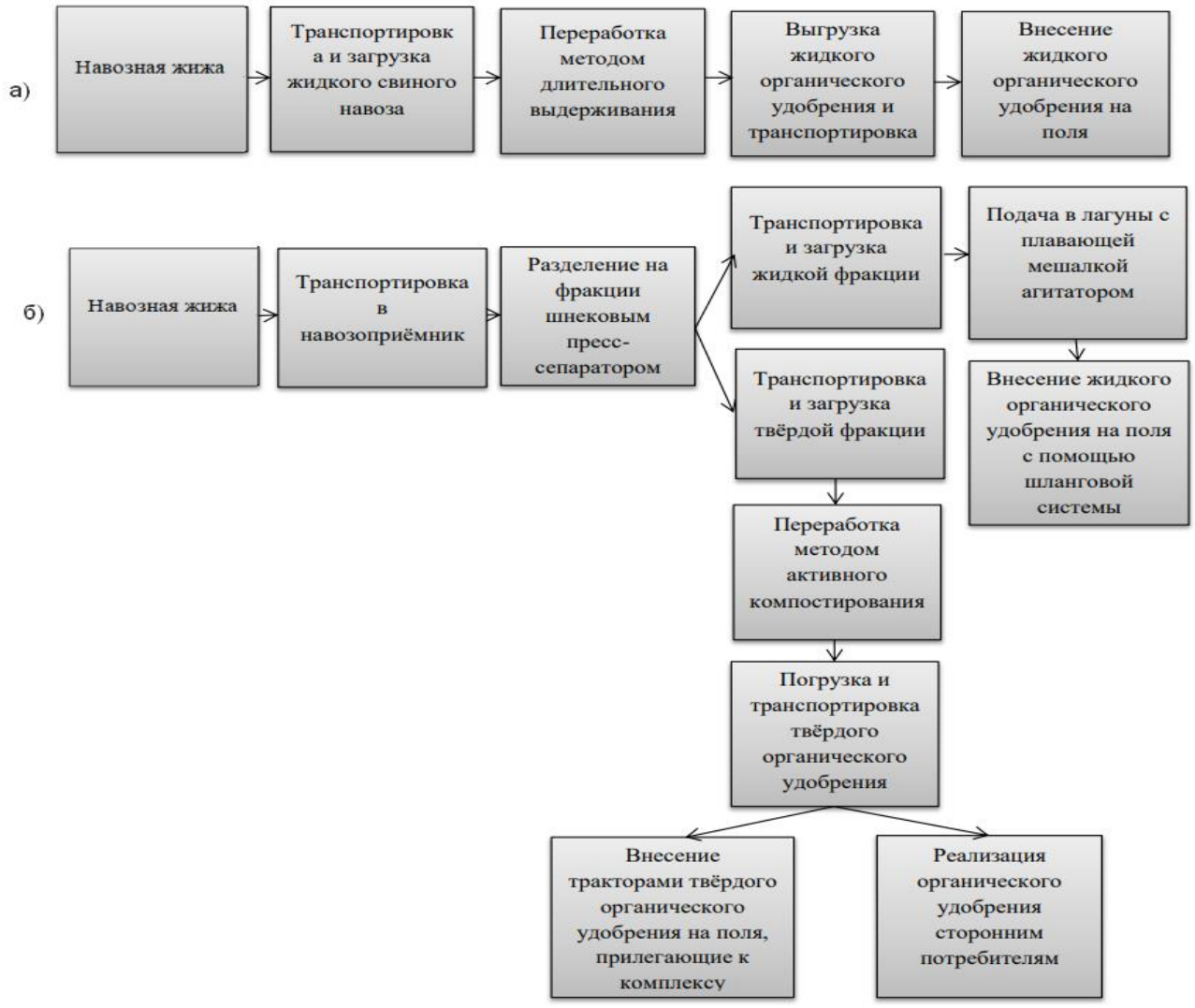


Рис. 1. Технологические схемы переработки жидкого свиного навоза:
а – стандартная схема переработки; *б* – предлагаемая схема переработки.

Недостатки существующей технологии учтены в схеме, предложенной авторами (рис. 1, *б*). Предлагается переработка навоза по двум направлениям. Жидкий навоз со свинокомплекса транспортируется к сепаратору, на котором осуществляется разделение навоза на твердую и жидкую фракции [6]. Жидкая фракция идет в лагуны, где происходит её переработка плавучими-мешалками агитаторами, обеспечивающими ускоренное окисление органических загрязнений.

При избытке жидкой фракции и необходимости её сброса в естественные водоприёмники она подлежит доочистке (на полях орошения, полях фильтрации, локальных или городских очистных сооружениях). Твердая фракция перерабатывается с помощью метода активного компостирования двумя способами:

1) активное компостирование в буртах с использованием искусственной аэрации;

2) переработка в биоферментаторе камерного и барабанного типа в течение 7 и 3 суток соответственно.

Образовавшийся продукт с низким содержанием воды вносится на поля, прилегающие к свинокомплексу, а его излишки передаются третьим лицам для реализации.

Выводы. Разработанная схема переработки представляется более безопасной для окружающей среды и коммерчески выгодной [7, 8]. Должны быть произведены дальнейшие разработки позволяющие оценить степень трансформации исходного навоза на каждом этапе его обработки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Хаммер М. Технология обработки природных и сточных вод: Пер. с англ. – М.:Стройиздат, 1979.
2. Яковлев С.В., Демидов О.В., Швецов В.Н. Очистка сточных вод предприятий агропромышленного комплекса. // Водоснабжение и санитарная техника. 1985. №7.
3. Ковалев Н.Г, Глазков И.К. Проектирование систем утилизации навоза на комплексах. М.: Агропромиздат, 1989. 160 с.
4. РД-АПК 1.10.15.02-17 Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета. М., 2017. 97 с.
5. Microbial activity in pig slurry-amended soils under semiarid conditions / C. Plaza [et al.] // Soil Biology and Biochemistry. 2004. Vol. 36. Is. 10. P. 1577–1585
6. Самоделкин А.Г., Титова В.И., Дабахова Е.В. Проблемы утилизации органических отходов на свиноводческих предприятиях промышленного типа // Агрохимический вестник. 2013. № 1. С. 31–33.
7. Arefiev N., Garmanov V., Bogdanov V., Ryabov Yu., Terleev V., Badenko V. A market approach to the evaluation of the ecological-economic damage dealt to the urban lands // In: International Scientific Conference Urban Civil Engineering and Municipal Facilities (SPbUCEMF-2015). Ser. "Procedia Engineering" 2015. P. 26–31.
8. Makarov A., Mihailova A., Arefiev N., Pavlov S., Chashchina T., Terleev V., Badenko V. Country area territory protection from flooding; construction conditions, problem definition and solution //В сб.: International Scientific Conference Urban Civil Engineering and Municipal Facilities (SPbUCEMF-2015). Сер. "Procedia Engineering" 2015. P. 225–231.

УДК 712

А.А. Богданова, Ю.В. Волкова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

УЧЕТ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТА САДА БЕНУА

Введение. В России при проектировании объектов рекреации не достаточное внимание уделяется учету микроклиматических факторов. Методики, которая дала бы рекомендации по их учету в данное время в Росси, не существует [1]. В соответствии с требованиями СП «Парки. Правила градостроительного проектирования и благоустройства»

проектирование городской территории, в том числе городского сада, необходимо осуществлять с учетом природных особенностей данной территории, чтобы обеспечить экономическую эффективность ландшафтной организации [2, 3]. В данной работе исследуется актуальная проблема применения современных методов анализа пространств с точки зрения микроклимата, которые позволяют учитывать природные особенности и получать наиболее эффективные решения при проектировании городского сада.

Цель исследования: рассмотреть применение современных методов анализа пространств по микроклиматическим характеристикам при проектировании городских территорий (городского сада).

Задачи:

1) определить критерии для оценки уровней естественного освещения и ветрового климата;

2) построить модель объекта и его окружения, произвести расчет ветровых потоков и инсоляции на территории;

3) проанализировать схемы ветрового комфорта и освещенности территории;

4) применить полученные данные при разработке проекта Сада Бенуа,

Объект исследования: Сад Бенуа, г. Санкт-Петербург.

Предмет исследования: современные методы анализа пространств по характеристикам микроклимата.

В качестве рассматриваемых параметров, которые необходимо учитывать при проектировании, в данной статье используются ветровой комфорт и инсоляция. При определения нормативных параметров для расчета ветрового комфорта авторами предлагается использовать наиболее распространенный в мировой практике нидерландский стандарт NEN 8100, который устанавливает порог дискомфорта для среднечасовой скорости ветра 5 м/с для всех видов деятельности. Стандарт определяет пять классов комфортности A-E в зависимости от вероятности превышения пороговой скорости ветра, а также предупреждает об опасностях, вызванных ветром [4, 5]. Нормируемая совокупная продолжительность инсоляции на территории жилой застройки устанавливается СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Для северной зоны (севернее 58° с.ш.) в календарный период с 22 апреля по 22 августа продолжительность инсоляции должна составлять не менее 2,5 ч, в том числе – не менее 1 ч для одного из периодов в случае прерывистой инсоляции [6].

Расчет ветровых потоков на рассматриваемой территории производится в среде Rhinoceros + Grasshopper, которая обеспечивает интеграцию с программой blueCFD-Core выступающей ядром расчета ветровых потоков. Для реализации этой связки предлагается использовать плагин Eddy3d.

Результаты. Для исследуемого объекта была построена модель территории, включающая здания и деревья. В каждой точке расчета были определены значения повторяемости ветрового режима для 12 направлений. Результат представлен на рисунке 1.

Расчет инсоляции предлагается производить при помощи плагина Ladybug, который позволяет импортировать и анализировать данные о погоде в Rhino/Grasshopper. Схема освещенности территории представлена на рисунке 2.

Из анализа фактора ветрового комфорта можно заключить следующее:

- на территории наибольшее влияние оказывают западные ветра;
- худшие классы комфортности наблюдаются на западе и северо-западе территории объекта;
- центральная зона характеризуется некомфортным продолжительным сидением на воздухе, но подходит для неспешной прогулки;
- на северо-западе присутствуют зоны S-класса – опасный.

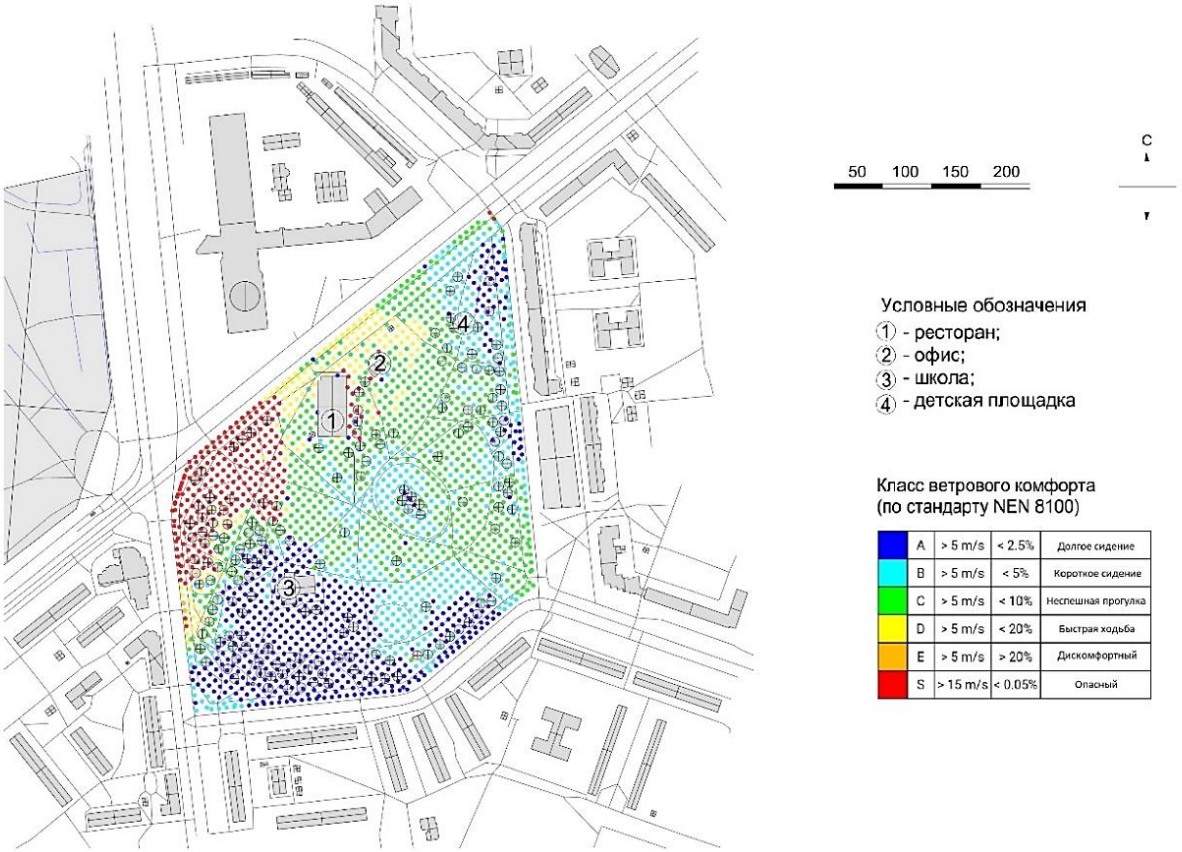


Рис. 1. Схема ветрового комфорта

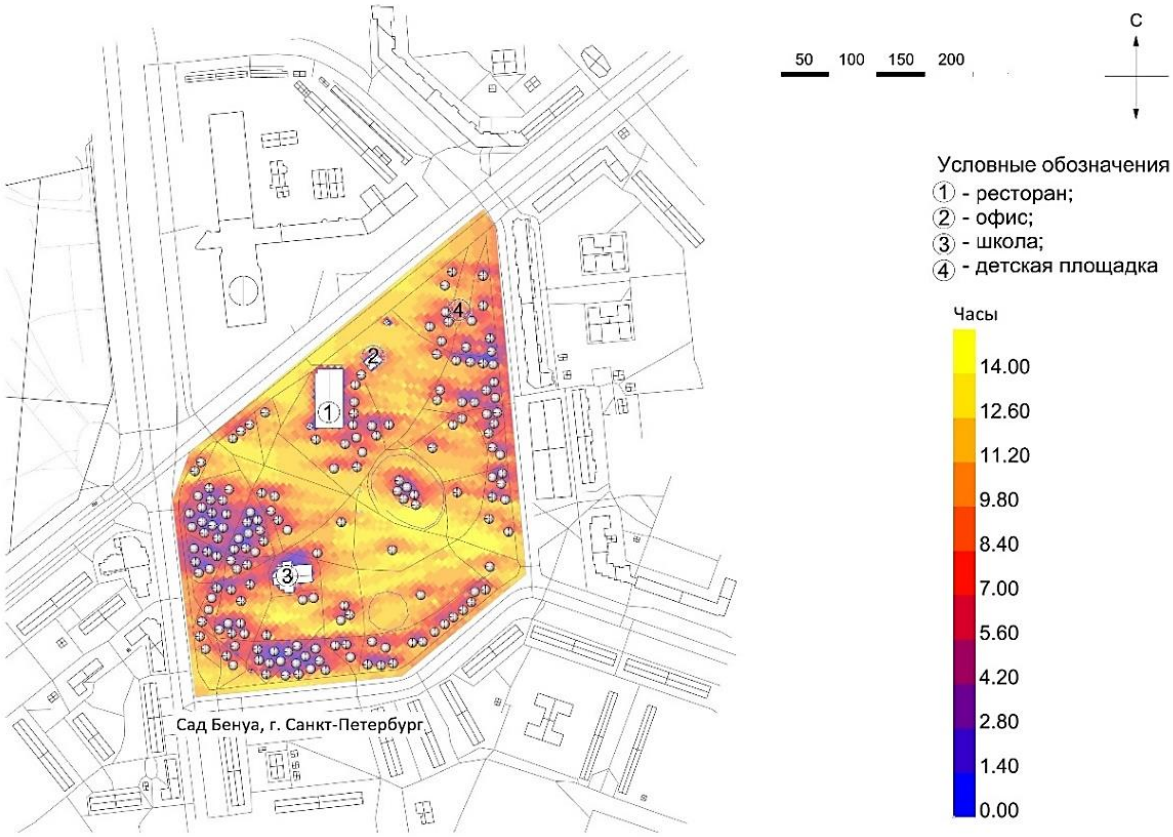


Рис. 2. Схема инсоляции

Из анализа фактора инсоляции следует, что:

- на территории объекта обеспечивается достаточное расстояние между зданиями и сооружениями, которое не препятствует соблюдению норм инсоляции;
- на детской площадке обеспечивается норма инсоляции;
- в центральной части сада наблюдаются зоны с полным отсутствием затенения вдоль пешеходных путей.

Выводы и рекомендация. Для снижения влияния ветра на территории сада рекомендуется разместить посадки деревьев и кустарников вдоль северо-западной границы сада. Альтернативным решением может быть размещение искусственных ветрозащитных насаждений. Рекомендуется посадка деревьев в центре сада вдоль пешеходных путей для рассеивания прямого солнечного света. При этом необходимо учесть требовательность различных видов растений, применяемых в проекте к условиям инсоляции.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Захарова Е.Е. Общественные пространства – новый вектор социокультурного развития территории // Урбанистика. – 2018. – №1. – С. 59–65. DOI: 10.7256/2310-8673.2018.1.25727 URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=25727.
2. СП 475.1325800.2020. Парки. Правила градостроительного проектирования и благоустройства.
3. Волкова Ю.В., Комшанова А.А. Способы защиты селитебных территорий от шума транспортных потоков // В сб.: Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. ИСИ. СПб.: Политех-Пресс, 2022. С. 261–263.
4. NEN 8100:2006. Wind comfort and wind danger in the build environment. – 2006.
5. Wind Comfort Criteria: Lawson, Davenport, and NEN 8100 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://medium.com/@SimScale/wind-comfort-criteria-lawson-davenport-and-nen-8100-3149976558d1.
6. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

УДК 681.3.016

С.Р. Абдураимов, В.В. Вечерков
ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

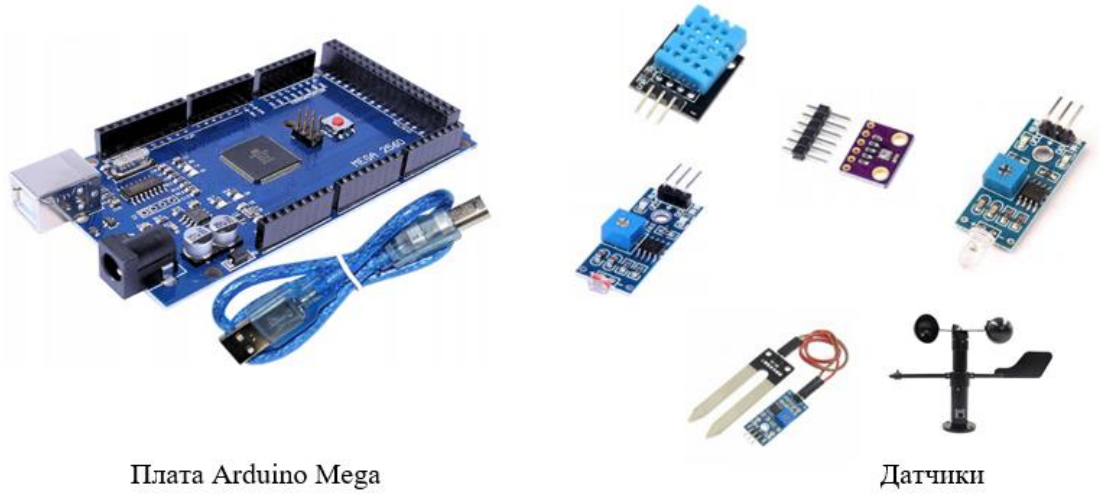
РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «МЕТЕОКОНТРОЛЬ» НА ПЛАТЕ ARDUINO

Введение. На сегодняшний момент цифровые технологии охватывают большинство сфер. В этом исключением не стало и сельское хозяйство – значимым и стратегическим для России отрасль. В настоящее время использование ИТ в сельском хозяйстве – это не только применение компьютеров. Цифровые технологии позволяют контролировать полный цикл растениеводства. Устройства измеряют и передают параметры почвы, растений, микроклимата и т.д. Все эти данные с датчиков и другой техники анализируются специальными программами. Мобильные или онлайн-приложения приходят на помощь агрономам при решении *актуальных* производственных задач: определить благоприятное время для посадки или сбора урожая, рассчитать схему удобрений, спрогнозировать урожай и многое другое [1].

Цель исследования – проектирования и разработка многофункциональной метеостанции на платформе ARDUINO [2, 3].

Проектируемая метеостанция «Метеоконтроль» на базе Arduino включает в себя в качестве основы непосредственно плату Arduino Mega, а также набор датчиков (рис. 1) для измерения климатических данных: датчик температуры и влажности DHT11; датчик

атмосферного давления BMP280; датчик температуры и влажности почвы; датчик скорости и направление ветра; датчик дождя на LM393; датчик освещенности на LM393.



Плата Arduino Mega Датчики

Рис. 1

Метеостанции позволяют работать с метеорологическими данными в текущее время, накапливать их в базы данных, способствуя оптимальному использованию земельных ресурсов [4-6]. Научно-практическая значимость проекта заключается в создании нового, ранее не создаваемого на территории Республики Крым, оборудования – метеоконтроллера на плате Arduino, передающего данные на дальние расстояния, с помощью беспроводной сети Интернета, после получения сигналов от датчиков, что обеспечивает проведение дистанционного мониторинга в сельском хозяйстве. Метеоконтроллер способен хранить получаемые данные метеопараметров в собственной памяти (хранение данных на карточке MicroSD), что также исключает потерю погодной информации.

Результат. В таблице 1 приведены измерительные параметры датчиков.

Таблица 1

Датчики	Диапазон измерения	Напряжение, *V*	Интерфейсы	Погрешность измерений
DHT22 Температура и влажность атмосферы	Влажности: 0...100%. Температуры: -40°C ..+80°C	3–6	Onewire, 1-проводной	Влажности: 2% температуры: 0,5°C
GY-BMP280-3.3 Атмосферное давление	От 300 до 1100 гПа давлении (от -500 от +9000 м над уровнем моря)	3,3	I2C (до 3,4 МГц) и SPI (3 и 4, до 10 МГц)	При 25°C: ±0,12 гПа (что эквивалентно разности высот ±1 м)
LM393 Дождь	Зона обнаружения: 40×50 мм	3–5	I2C (до 3,4 МГц) и SPI (3 и 4, до 10 МГц)	–
LM393 Освещенность	0,1…1000 Лк	3,3–5,5	I2C (до 3,4 МГц) и SPI (3 и 4, до 10 МГц)	2%
FC-28 Влажность почвы	Влажности: 0…100%	3,3–5	I2C (до 3,4 МГц) и SPI (3 и 4, до 10 МГц)	2%
Скорости и направление ветра	0…30 м/с	3–5	Onewire, 1-проводной	1%

Научно-практическая значимость проекта заключается в создании нового, ранее не создаваемого на территории Республики Крым, оборудования – метеоконтроллера на плате Arduino, передающего данные на дальние расстояния, с помощью без проводной сети интернета, после получения сигналов от датчиков, что обеспечивает проведение дистанционного мониторинга в сельском хозяйстве. Метеоконтроллер способен хранить получаемые данные метеопараметров в собственной памяти (хранение данных на карточке MicroSD), что также исключает потерю погодной информации.

Выводы. Проектируемая метеостанция на плате Arduino предполагает в себе значительно увеличенный ресурс работы 5 лет. Радиус работы 1 км. Метеостанция может длительное время работать в стационарном автоматическом режиме. На АКБ время работы составляет 3–6 мес. На солнечной панели не ограниченный срок эксплуатации. При этом она гораздо дешевле аналогов (Примерная цена сборки на АКБ составляет 10 тыс. руб., на солнечном панели – 13 тыс. руб.). Цена продажи составляет 13–18 тыс. руб.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Измайлов А.Ю., Личман Г.И., Марченко Н.М., Точное земледелие – проблемы и пути решения // Журнал «Сельскохозяйственные машины и технологии». 2010. №5. С.9–14.
2. Джерими Б. Изучаем Arduino. 2015, 336 с.
3. Саймон Монк – Программируем Arduino. 2017, 251 с.
4. Badenko V., Badenko N., Nikonorov A., Molodtsov D., Terleev V., Lednova Ju., Maslikov V. Ecological aspect of dam design for flood regulation and sustainable urban development // In: MATEC Web of Conferences. 2016. N. 03003.
5. Arefiev N., Garmanov V., Bogdanov V., Ryabov Yu., Terleev V., Badenko V. A market approach to the evaluation of the ecological-economic damage dealt to the urban lands // In: International Scientific Conference Urban Civil Engineering and Municipal Facilities (SPbUCEMF-2015). Ser. "Procedia Engineering" 2015. P. 26–31.
6. Makarov A., Mihailova A., Arefiev N., Pavlov S., Chashchina T., Terleev V., Badenko V. Country area territory protection from flooding; construction conditions, problem definition and solution // International Scientific Conference Urban Civil Engineering and Municipal Facilities (SPbUCEMF-2015). Сер. "Procedia Engineering" 2015. P. 225–231.

УДК 631.1

Ю.А. Юнчик[1], В.В. Терлеев[2]
[1] Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма
[2] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЗЕМЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА В СФЕРЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Введение. Природообустройство, определяемое как деятельность человека по отношению к природе, целью которой является достижение гармоничных отношений между ними, нуждается в проведении мероприятий, которые позволяют получать и систематизировать сведения о соблюдении лицами требований, установленных для взаимодействия лиц с элементами природы. В сфере сельского хозяйства элементами природообустройства являются земли сельскохозяйственного назначения. Федеральным законом от 16.07.1998 г. № 101-ФЗ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» [1] выделена составная часть государственного мониторинга окружающей среды – государственный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения, представляющий собой систему наблюдений, оценки и прогнозирования, направленных на получение достоверной информации о состоянии и об

использовании земель сельскохозяйственного назначения. Земельным Кодексом РФ выделены *актуальные* задачи государственного мониторинга земель, одной из которых является обеспечение органов местного самоуправления информацией о состоянии окружающей среды в части состояния земель в целях реализации полномочий данных органов в области земельных отношений, в том числе по муниципальному земельному контролю.

Под муниципальным контролем согласно Федеральному закону от 31.07.2020 г. № 248-ФЗ (ред. от 05.12.2022) «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» [2] понимается деятельность контрольных (надзорных) органов, направленная на предупреждение, выявление и пресечение нарушений обязательных требований, осуществляемая в пределах полномочий указанных органов посредством профилактики нарушений обязательных требований, оценки соблюдения гражданами и организациями обязательных требований, выявления их нарушений, принятия предусмотренных законодательством Российской Федерации мер по пресечению выявленных нарушений обязательных требований, устранению их последствий и (или) восстановлению правового положения, существовавшего до возникновения таких нарушений. Муниципальный контроль осуществляется в рамках полномочий органов местного самоуправления по решению вопросов местного значения.

Цель исследования. Рассмотреть влияние мероприятий муниципального земельного контроля на выявление и предотвращение негативных последствий для используемых в сельскохозяйственной деятельности (растениеводстве) компонентов природы, подвергающихся антропогенному преобразованию.

В Республике Крым муниципальный земельный контроль осуществлялся до 01.01.2022 г. в соответствии с Постановлением Совета министров Республики Крым от 07.07.2015 г. № 375 «О порядке осуществления муниципального земельного контроля», утратившим силу. Под муниципальным земельным контролем понимается деятельность органов местного самоуправления по контролю за соблюдением органами государственной власти, органами местного самоуправления, юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями, гражданами в отношении объектов земельных отношений требований законодательства Российской Федерации, законодательства субъекта Российской Федерации, за нарушение которых законодательством предусмотрена административная и иная ответственность. Муниципальный земельный контроль осуществляется уполномоченными органами местного самоуправления в соответствии с положением, утверждаемым представительным органом муниципального образования.

Результаты и обсуждение. Одним из объектов муниципального контроля являются объекты земельных отношений, расположенные в границах муниципального образования, в том числе – используемые в сфере сельского хозяйства земли сельскохозяйственного назначения, но основными объектами муниципального контроля являются действия (бездействие) контролируемых лиц в отношении землепользований. На территории Республики Крым особое внимание следует уделить муниципальному земельному контролю на территории прибрежных муниципальных образований, т.к. сельскохозяйственная деятельность на примыкающих к морю землях сельскохозяйственного назначения может оказывать непосредственное воздействие на водный объект – Чёрное море. В качестве примера рассмотрено муниципальное образование Черноморский район, в котором земли, отнесённые к зоне сельскохозяйственного использования, составляют 83,3 % от общей площади прибрежных поселений [3].

Согласно части 4 статьи 98 Федерального закона от 31.07.2020 г. № 248-ФЗ принято Решение 40 (внеочередного) заседания 2 созыва Черноморского районного совета Республики Крым 28 октября 2021 года № 576 «Об утверждении Положения о муниципальном земельном контроле в границах сельских поселений, входящих в состав муниципального образования

Черноморский район Республики Крым». Положением предусмотрено проведение профилактических (информирование, объявление предостережения, консультирование) и контрольных (документарная проверка, выездная проверка, рейдовый осмотр, выездное обследование) мероприятий.

Информирование осуществляется в различных формах по вопросам соблюдения обязательных требований.

Объявление предостережения используется при наличии у контрольного органа сведений о готовящихся нарушениях обязательных требований или признаках нарушения обязательных требований, а также с целью принятия мер по обеспечению соблюдения обязательных требований и устранения угрозы причинения вреда (ущерба) охраняемым законом ценностям.

Консультирование осуществляется по вопросам, связанным с организацией и осуществлением муниципального контроля в виде устных разъяснений по телефону, посредством видеоконференции, на личном приёме или в ходе проведения профилактического и контрольного мероприятий, также допускается размещение на официальном сайте письменного разъяснения по однотипным обращениям.

Контрольные мероприятия позволяют осуществлять переговоры с контролируемыми лицами, запросы документов и иных материалов, присутствие инспектора в месте осуществления деятельности контролируемого лица. Основаниями для проведения контрольных мероприятий, осуществляемых при взаимодействии с контролируемым лицом – документарной проверки, выездной проверки, рейдового осмотра, являются: поручения Президента РФ и Правительства РФ, требования прокурора, истечение срока исполнения решения контрольного органа об устранении выявленного нарушения обязательных требований. По результатам контрольных мероприятий контролирующий орган принимает соответствующие решения (выдача предписания или рекомендации, обращение в суд, запрет эксплуатации объекта контроля, направление информации в государственный орган).

Обязательные требования в отношении земель сельскохозяйственного назначения муниципального образования Черноморский район отражены в Постановлении № 226 от 15.03.2022 г. «Об утверждении формы проверочного листа (списка контрольных вопросов), применяемого при осуществлении муниципального земельного контроля в границах сельских поселений, входящих в состав муниципального образования Черноморский район Республики Крым»:

- наличие характеристик, позволяющих определить земельный участок в качестве индивидуально определённой вещи (кадастровый номер, площадь, категория земель, вид разрешённого использования и др.);
- использование земельного участка в соответствии с установленным целевым назначением, видом разрешённого использования;
- наличие у контролируемого лица правоустанавливающих документов на используемый земельный участок;
- наличие зарегистрированного права у контролируемого лица на земельный участок;
- наличие соглашения об установлении сервитута и приведение земельного участка в состояние, пригодное для его использования в соответствии с видом разрешённого использования;
- приведение земельных участков в состояние, пригодное для использования, в случае порчи или уничтожения плодородного слоя почвы;
- соответствие площади земельного участка площади, указанной в правоустанавливающих документах и сведениях ЕГРН;
- соблюдение требования об обязательности использования (освоения) земельного участка в сроки, установленные законодательством;

– соблюдение при использовании земельных участков требований экологических и иных правил, нормативов;
– проведение мероприятий по воспроизводству плодородия земель, защите земель от водной и ветровой эрозии, а также зарастания деревьями, кустарниками, сорными растениями;
– выполнение ранее выданного предписания об устранении нарушений законодательства.

Вывод. Муниципальный земельный контроль, как инструмент природообустройства, представлен мероприятиями, направленными на достижение соблюдения требований земельного законодательства посредством предотвращения нарушений путём информирования и устранения нарушений путём применения собственных решений и взаимодействия с органами государственной власти.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федеральный закон «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» от 16.07.1998 N 101-ФЗ [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19434/.
2. Федеральный закон «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» от 31.07.2020 N 248-ФЗ [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_358750/
3. Клименко К.В. Проблемы территориальной организации муниципальных образований в прибрежной зоне Черноморского района Республики Крым / К.В. Клименко, Ю.А. Юнчик // Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений: Сб. статей по материалам Всеросс. науч.-практич. конф., Краснодар, 23–24 апреля 2019 года. – Краснодар: Общество с ограниченной ответственностью «Эпомен», 2019. – С. 376–384.
4. Звонцева К.А. Некоторые проблемы осуществления земельного надзора на территории Российской Федерации / К.А. Звонцева, В.В. Терлеев // Роль молодых ученых и исследователей в решении актуальных задач АПК : Материалы международ. науч.-практич. конф., Санкт-Петербург-Пушкин, 26–28 марта 2020 года. Том Часть II. – Санкт-Петербург-Пушкин: СПбГАУ, 2020. – С. 205–207.
5. Черноморский район. Официальный портал [Электронный ресурс]. – URL: https://chero.rk.gov.ru/ru/index

УДК 631.171

Н.Г. Бойко, В.Ф. Попович, Е.А. Дунаева
ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

НЕОБХОДИМОСТЬ ПОСТРОЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Введение. При проведении и внедрении мероприятий системы земледелия необходимо учитывать почвенно-климатические условия и обеспеченность региона влагой, теплом, почвенным плодородием и др. [1, 2]. Каждая сельскохозяйственная культура требует индивидуального подхода к обработке почвы, внесению удобрений, способу сева или посадки, уходу и других агротехнических мероприятий, воздействующих на условия ее роста и развития, соответствующие свойствам и особенностям развития данной культуры [3-6]. Технологические карты в сельскохозяйственном производстве представляют собой агротехнологические и организационно-экономические мероприятия при возделывании одного или нескольких культурных растения, которые включают в себя расчет себестоимости конечной продукции [3, 4]. Процесс составления технологических карт вручную сложный и трудоемкий процесс. Поэтому особую *актуальность* имеет вопрос автоматизации и цифровизации такого процесса. Современные программные продукты позволяют существенно снизить трудоемкость планирования и дают возможность анализировать имеющуюся в хозяйстве информацию [2, 7].

Цель исследования – разработка универсальной технологической карты, доступной для загрузки онлайн и обеспечивающей анализ имеющейся в хозяйстве информации об условиях и возможностях возделывания сельскохозяйственных культур.

Результаты. Для ускорения формулирования возможных подходов к интеграции бизнес-планов с системой оценки агроклиматических рисков использованы программные возможности MS Excel, а также материалы многолетних исследований. Пример формы универсальной технологической карты, доступной для загрузки онлайн, приведен на рис. 1.

Технологическая карта № 1

Хозяйство
Год
Культура
Агрофон

Площадь, га
Норма высева, кг/га
Урожайность основной продукции, ц/га
Урожайность побочной продукции, ц/га

№ п/п	Наименование работ	Объем работ: Единицы измерения	Объем работ: Количество в физическом выражении	Объем работ: Эталонная сменная выработка	Объем работ: В условных эталонных га	Сроки проведения: период (месяц)	Сроки проведения: раб. дней	Состав агрегата: Марка трактора, комбайна, а/машины	Состав агрегата: Сельхозмашины и орудия: марка	Состав агрегата: Сельхозмашины и орудия: Кол-во	Кол-во человек для выполнения нормы: трактор-в, машин-в	Кол-во человек для выполнения нормы: прочих	Норма выработки (сменная)	Количество нормо-смен в объеме работы	Горючее: на ед. объёма работ, литры	Горючее: кол-во всего потребность: литры	Горючее: кол-во всего потребность: кг (гр.XVII * 0,85 кг/л)
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
. . .																	
28																	
29																	
30																	
Всего:																	
в том числе на 1 га :																	
в том числе на 1 усл. га :																	
													в т.ч. Механизаторов				
													в т.ч. Прочих				

Дата: 15.11.2022

Рис. 1. Пример формы технологической карты (ТК) возделывания сельскохозяйственных культур

Таблица 1 – Пример расчета ТК возделывания ярового ячменя

Наименование предприятия:
Культура: Яр.ячмень
Сорт: Сталкер
Площадь, га: 100
Предшественник: подсолнечник
Валовой сбор основной продукции, ц: 3500
Дата заполнения: 14.10.2022
Период возделывания: 2022
Урожайность, ц/га: 35
Валовой сбор побочной продукции, ц
(стоимостные показатели - в рублях)
Стоимость диз. топлива, руб/л: 59

Наименование работ	Ед. измер.	Объем работ: в физич. ед.	Объем работ: примечание	Наименование трактора, автомобиля, с/х машин и инвентаря (состав агрегата)	Норма выраб.	Оплата труда, руб.: оплата за смену: механизат	Оплата труда, руб.: оплата за смену: прочие	Оплата труда, руб.: всего с начисл	Топливо: количество, л: на единицу работы	Топливо: количество, л: на весь объем работ	Топливо: соим., руб.: всего с учет. масел	Сумма затрат, руб.: всего	Сумма затрат, руб.: на 1 га
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7,00*	*8*	*9*	*11*	*12*	*13*	*15*	*16*
Дискование(2следа)	га	200		ХТЗ-220, БДМ-4	17	1179,71		36140,76	10	2000	132160,00	168300,76	1683,01
Культивация	га	100		Т-150К, КПС-КПЭ	26	1179,71		11815,25	6,3	630	41630,40	53445,65	534,46
Погруз. удоб.	т	14,5		КАР	40	913,32	780,61	1448,22	1	15	958,16	2406,38	24,06
Внесение удобр.	га	100		ЮМЗ-6+ МВУ-900	32	1027,49	878,19	14045,32	1,1	110	7268,80	21314,12	213,14
Культивация	га	100		ХТА-220, КПСО-8	34	1179,71		9035,19	4,6	460	30396,80	39431,99	394,32
Протравка семян	т	20		ПК-5	50		1170,92	1512,34	1	20	1321,60	2833,94	28,34
Погруз.сем. и удоб.	т	22		КАР	40	913,32	780,61	2197,30	1	22	1453,76	3651,06	36,51
Транс.сем.удоб	т	22		Саз	30	1092,49		1043,11	2	44	2907,52	900,00	9,00
Погруз.сем.уд.в сеял	т	22		В ручную	16		780,61	3465,77		0	0,00	6000,00	60,00
Посев	га	100		МТЗ-82, СЗУ-5.4	25	1027,49	878,19	19849,56	3	300	19824,00	39673,56	396,74
Прикатывание	га	100		МТЗ-80, ККШ-6	35	1027,49		3822,26	1,6	160	10572,80	14395,06	143,95
Подвоз воды	м3	20		МТЗ-892, МЖТ-8	70	1027,49		764,45	3	60	3964,80	4729,25	47,29
Внесен.пестицидов	га	100		МТЗ-82, ОП-2000	60	1369,98		3329,60	0,5	50	3304,00	6633,60	66,34
Уборка	га	100		найм				390000,00	15	1500	99120,00	489120,00	4891,20
Транспортировка семян	т	350		САЗ	35	1092,49		56896,88	2,5	875	57820,00	114716,88	1147,17
Подработка семян	т	350		Завод	45		913,32	27746,66				27746,66	277,47
Стоимость удоб-й, аммоф.	руб/ц	3300	кг / га	60								198000,00	1980,00
амм. селитра	руб/ц	5430	кг / га	95								515850,00	5158,50
Стоимость СЗР	га	100	7777,22									777722,03	7777,22
Стоимость семян	руб./т	19000	380000									380000,00	3800,00
ИТОГО								583112,68		6245,5	412702,64	2866870,96	28668,71
Накладные расходы			10% от пр.затр									286687,10	2866,87
Аренда земли	руб./га		4800									480000,00	4800,00
ВСЕГО												3633558,06	36335,58

* ПРИМЕЧАНИЕ. Стоимость затрат на масла принята как 12% от стоимости топлива
Без учета затрат на амортизацию, а также на текущий ремонт и обсл. техники

На базе такого типа технологической карты проводится пооперационное планирование выращивания сельскохозяйственной культуры, определяется загрузка техники и персонала и их достаточность, а также необходимый объем ГСМ.

Вместе с тем, для определения необходимого количества удобрений под планируемую урожайность, средств защиты растений, а также финансовых средств на полный цикл возделывания и уборки культуры используется более расширенный вариант расчета технологической карты. Пример такого расчета приведен в табл. 1 (без амортизационных начислений).

Выводы. Цифровое представление ТК позволяет существенно ускорить расчет экономики возделывания и анализ эффективности выращивания отдельных сельскохозяйственных культур, в т.ч. использовать эти данные для получения экономических оценок при оценке агроклиматических рисков. При этом ТК позволяет разделить виды затрат на условно постоянные (не зависящие от величины полученного урожая) и те, которые напрямую влияют на величину потенциального урожая и взаимосвязаны с оценками агроклиматических рисков (качество семян, обеспеченность удобрениями и средствами защиты растений, наличие орошения).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Мустафаев Б.А., Какежанова З.Е., Мустафаева Н.Б. Основы земледелия. Павлодар, Кереку, 2014.
2. Лымарь А.О., Кириченко В.П., Стоковская Т.М., Верещагин Л.Н. и др. Технологические пооперационные проекты выращивания сельскохозяйственных культур на юге Украины (методические рекомендации). Министерство сельского хозяйства УССР. Николаев, 1982 г. 32 с.
3. Николаев Е.В., Изотов А.М., Тарасенко Б.А. Растениеводство Крыма. Симферополь Таврия, 2006 г.
4. Николаев Е.В., Назаренко Л.Г., Мельников М.М. Крымское полеводство. Симферополь Таврида, 1998 г.
5. Половицкий И.Я., Гусев П.Г. Почвы Крыма и повышение их плодородия. Справочное издание. Симферополь Таврия, 1987 г.
6. Полуэктов Р.А., Терлеев В.В. Компьютерная модель динамики содержания азота в корнеобитаемом слое почвы // Агрохимия. 2010. № 10. С. 68–74.
7. Воробьев С.А. Земледелие. Москва, 1991 г.

УДК 631.9:528:88

Я.А. Филина, В.В. Вечерков, Е.А. Дунаева
ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

ГИС-ПРОЕКТ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ И КАЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ И КУЛЬТУР РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

Введение. В Республике Крым, как и у ряда субъектов России, большую долю земель составляют земли сельскохозяйственного назначения [1]. В то же время территория Крыма относятся к регионам с рискованным земледелием [2], поэтому управление сельскохозяйственным производством должно быть основано на объективных данных о состоянии сельскохозяйственных культур, урожайности и валовых сборах с учётом климатических особенностей региона [3, 4].

Цель исследования – разработка проекта в географической информационной системе с открытым исходным кодом для оценки потенциала земельных ресурсов, оценки состояния и прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур Республики Крым.

Результаты. ГИС-проект реализован в программном продукте QGIS 3. Растровой подложкой являются карты Google и Yandex, различные тематические карты Крыма, а также данные дистанционного зондирования Земли, в частности – спутниковые снимки космических

аппаратов Landsat 8, 9 и Sentinel-2. Также в ГИС-проекте используются материалы Интернет-ресурсов и данные автоматизированных метеостанций. Непосредственно оцифровка привязанных растров осуществлена в программе QGIS 3, полученные карты проверены на наличие ошибок несколькими различными способами и откорректированы.

ГИС-проект имеет блочно-тематическую структуру и включает в себя пять основных блоков.

Блок 1 отражает политические и административные границы.

Блок 2 (состояние полей) предусматривает анализ хозяйственных условий территории. Создание блока проведено на основе карт Google и Yandex, спутниковых снимков высокого разрешения (Landsat 8, 9 и Sentinel-2), почвенных картах (листы L–36–XVI, L–36–XVII, L–36–XXI, L–36–XXII, L–36–XXIII, L–36–XXIV, L–37–XIX, L–36–XXVIII, L–36–XXIX, L–36–XXX, L–37–XXV, L–36–XXXIV, L–36–XXXV) и результатах агрохимических исследований. Здесь отображаются:

- границы полей, атрибутивная таблица которых включает в себя следующие показатели: номер поля, код вида земель и его расшифровку, площадь поля (га);
- земли под паром: номер поля, площадь поля (га) на YYYY (конкретный год);
- земли под яровыми культурами: номер поля, площадь поля (га) на YYYY (конкретный год);
- земли под озимыми культурами: номер поля, площадь поля (га) на YYYY (конкретный год);
- почвы: тип почвы, гранулометрический состав почвы, степень засоления почвы, код почвы и его расшифровка, смытые почвы, солонцы;
- агрохимические характеристики почвы: номер поля, площадь (га), электрическая проводимость (mms), pH, содержание азота (мг/100 г почвы), фосфора (мг/100 г почвы), калия (мг/100 г почвы) и гумуса (%) [5-7].

За пятилетний период с момента векторизации земель Республики Крым выявлены несоответствия с закономерностями пространственного размещения сельскохозяйственных земель, а также новые введённые в оборот земли. В течение года планируются работы по актуализации ресурсной базы по состоянию на 01.01.2023 г.

Блок 3 (состояние растительности) отражает состояние сельскохозяйственных культур по территории исследования, которое определяется на основе спутниковых снимков, а также наземных измерений (с использованием ручного датчика Trimble GreenSeeker Handheld (только для NDVI)). Здесь представлены следующие вегетационные индексы (по годам):

- нормализованный относительный индекс растительности (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI): NDVI = (NIR – RED) / (NIR + RED);
- зелёно-красный индекс растительности (Green-Red Vegetation Index – GRVI): GRVI = (GREEN – RED) / (GREEN + RED);
- зелёный нормализованный относительный индекс растительности (Green Normalized Difference Vegetation Index – GNDVI): GNDVI = (NIR – GREEN) / (NIR + GREEN);
- относительный индекс растительности (Difference Vegetation Index – DVI): DVI = NIR – RED;
- зелёный относительный индекс растительности (Green Difference Vegetation Index – GDVI): GDVI = NIR – GREEN;
- вегетационный индекс хлорофилла (CVI): CVI = (NIR / GREEN) × (RED / GREEN);
- нормализованный разностный водный индекс (Normalized Difference Water Index – NDWI): NDWI = (NIR– SWIR) / (NIR + SWIR).

Также с помощью вегетационных индексов можно отслеживать сезонные изменения, выявить участки с угнетающей или сорной растительностью, тем самым сохранить урожай или повысить урожайность культур [1, 8].

Блок 4 (метеорологические данные) отражает расположение метеостанций и метеопостов с метеорологическими данными. Здесь представлены следующие показатели:

- температура воздуха средняя, минимальная и максимальная, °С;
- осадки, мм;
- направление и скорость ветра, м/с;
- точка росы, °С;
- влажность воздуха средняя, минимальная и максимальная, %;
- влажность, %;
- температура почвы °С.

Данные о метеоусловиях получены со стационарных метеостанций, метеопостов региона, а также спутниковых снимков (за период). Совместный анализ метеорологических данных даёт оценку климатической характеристики районов и региона в целом.

Блок 5 (прогнозирование): информационное наполнение данного блока находится в стадии разработки.

Вывод. Собранные данные структурированы в гео-пространственные базы данных и представленные в виде ГИС-проекта: это существенно облегчает реализацию оценки состояния сельскохозяйственных земель и культур, а также способствует рациональному использованию земель региона.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Филина Я.А., Дунаева Е.А., Денисов П.В. Оценка состояния озимых зерновых культур по Республике Крым с помощью сервиса ВЕГА // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли : Материалы IX Международной научной конференции, Красноярск, 13–16 сентября 2022 года / Науч. ред. Е.А. Ваганов, отв. ред. Г.М. Цибульский. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2022. – С. 307–310.
2. Попович В.Ф., Дунаева Е.А. Применение стандартизированного индекса осадков для оценки водообеспеченности территории района // Аграрный вестник Урала. – 2018. – № 6. – С. 36–43.
3. Пьянков С.В., Калинин Н.А., Свиязов Е.М., Смирнова А.А., Некрасов И.Б. Мониторинг состояния сельскохозяйственных культур в Пермском крае по данным дистанционного зондирования земли // Вестник ПГУ. Биология. – 2009. – № 10. – С. 147–153.
4. Дунаева Е.А., Головастова Е.С., Елкина Е.С., Вечерков В.В. Перспективы использования данных дистанционного зондирования для оценки вероятности наступления засушливых условий // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки : Материалы IV международной научно-практической конференции, Ялта, 09–13 сентября 2019 года / Науч. ред. В.С. Паштецкий. – Ялта: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2019. – С. 320–322. – DOI 10.33952/09.09.2019.161.
5. Терлеев В.В. Математическое моделирование в почвенно-гидрологических и агрохимических исследованиях Учебное пособие. Санкт-Петербург, 2005. Том Выпуск 7 Математика в политехническом университете. 104 с.
6. Терлеев В.В. Моделирование обмена, переноса и поглощения фосфора и калия в корнеобитаемом слое почвы. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Санкт-Петербург. АФИ. 2001. 40 с.
7. Полуэктов Р.А., Терлеев В.В. Компьютерная модель динамики содержания азота в корнеобитаемом слое почвы // Агрохимия. 2010. № 10. С. 68–74.
8. Вечерков В.В., Филина Я.А., Дунаева Е.А. Оценка состояния посевов с использованием беспилотного воздушного судна и данных дистанционного зондирования земли // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли : Материалы VIII Международной научной конференции; электронное научное издание, Красноярск, 14–17 сентября 2021 года / Науч. ред. Е.А. Ваганов, отв. ред. Г.М. Цибульский. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2021. – С. 13–16.

УДК 631.432

Н.С. Смирнов[1], В.В. Терлеев[1], К.Г. Моисеев[2], В.А. Лазарев[1], Е.А. Дунаева[3]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2]Агрофизический научно-исследовательский институт
[3]ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

ФИЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВЫ

Введение. Почва представляет собой сложное тело, состоящее из трех фаз: твердой, жидкой и газообразной. Влагосодержание почвы зависит от энергетического состояния почвенной влаги (матричный потенциал влаги). В настоящее время в литературе представлено множество различных подходов к математическому моделированию водоудерживающей способности почвы (water-retention capacity, WRC) в форме функциональной зависимости объемной влажности почвы от матричного потенциала влаги. WRC-модели успешно применяются, например, для вычисления прецизионных норм орошения в точном ирригационном земледелии, а также для расчета динамики почвенной влаги при прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур [1].

Цель работы – определение физических свойств почвы для разработки и верификации WRC-моделей.

Объекты и методы. В качестве объекта исследования выбраны образцы чернозема южного слабогумусированного, пылевато-глинистого суглинка на лессовидных породах (Клепининское сельское поселение Красногвардейского района, ФГБУН «НИИСХ Крыма», координаты 45°32'17.92"С 34°11'42.33"В), отобранных из четырех генетических горизонтов одного профиля в трехкратной повторности с глубин 0–80 см.

В ходе полевых исследований почвенного профиля были выявлены следующие морфологические признаки [2]:

1) строение почвенного профиля;
2) мощность профиля почвы и его генетических горизонтов;
3) сложение почвы и структура;
4) окраска горизонтов;
5) новообразования и включения;
6) мощность горизонтов, характер перехода в нижележащий горизонт и форма границы.

Для исследования выбраны физические показатели почвы, обусловленные потребностями используемых моделей: плотность сложения (объемная масса сухой почвы); плотность твердой фазы почвы (удельный вес элементарных почвенных частиц); гигроскопическая влажность почвы и коэффициент гигроскопической влажности почвы; гранулометрический и агрегатный состав почвы. Для определения отмеченных показателей использованы общеизвестные лабораторные методы исследования физических свойств почвы [2–4].

Определение плотности сложения почвы производится согласно методике, изложенной в руководстве [3], а также в ГОСТ 20915-75.

Методика определение гигроскопической влажности почвы изложена в ГОСТ 28268-89.

Определение плотности твердой фазы пикнометрическим методом выполняется по методикам [3, 4].

Методика определения гранулометрического состава почвы изложена в ГОСТ 12536-2014.

Определение агрегатного состава осуществляется согласно методике, описанной в [3].

Результаты. В ходе лабораторных исследований получены результаты, которые представлены в таблицах 1–3.

Таблица 1 – Физические показатели почвы

№ горизонта	Плотность сложения γ, г/см^3	Общая пористость, %	Плотность твердой фазы, г/см^3	ГВ, %*	Кгв, %**
1	1,6	44,03	2,68	7,42	0,93
2	1,65	42,31	2,86	5,66	0,95
3	1,72	42,65	2,72	4,60	0,96
4	1,56	41,79	2,68	3,82	0,96

*ГВ – гигроскопическая влажность

**Кгв – коэффициент гигроскопической влажности

Таблица 2 – Гранулометрический состав почвы

№ горизонта	Глубина отбора от – до (см)	Процентное содержание фракций гранулометрического состава. Эффективный диаметр элементарных почвенных частиц, мм												Сумма фракций, %
		>10	10,0–5,0	5,0–2,0	2,0–1,0	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	
1	10-20	0,0	0,0	0,0	0,05	0,05	0,2	0,4	6,7	26,8	11,2	29,4	24,3	99,0
2	30-40	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,2	6,6	31,2	6,7	20,6	34,1	99,6
3	40-50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	24,6	28,2	6,7	14,5	25,0	99,5
4	70-80	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	18,6	32,8	13,7	16,5	17,6	99,6

Таблица 3 – Агрегатный состав почвы

№ горизонта	>10мм	5–10 мм	3–5 мм	1–3 мм	0,5–1 мм	0,25–0,5 мм	<0,25 мм	сумма %
1	43,4	30,8	9,9	8,2	3,8	2,2	1,7	100,0
2	52,7	31,3	5,5	6,3	1,9	0,9	1,4	100,0
3	67,3	19,8	4,6	3,9	1,9	1,1	1,5	100,0
4	34,09	30,05	10,9	9,46	4,45	3,40	7,65	100,0

Выводы. С использованием данных прямых измерений, полученных в условиях лабораторного исследования отобранных образцов, определены важнейшие показатели физических свойств чернозема южного слабогумусированного, пылевато-глинистого суглинка на лессовидных породах (Клепининское сельское поселение Красногвардейского района, ФГБУН «НИИСХ Крыма», координаты 45°32'17.92"С 34°11'42.33"В). В дальнейшем эти показатели использованы для построения и верификации WRC-моделей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Моисеев К.Г., Гиневский Р.С., Лазарев В.А. Три системы почвенно-гидрофизических функций с общими наборами параметров: верификация и сравнение на примере глинистой, суглинистой и песчаной почв // Агрофизика. – 2018. – № 2. С. 52–61.

2. Моисеев К.Г. Мониторинг агрофизических свойств пахотных почв Северо-Рапада России. Saarbrucken, 2012. С.74

3. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 486с

4. Растворова О.Г. Физика почв. Ленинград: ЛГУ, 1983. – 195 с.

УДК 631.432

Н.С. Смирнов[1], К.Г. Моисеев[2], В.А. Лазарев[1], Е.А. Дунаева[3]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2]Агрофизический научно-исследовательский институт
[3]ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПО РОССИЙСКОЙ И МЕЖДУНАРОДНОЙ КЛАССИФИКАЦИЯМ МЕХАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЧВЫ

Введение. Современные научные исследования не ограничиваются отечественными методиками. С учетом этого факта нередко приходится приводить данные, полученные по отечественным методикам, к международным образцам и классификациям, что обеспечивает упорядочивание мировых научных знаний и возможность сравнения аналогов. Например, переход на зарубежные классификации гранулометрического состава почв (грунтов) позволяет проводить сравнительный анализ результатов моделирования гидрофизических свойств почв (грунтов). К числу таких свойств относятся, прежде всего, – водоудерживающая способность (с учетом гистерезиса) и гидравлическая проводимость почв (грунтов) [1-6].

Целью данной работы является исследование возможности перехода от отечественной классификации гранулометрического состава почв по Н.А. Качинскому (1965) к международной классификации по IUSS Working Group WRB (2015) USDA (Департамент сельского хозяйства США).

Объекты и методы. В качестве объекта исследования выбраны образцы чернозема южного слабогумусированного, пылевато-глинистого суглинка на лессовидных породах, отобранные из четырех генетических горизонтов одного профиля почвы в трехкратной повторности на опытном участке ФГБУН «НИИСХ Крыма» в Клепининском сельском поселении (координаты 45°32'17.92"С 34°11'42.33"В).

Определение гранулометрического состава, плотности сложения, плотности твёрдой фазы почвенных образцов проведено согласно общепринятым методикам, в соответствующих руководствах [7–9] и ГОСТ 20915-75, ГОСТ 5180-84. Методика определения гигроскопической влажности почвы изложена в ГОСТ 5180-84 и ГОСТ 28268-89.

Результаты и обсуждение. Гранулометрический состав исследуемой почвы для сравнительного анализа идентифицирован по двум классификациям: Н.А. Качинского (1965) и IUSS Working Group WRB (2015) и USDA. Для перевода данных, полученных по классификации Н.А. Качинского, в данные по международной классификации USDA была применена линейная интерполяция, предложенная Е.В. Шеиным (2009), который показал физическую и статистическую основу для такого перевода [10]:

$$\Phi_{<0.002} = 0{,}57\Phi_{<0.001} + 0{,}43\Phi_{<0.005}; \quad (1)$$

$$\Phi_{<0.002} = 1{,}148 + 0{,}43\Phi_{<0.005} + 0{,}53\Phi_{<0.001}. \quad (2)$$

Полученные данные анализа гранулометрического состава почв представлены при помощи треугольников Ферре на рис. 1. На этих треугольниках красными полыми точками обозначен грансостав исследованных образцов почвы. В результате было выявлено существенное различие между сравниваемыми классификациями при определении разновидностей почв по грансоставу.

Это различие заключается в том, что по классификации Н.А. Качинского исследуемые почвенные образцы относятся к глинистым почвам, а по международной классификации IUSS Working Group WRB (2015) USDA эти образцы относятся к суглинкам и пылевато-глинистым суглинкам. Иными словами, выявлены существенные различия между результатами при использовании двух сравниваемых классификаций, что может повлечь к дальнейшим неточностям при оценке гидрофизических свойств почвы. По мнению авторов, наиболее

перспективный подход к переводу результатов из одной классификации в другую должен опираться на кумулятивную кривую логнормального распределения вероятностей по значениям эффективного радиуса элементарных почвенных частиц почвы (грунта).

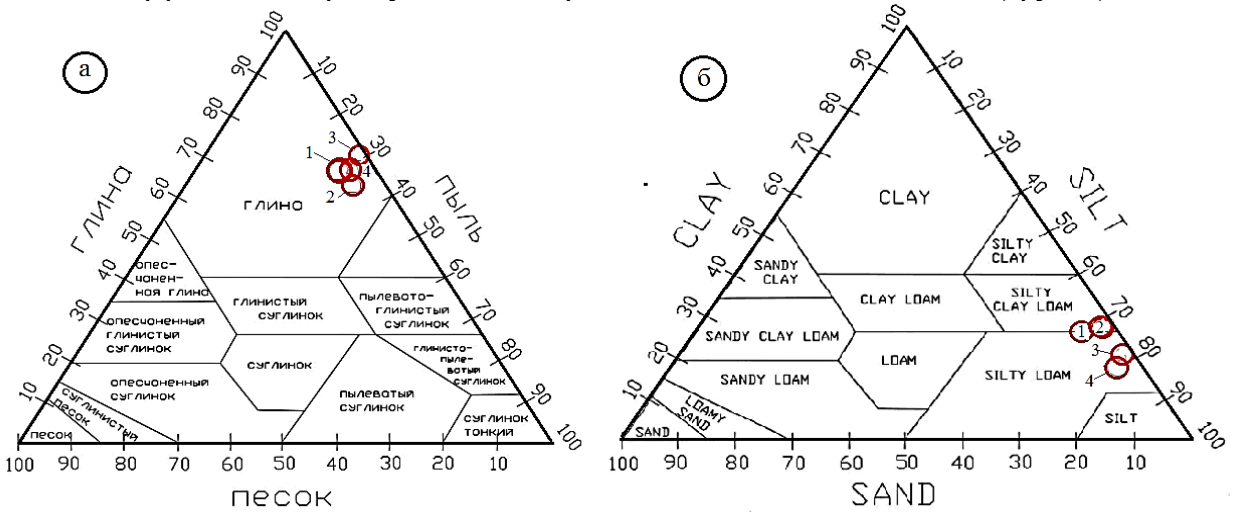


Рис. 1. Оценка гранулометрического состава почвы треугольником Ферре:
а – по классификации гранулометрических элементов Качинского Н.А.;
б – по классификации IUSS Working Group WRB (2015) и USDA

Вывод. При переводе данных гранулометрического анализа по классификации Н.А. Качинского в данные по международной классификации IUSS Working Group WRB (2015) USDA требуется учет поправок на различие в методиках измерений. Для унификации результатов измерения необходимо опираться на общепринятые стандарты физики почвы и грунтов (например, логнормальный закон распределения элементарных почвенных частиц или механических элементов по размерам) и соблюдать единообразие лабораторных методик.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Миршель В., Гурин П.Д. Моделирование водоудерживающей способности почвы на основе представлений о капиллярном гистерезисе и логнормальном распределении пор по размерам: теория // Агрофизика. 2014. № 1. С. 9–19.
2. Полуэктов Р.А., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности и дифференциальной влагоемкости почвы // Метеорология и гидрология. 2002. № 11. С. 93–100.
3. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Использование логнормального распределения эффективных радиусов почвенных капилляров для моделирования водоудерживающей способности почвы // В сб.: XL Неделя науки СПбГПУ. 2011. С. 319–321.
4. Банкин М.П., Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Автоматизированная система определения влагопроводности почв // Научно-технический бюллетень по агрономической физике. 1988. Т. 72. С. 33–36.
5. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Гурин П.Д. Программа "HYSTERESIS" для расчета сорбционных и десорбционных ветвей петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы // В сб.: Материалы научной сессии по Агрофизического института. СПб.: АФИ, 2013. С. 161–166.
6. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с учетом гистерезиса // В сб.: Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата. СПб., 2012. С. 497–501.
7. Моисеев К.Г. Мониторинг агрофизических свойств пахотных почв северо-запада России. Saarbrucken, 2012. С. 74
8. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 486 с.
9. Растворова О.Г. Физика почв. Ленинград: ЛГУ, 1983. 195 с.
10. Гаврилов Д.А. Использование R для классификации гранулометрических классов почв и построения диаграммы Ферре // Почвы и окружающая среда. 2021. Том 4. № 1. e136. doi: 10.31251/pos.v4i1.136.

УДК 631.432

К.Г. Моисеев[1], В.А. Лазарев[2], В.В. Гарманов[3]
[1]Агрофизический научно-исследовательский институт
[2]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[3]Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ ПОЧВЫ

Введение. Фрактальное моделирование становится все более популярным в различных областях науки и, в частности, – в гидрофизике почв в качестве инструментария для характеристики различных свойств пористых сред и априорного построения кривых водоудерживающей способности почвы (грунта) [1–3]. Существенной чертой, общей для каждой фрактальной модели, является масштабная инвариантность, то есть рассматриваемая структура состоит из частей, которые похожи на целое (самоподобны или автомодельны). Примерами могут служить известные модели пористой среды: «губка» Менгера или «ковер» Серпинского. Обычно самоподобные почвенные структуры моделируют «губкой» Менгера. Фрактальная размерность идеальной модели почвенной структуры («губки» Менгера) хорошо известна: она равна 2,73. Однако без точной оценки основной характеристики фрактальных пористых сред (фрактальной размерности D) моделирование становится менее точным, а часто бесполезным.

Цель работы: на примере конкретной разновидности почвы по гранулометрическому составу рассмотреть особенности алгоритма расчета D многомасштабных пористых сред, в частности, – фрактальной модели, называемой PSF-M.

Объекты и методы. В качестве объекта исследования используются образцы чернозема южного слабогумусированного, пылевато-глинистого суглинка на лессовидных породах, отобранный в Клепининском сельском поселении Красногвардейского района ФГБУН «НИИСХ Крыма». Отбор образцов осуществлен из четырех генетических горизонтов одного профиля почвы в трехкратной повторности с глубин 0–80 см.

В PSF модели структуры почвы основными параметрами являются: линейный размер куба – L (единица объёма); Эвклидова размерность куба (E = 3), n – инициатор. Линейный размер L/n. Сумма кластеров в единице объема – N определяется как отношение: $N(L/n)^E = L^E$ или $N = n^E$, учитывается количество твердых частиц – s (solid), пор – p (pore) и фрактальные (фрагментированные) кластеры f (fractal). Единица объема самоподобной структуры равна сумме $s+p+f$ = 1 и рассматривается как полная вероятность заполнения объема. Отсюда вероятность фрагментации равна f = 1-($s+p$).

Напомним, что фрактальная размерность единицы объема рассчитывается по формуле [4–6]:

$$D = E + \frac{\lg f}{\lg n}, \qquad (1)$$

где lg$f$ – десятичный логарифм вероятности фрагментации; lg$n$ – десятичный логарифм инициатора. Особенности расчета D заключаются в величине инициатора для реальных объектов. Необходимо учитывать итерационный шаг. Вероятность фрагментации на i-м шаге итерации почвы определяется по формуле: $f_i = (L/n^i)^{E-D}$ i= 1;2;3…∞.

Пористость почвы фрактальной модели PSF составляет: $\frac{p}{s+p}\cdot(1-f_i)$. Однако следует помнить, что если $i \to \infty$, то $f_i \to 0$ и $D \to E$. В общем случае, на i-м итерационном шаге:

$$D = E + \frac{\lg f_i}{\lg n^i}. \qquad (2)$$

Следует отметить, что весьма важным является размер инициатора. Можно предположить, что наиболее удобно использовать величину n = 100, пропорциональную сумме агрегатных распределений, выражаемой через 100%.

Результаты. Агрегатный состав образцов взятой к исследованию почвы представлен в таблице 1.

При вычислении вероятности фрагментации почвы по модели PSF необходимо учитывать данные гранулометрического анализа почв, вводя соответствующие поправки. Особенно такая процедура необходима для легких почв супесчаного – песчаного гранулометрического состава, где в процентном соотношении велика доля фракций песка. Для данной почвы такие поправки составили несущественную величину и не учитывались. Параметры, необходимые для расчета фрактальной размерности почвы, представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Агрегатный состав почвы

Эффективный диаметр, мм	Глубина взятия образцов почвы		
	10–20 см	30–40 см	70–80 см
	Процентное содержание фракций		
>10	43,36	52,66	34,09
5–10	30,85	31,29	30,04
3–5	9,89	5,49	10,9
1–3	8,19	6,26	9,46
0,5–1	3,82	1,93	4,45
0,25–0,5	2,16	0,93	3,40
<0,25	1,74	1,43	7,65
сумма%	100,00	100,00	99,99

Таблица 2 – Параметры фрактальной модели PSF исследуемой почвы

Образец	f_i	s	p	n	D
10–20 см	0,54	0,06	0,40	100	2,87
30–40 см	0,46	0,12	0,42	100	2,83
70–80 см	0,58	–	0,42	100	2,88

Выводы. Определение фрактальной размерности почвы представляет собой трудоемкий процесс. Этот процесс характеризуется до определенной степени неопределенностью по отношению к фрактальному моделированию гидрофизических свойств почвы. При вычислении фрактальной размерности важным является размер инициатора, некорректный выбор может приводить к погрешностям определения фрактальной размерности порового пространства реального объекта. Тем не менее, фрактальная модель почвы PSF наиболее точно (из всех известных моделей почвенной структуры) позволяет рассчитывать топологию порового пространства почвы и имеет большие перспективы для дальнейшего применения в гидрофизических расчетах, в том числе – расчетах водоудерживающей способности почвы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Полуэктов Р.А., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности и дифференциальной влагоемкости почвы // Метеорология и гидрология. 2002. № 11. С. 93–100.
2. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Использование логнормального распределения эффективных радиусов почвенных капилляров для моделирования водоудерживающей способности почвы // В сб.: XL Неделя науки СПбГПУ. 2011. С. 319–321.
3. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с учетом гистерезиса // В сб.: Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата. Санкт-Петербург, 2012. С. 497–501.

4. Perrier E, Bird N, Rieu M. Generalizing the fractal model of soil structure: the pore–solid fractal approach// Geoderma – 1999. – No.88. – P. 137–164
5. Гончаров В.Д. Влияние характера землепользования на структуру обыкновенного чернозема и параметры ее фрактальных моделей. Автореф. дис. кан. техн. наук. Санкт-Петербург. 2004. С. 25
6. Моисеев К.Г., Терлеев В.В. Моделирование структуры капиллярно-пористой среды и вычисление дифференциальной пористости почвы // Агрофизика. 2017. № 3. С. 43–56.

УДК 631.432

К.Г. Моисеев[1], Н.С. Смирнов[2], В.В. Терлеев[2,3], В.В. Гарманов[3]
[1]Агрофизический научно-исследовательский институт
[2]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[3]Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ОПИСАНИЕ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФРАКТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ

Введение. Водоудерживающая способность почвы как капиллярно-пористой среды является важнейшим гидрофизическим свойством, широко применяющимся для расчетов норм орошения в ирригационном земледелии и в гидротехническом (гидромелиоративном) строительстве.

Задача данного исследования – моделирование ветви иссушения кривой водоудерживающей способности почвы на основе вычислительной процедуры модифицированной фрактальной модели порового пространства почвы, называемой Pore Solid Fractal Modification (PSF-M) [1-3].

Данные о водоудерживающей способности почвы используются для моделирования динамики почвенной влаги, а также для решения проблемы гистерезиса гидрофизических свойств почвы и оцениванию коэффициентов почвенно-гидрофизических функций.

Объекты и методы. В качестве объекта исследования выбраны образцы чернозема южного слабогумусированного, пылевато-глинистого суглинка на лессовидных породах (Клепининское сельское поселение Красногвардейского района ФГБУН «НИИСХ Крыма»). Образцы отобраны из четырех генетических горизонтов одного профиля почвы в трехкратной повторности с глубин до 80 см.

Во фрактальных моделях основным параметром для расчетов порового пространства почвы и физических процессов, протекающих в этом пространстве, является размерность Хаусдорфа (обозначается D). Фрактальная размерность D (с точки зрения топологии) – это степень заполнения пространства, распределения по единице объема некоторых основных элементов текстуры и структуры почвы (например, твердых частиц, агрегатов и почвенных пор). В модели PSF-M структуры почвы учитываются твердые частицы (s), поры (p) и фрактальные (фрагментированные) области f.

Фрактальная размерность единицы объема почвы рассчитывается по формуле [4-6]:

$$D = E + \frac{\lg f}{\lg n}. \qquad (1)$$

В формуле (1) $\lg f$ – десятичный логарифм вероятности фрагментации; $\lg n$ – десятичный логарифм масштабного фактора [1, 3]. Действительная фрактальная размерность почвы вычисляется на основе распределения почвенных агрегатов по размерам (агрегатный анализ), а также данных о гранулометрическом составе, плотности сложения и плотности твердой фазы почвы [1, 4, 6]. Физические параметры состава и сложения почвы определяются на основе методик, изложенных в соответствующих общепринятых руководствах [7].

Алгоритм расчета модели PSF-M сводится к следующему:

1. Экспериментально определяется любая точка на кривой водоудерживающей способности почвы (ветви десорбции или адсорбции почвенной влаги).

2. Вычисляется величина D_f по данным агрегатного анализа почвы.

3. Применяется вычислительная процедура модели PSF-M к расчетам давления почвенной влаги при задаваемых исследователем значениях влажности почв. Вычислительная процедура модели определена следующим соотношением [1, 3, 5, 6]:

$$\phi = \phi_0 \cdot ((\theta_0/\theta)^{\frac{1}{3-D}}). \quad (2)$$

В соотношении (2)З θ_0 – экспериментально определенное значение объемной влажности почвы: обычно это значение принимается равным почвенно-гидрологической константе – наименьшей влагоемкости почвы (НВ). Величина НВ определяется, например, методом керамической пластины с последующей сушкой почвы до постоянного веса термостатно-весовым методом при 105ºС.

Результаты и обсуждение. При реализации вычислительной процедуры модели PSF-M за нулевые значения приняты: значение объемной влажности почвы (θ_0) – наименьшая влагоемкость; а также соответствующая константе НВ величина потенциала влаги (φ_0), равная 330 см вод. ст. (pF = 2,52). Некоторые необходимые при расчетах топологические и физические параметры почвы представлены в таблице 1. В таблице 2 представлены результаты расчета кривых водоудерживающей способности образцов почвы, отобранных для исследования.

Таблица 1 – Параметры, используемые для расчета давления влаги по фрактальной модели (pF-десятичный логарифм давления влаги, измеренного в см вод. ст.)

№	Глубина отбора проб почвы, см	Объемная влажность почвы в точке φ_0 (pF = 2,52) θ_0, %	Общая пористость, %	*Df*	n = 1/(3-*D*)
1	10–20	62,96	40,30	2,87	7,69
2	30–40	61,45	42,31	2,83	5,88
3	40–60	62,30	36,76	2,75	4,00
4	70–80	56,44	41,79	2,88	8,33

Таблица 2 – Рассчитанные по модели PSF-M кривые водоудерживающей способности исследуемых почвенных образцов (pF-десятичный логарифм давления влаги, измеренного в см вод. ст.)

Θ, % / №	100	65	НВ	58	48	37	28
	Давление почвенной влаги, pF						
1	0,97	2,41	2,52	2,79	3,42	4,29	5,23
2	1,52	2,62	2,52	2,91	3,39	4,06	4,77
3	1,76	2,51	2,52	2,71	3,04	3,49	3,98
4	0,45	2,01	2,52	2,42	3,10	4,05	5,06

Выводы. Определение фрактальной размерности почвы является наиболее трудоемкой операцией при фрактальном моделирования водоудерживающей способности почвы. Фрактальная модель строения почвы PSF-M надежно позволяет рассчитывать значения давления почвенной влаги в топологически связном пространстве почвы как капиллярно-пористой среды и имеет большие перспективы для широкого применения в гидрофизических расчетах.

ЛИТЕРАТУРА:
1. Ghanbarian-Alavijeh, B., Millán, H. and Huang, G. A review of fractal, prefractal and pore-solid-fractal models for parameterizing the soil water retention curve // Can. J. Soil Sci. – 2011. – Vol. 91. – P. 1–14.
2. Alfaro Soto M. A., Chang H. K., van Genuchten M. Th. Fractal-based models for the unsaturated soil hydraulic functions // Geoderma. – 2017. – Vol. 306. – P. 144–151.
3. Perrier E., Bird N., Rieu M. Generalizing the fractal model of soil structure: the pore–solid fractal approach// Geoderma. – 1999. – Vol. 88. – P. 137–164.
4. Гончаров В.Д. Влияние характера землепользования на структуру обыкновенного чернозема и параметры ее фрактальных моделей // Автореф. дис. кан. техн. наук. Санкт-Петербург. – 2004. – 25 с.
5. 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.
6. Моисеев К.Г., Терлеев В.В. Применение фрактального моделирования в гидрофизике почв // Таврический вестник аграрной науки. – 2022. – № 3 (31). – С. 126–137.
7. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 486 с.

УДК504.6

В.Л. Богданов[1], В.В. Гарманов[1], А.Р. Грик[1], А.Л. Сашко[2], В.В. Терлеев[1,3]
[1]Санкт-Петербургский государственный аграрный университет
[2]Санкт-Петербургский государственный университет
[3]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МОНИТОРИНГ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ХМАО ДЛЯ ИХ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

Актуальность исследования обусловлена значительной интенсивностью разработки нефтегазовых месторождений в Ханты-Мансийском Автономном Округе (ХМАО) и значительными площадями загрязнённых и нарушенных земель. Максимальный уровень накопления площадей загрязненных земель на территории ХМАО отмечен в 2006 году: он составлял 6677 га. С 2006 года четко прослеживается устойчивая тенденция уменьшения площадей загрязненных земель, обусловленная уменьшением количества аварийных ситуаций на трубопроводах. Только за девять лет площади загрязненных земель сократились на 37,6 %. Продолжается устойчивая тенденция сокращения площадей загрязнённых земель; на 01.01.2020 г. в реестре загрязнённых нефтью, нефтепродуктами, подтоварной водой территорий и водных объектов ХМАО насчитывалось 2681 га. В целом в 2019 г. рекультивировано и исключено из Реестра 3507 участков общей площадью 792 га [1]. На уменьшение площадей загрязнённых земель повлияло усовершенствование законодательной базы Российской Федерации [2, 3].

В качестве главной цели рекультивации нефтезагрязнённых земель является уменьшение земель с токсичными почвами и восстановление продуктивности нарушенных экосистем. Однако на сегодняшний момент рекультивации уделяется недостаточное внимание, поскольку это – весьма дорогостоящий процесс [4]. Предприятиям гораздо выгоднее оплачивать штрафы, чем производить рекультивацию земель после проведённых работ на лицензионных участках. Но по-прежнему значение рекультивационных работ велико и необходимо всячески способствовать их совершенствованию на всех уровнях государственной власти.

В качестве *методов исследования* в работе используются: картографический, статистический, нормативный, а также методы многокритериального оценивания и сравнительного анализа.

Цель исследования – изучение взаимодействия и влияния нефтяных и газовых месторождений на состояние окружающей среды с помощью мониторинга нарушенных земель для последующей их рекультивации.

Указанная цель достигается решением следующих *задач*:

- установить особенности мониторинга земель в РФ с учётом правовой базы;
- выявить экономико-географические особенности территории ХМАО;
- провести анализ природоохранных мероприятий и динамики рекультивированных и нарушенных земель на территории ХМАО;
- разработать предложения по организации мониторинга нарушенных земель.

Основными источниками нарушения природных экосистем являются:

- функционирование на промысловых территориях большого количества пространственно-разобщённых объектов техногенного характера (линейные сооружения, дороги, ЛЭП, трубопроводы), которые изменяют природный ландшафт;
- потенциально опасными для окружающей среды являются все объекты нефтегазодобычи, используемые материалы и оборудование, а также – техника;
- каждый этап техногенного воздействия отличается интенсивностью распространения, видами и уровнями воздействия.

В районах добычи нефти в эксплуатации находится разветвлённая сеть внутри- и межпромысловых трубопроводов. Протяженность сети трубопроводов в ХМАО (по данным нефтегазовых предприятий) составляет 112,6 тыс. км. Наибольшей аварийности подвержены нефтесборные сети и напорные водоводы. Высокий уровень аварий на трубопроводном транспорте в регионе вызван:

- эксплуатацией оборудования, сверх установленного срока;
- недостаточным количеством вложений средств, направляемых нефтяными компаниями на реконструкцию, а также капитальный ремонт трубопроводов.

Основная причина аварий на трубопроводах – коррозия – около 3 тыс. случаев (98%). Данная ситуация указывает на крайнюю необходимость мониторинга нарушенных и загрязненных земель в ХМАО. Изначально проблемы, связанные с разливами нефти в ХМАО, устраняли методом землевания песком или торфом, производили отжиг нефти, который категорически запрещён. Но данные меры не являются рекультивацией, потому что не обеспечивают необходимых условий для улучшения состояния загрязненной почвы.

При землевании происходит резкое торможение физических и химических процессов разложения нефти, ограничивается поступление кислорода для жизнедеятельности углеводородокисляющей микрофлоры. Привозной слой песка со временем выдавливает из загрязнённого торфянистого горизонта остаточную нефть. Образующаяся на поверхности песчаная корка препятствует распространению растений. Захоронение в почвах веществ загрязнителя может привести к непредсказуемым последствиям.

Результаты. На сегодняшний момент основой рекультивации загрязнённых нефтью участков в условиях ХМАО является метод очистки земель на месте разлива. Он основывается на способности почв к самостоятельному очищению за счет вымывания, испарения, окисления нефти под действием солнечного излучения. При проведении рекультивации загрязнённых нефтью земель необходимо полное снятие загрязнённого грунта, а затем – его последующая очистка. Её рекомендуется проводить с учётом концентрации нефтепродуктов в почве. После снижения содержания нефтезагрязняющих веществ в почве на земельных участках до безопасных значений следует переходить к фиторекультивации земель. Эти работы направлены на ускорение природных процессов очищения почв и защиту окружающей среды. Поэтому такие работы являются природоохранными мероприятиями.

Биологическими основами рекультивации нефтезагрязнённых земель в таёжной зоне является естественная способность экосистем к восстановлению [5]. Выполняется по всей

площади долгосрочного отвода по мере прекращения функционирования объектов. Почву подготавливают, предварительно внося удобрения, сеют травы, подбирают саженцы к посадке.

После окончания эксплуатации месторождений недропользователь должен произвести возврат земельных участков, которые находились в долгосрочном пользовании. Земельные участки при этом должны быть приведены в состояние, близкое к исходному природному статусу. В зависимости от степени нарушенности территории бывшего месторождения будет зависеть и комплекс работ по рекультивации земель [4].

После ликвидации предприятия в обязательном порядке на земельных участках проводится техническая рекультивация. При технической рекультивации не допускается дополнительное нарушение грунта, почвенного и растительного покрова, а также загрязнение почв горючими и смазочными материалами. Этот вид работ включает: уборку строительного мусора; демонтаж оборудования; вывоз бытовых отходов; засыпку канав; планировку территории.

На территории ХМАО действует региональный норматив «Допустимое остаточное содержание нефти и нефтепродуктов в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ на территории Ханты-Мансийского Автономного Округа-Югры» (Постановление Правительства Ханты-Мансийского Автономного Округа-Югры от 10.12.2004. № 466-п). Норматив используется только после проведения рекультивационных работ, но не при проведении мониторинга почв. Внедрение этого документа было обусловлено необходимостью вычисления остаточного содержания нефти в почвах, а также учитывалось то обстоятельство, что при проведении рекультивации экосистеме не должен наносится больший ущерб (ведь в определённых концентрациях нефть не наносит ущерб почве). В некоторых случаях наибольшую опасность представляют принятые меры по «устранению ошибок». Зачастую нет необходимости полностью восстанавливать земельные участки по той причине, что при относительно небольших концентрациях нефти природная экосистема может восстанавливаться самостоятельно.

Выводы. Не все земли, подвергшиеся воздействию нефтяного загрязнения, требуют вложения значительных материальных затрат на восстановительные работы, так как способны к самовосстановлению. Процесс деградации в этих биогеоценозах носит обратимый характер. Важно учитывать, что естественные экосистемы имеют значительно более высокий потенциал самовосстановления, чем искусственно созданные экосистемы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Доклад об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре. Утвержден приказом Службы по контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды, объектов животного мира и лесных отношений Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (Природнадзор Югры) от 29 июня 2020 года № 119-п.
2. Гарманов В.В., Осипов А.Г., Терлеев В.В., Грик А.Р. Технология создания цифровой картографической основы на базе архивных фондовых материалов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2017.– № 47. – С. 268–275.
3. Основы управления сельскохозяйственным землепользованием: учебное пособие / под ред. Гарманова В.В., Уваровой Е.Л. – СПб: СПбГАУ, 2021. – 510 с.
4. Богданов В.Л., Гарманов В.В., Тимофеева Ю.Р., Терлеев В.В., Баденко В.Л. Динамика нарушенных земель и качественного состава хвостов на горно-обогатительном комбинате // В сб. докладов научно-практич. конф. в рамках XLIII недели науки СПбПУ. – СПб.: СПбПУ, 2014. – С. 34–36.
5. Соромотин А.В. Техногенная трансформация природных экосистем таежной зоны в процессе нефтегазодобычи: на примере Тюменской области: Диссертация на соискание уч. ст. доктора биологических наук 2007 г.

УДК 347.214.2

В.А. Павлова, Д.А. Петрова
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО УЧЕТА ЖИЛОГО ФОНДА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Введение. В связи с переходом функции государственного кадастрового учета (ГКУ) от органов технической инвентаризации к органам кадастрового учета возник ряд *актуальных вопросов.* Востребованность ответов на эти вопросы порождает проблемы, на решение которых направлена данная исследовательская работа. Прежде всего, она предполагает систематизацию проблем, вытекающих из процедуры смены системы регистрации объектов недвижимости.

Целью данной работы является выявление неоднозначностей, содержащихся в характеристиках объектов недвижимости, возникающих при переходе от технического учета к кадастровому.

Техническая инвентаризация (далее ТИ) в отношении объектов недвижимости важна не только для учета, но и при решении судебных споров, либо при участии инвесторов в строительстве. ТИ объекта недвижимости – это не только количественные характеристики, но и качественные. Такие данные может предоставить только организация после проведенных инвентаризационно-технических работ [1]. Единственный документ, в котором прописаны все технические характеристики объекта недвижимости, – технический паспорт: он является незаменимым источником сведений об объектах недвижимости [2].

В 2023 г. за услугами по проведению технического учета чаще обращаются в случаях: подготовки поэтажных планов для ввода объекта недвижимости в эксплуатацию, выдачи архивной документации, паспортизации многоквартирного дома, либо фиксирование изменений после выполненной перепланировки для её утверждения. Важно, что любые изменения в планировке без согласования с соответствующими организациями могут повлечь за собой серьезные аварийные ситуации. Оценка текущего состояния здания необходима в вопросах управления и эксплуатации (планирования, организации и проведения или капитального ремонта, реконструкции, решения проблем сноса ветхого жилья).

До 2013 г. ТИ занимала лидирующую позицию при постановке на государственный учет, после 2013 г. обязательность проведения инвентаризационно-технических работ касается только объектов жилого фонда [3]. В то же время был осуществлен переход от технического учета к кадастровому учету, который связан со следующими причинами:

1) отсутствие единой системы сбора информации, содержащей все сведения об объектах недвижимости;

2) необходимость определения кадастровой стоимости объектов недвижимости;

3) учет недвижимости осуществлялся различными органами;

4) сложный процесс регистрации прав на объект недвижимости.

Единовременно перейти от осуществления государственного кадастрового учета (далее ГКУ) организациями технической инвентаризации (далее ОТИ) к организациям, осуществляющим кадастровый учет, не представлялось возможным, поэтому был введен «переходный период», согласно которому ОТИ были обязаны передать все сведения об объектах недвижимости в короткие сроки, что привело к потере качества информации и возникновению неоднозначностей [4].

Во-первых, часть графической и семантической информации была передана с ошибками, что в последующем стало являться причинами приостановки осуществления ГКУ. Был выделен ряд сведений, преданных ОТИ, по причине которых осуществление ГКУ было приостановлено. К ним относятся: площадь помещения или его назначение (семантические данные), план этажа и

его составляющих (графическая часть). Распространенной ошибкой является неверно указанный год постройки здания, материал стен или перегородок. В силу особенностей города Санкт-Петербурга возникают разночтения наименования адреса, а именно в наличие у дома литеры, двойственной природы углового здания или восстановления исторического названия улицы. Только в городе Санкт-Петербург домам присваивались литеры (на данный момент присваиваются строениям), большой проблемой при постановке на ГКУ является наименование адреса. В некоторых документах может отсутствовать указание литеры, что является неверным, тогда правоустанавливающие документы не подтверждают права владения конкретного объекта. Для устранения данных несоответствий необходимо представить справку об адресе, в которой указано, что это является одним строением, и по какому конкретно адресу учтен объект недвижимости. Аналогичная история касается улиц, которым возвращено историческое название.

Во-вторых, созданный Единый государственный реестр недвижимости (далее ЕГРН) не отражает текущее состояние объекта недвижимости. А именно: в ЕГРН можно внести сведения только на законных основаниях посредством подготовки технического плана, исполнения судебного решения или актов разного рода. В настоящее время техническую инвентаризацию объектов недвижимости осуществляют не только государственные организации, но и частные [2]. Порядок проведения инвентаризации одинаков как для бюро технической инвентаризации, так и для частных исполнителей. Размер платы за оказание услуг по инвентаризации устанавливается самими организациями, предоставляющим услугу. Однако определение стоимости услуг для государственного учреждения регламентирован Распоряжением Комитета по управлению городским имуществом Правительства Санкт-Петербурга от 05.09.2013 № 99-р, и в этом случае частные организации могут вызвать демпинг цен на рынке. Право выбора компании для проведения ТИ зависит только от желания заказчика [5]. Сведения о незаконных изменениях при обмерных работах остаются в базе данных конкретной организации, осуществлявшей инвентаризацию объекта, что является её собственностью. Заказчик вправе обратиться в другую организацию для заказа документов после устранения изменений, либо утверждения их в установленном порядке. В силу отсутствия единой базы актуальные сведения об объекте недвижимости будут кардинально отличаться, и с ними может ознакомиться только собственник. При покупке недвижимости будущий правообладатель не имеет возможности ознакомиться с реальным состоянием объекта. Это говорит о необходимости создания единой технической базы, обобщающей организации, или внесения в ЕГРН данных о самовольных перепланировках в графе «особые отметки». Такого рода отметки можно встретить только в запросах на объекты недвижимости, характеристики которых были переданы ОТИ с зафиксированными незаконными изменениями до 2013 г.

В-третьих, термин инвентаризационная стоимость становится неактуальным, так как после 2013 г. ее величина не изменяется. Но инвентаризационную стоимость продолжают использовать в случаях вступления в наследство или страхования объекта недвижимости. Материалы технической инвентаризации позволят сформировать добросовестный образ владельца объекта недвижимости и в будущем получить на более выгодных условиях предложения по защите своего недвижимого имущества [5, 6]. В этом случае необходимо либо полностью перейти к кадастровой стоимости, либо продолжать исчислять значение инвентаризационной согласно актуальным данным. Например, кадастровая стоимость квартиры в Санкт-Петербурге равняется 5 498 210 руб., в то время как инвентаризационная составляет 692 153 руб., что примерно в 8 раз меньше.

В-четвертых, остро стоит вопрос обновления и пополнения сведений об объектах недвижимости. Работы по обследованию крайне важны для создания «примерной» базы данных, инвентаризация должна проводиться с определенной периодичностью для ликвидации ошибок. Вместе с тем, на современном этапе отсутствуют действенные механизмы пополнения и актуализации информации о технических параметрах объектов жилищного фонда. Основной предпосылкой тому является отсутствие системного подхода к учету жилищного фонда и финансирования его проведения в необходимом объеме.

Получению по результатам плановой технической инвентаризации информации об объектах жилищного фонда в полном объеме может препятствовать отсутствие в действующем законодательстве, в первую очередь, на федеральном уровне, положений, обязывающих правообладателей предоставлять доступ для проведения обследований принадлежащих им объектов. На данный момент действует заявительный характер обращения, что вызывает споры в научном и профессиональном сообществе.

Результаты. При систематизации недостатков технического учета были отмечены группы проблем: ошибки в технической документации, фиксирование самовольных перепланировок, деактуализация инвентаризационной стоимости, обновление и пополнение сведений об объектах недвижимости. Одним из вариантов совершенствования технического учета представляется создание единой технической базы или внесения в ЕГРН данных о самовольных перепланировках, что позволит в дальнейшем уменьшить количество ошибок в технической документации.

Наличие технических ошибок, переданных ОТИ для осуществления государственного кадастрового учета, связано с человеческим фактором. Необходимо проводить информирование населения о необходимости проверки документов, а именно – соответствие технического и кадастрового паспорта (выписки из ЕГРН). Также требуется увеличить роль государственного влияния в сфере проведения технической инвентаризации помещений жилищного фонда, что поспособствует созданию единой информационной базы, объединяющей ОТИ. Подобный обмен информацией между организациями в ряде случаев также потребует соответствующего нормативного правового регулирования, так как накопительный архив является собственностью фирмы.

Одним из принципов создания и эксплуатации эталонной базы данных является полнота, достоверность, актуальность информации. Необходимо проведение плановых инвентаризаций с определенной периодичностью для создания эталонной базы, а этому препятствует заявительный характер обращения. В Санкт-Петербурге большая часть домов относится к исторической застройке, имеющей процент износа более 30%, поэтому необходимо минимизировать количество незаконных изменений для обеспечения высокого уровня жизни граждан.

Вывод. ГКУ частично заменил технический учет, но не исключил его необходимость. Проведение ТИ позволяет фиксировать количественные и качественные характеристики объекта недвижимости, что дает возможность оценивать состояние помещений и вести учет их изменений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Затолокина Н.М. Техническая инвентаризация объектов недвижимости / Н.М. Затолокина, А.С. Калугин // Вектор ГеоНаук. – 2021. – Т. 4. – № 2. – С. 13–18. – [Электронный ресурс] – URL: https://www.elibrary.ru/ (Дата обращения: 20.10.2022)
2. Хахук Б.А. Система технической инвентаризации в России / Б.А. Хахук, А.Б. Мусельян // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". – 2017. – № 4. – С. 382–388. – [Электронный ресурс] – URL: https://www.elibrary.ru/ (Дата обращения: 05.12.2022)
3. Жилищный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 188-ФЗ – [Электронный ресурс] – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51057/ (Дата обращения: 02.02.2023)
4. Федеральный закон "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части государственной регистрации прав и государственного кадастрового учета объектов недвижимости" от 23.07.2013 N 250-ФЗ – [Электронный ресурс] – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_149701/ (Дата обращения: 05.03.2023)
5. Булатова З.А. Необходимость усовершенствования процедуры государственного технического учета и технической инвентаризации объектов недвижимости / З.А. Булатова, Н.А. Заманова // Современные исследования. – 2018. – № 6(10). – С. 16–18. – [Электронный ресурс] – URL: https://www.elibrary.ru/ (Дата обращения: 15.11.2022)
6. Шишов Д.А., Уварова Е.Л., Терлеев В.В. Актуальность и перспективы государственной политики РФ в сфере оборота объектов недвижимости. Неделя науки 2017. Материалы научного форума с международным участием. СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2017. С. 231–234.

УДК: 332.334.2

А.Б. Сыздыков, Б.В. Заварин
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Введение. После многочисленных реорганизаций государственных органов Республики Казахстан в настоящее время нет четкого представления о действующей модели управления земельными ресурсами Республики. Существующая децентрализованная система ведет к снижению эффективности использования земель и необоснованности перевода земель из одной категории в другую. Большая часть научных исследований казахстанских ученных, посвященных вопросам системы управления земельными ресурсами, основывается на утративших силу правовых актах (с отсылками на уже несуществующие государственные органы). *Актуальность* темы исследования обусловлена изменениями правового положения земель Республики Казахстан, которые состоят в том, что земли теперь принадлежат не государству, а народу.

Цели и задачи работы. Целью исследования является совершенствование системы органов управления земельными ресурсами Республики Казахстан. Для достижения цели поставлены следующие задачи: изучение правовой базы, определение зон ответственности государственных органов в части управления земельными ресурсами, а также сравнительный анализ земельного фонда.

Результаты исследования. Основным правовым документом в сфере управления земельными ресурсами Республики Казахстан, является Земельный кодекс, принятый 20 июня 2003 года [1]. За прошедшие 20 лет в него вносились уточнения в части определений, либо унификация положений с изменениями в других правовых документах. Так, например, в 05.11.2022 г. по результатам изменения Конституции Республики Казахстан был изменен текст ст.3 Земельного кодекса: теперь «Земля в Республике Казахстан принадлежит народу Казахстана». Вместе с тем, серьезных институциональных изменений в земельном кодексе нет. Большая часть правовых норм, относящихся к управлению земельными ресурсами, утверждена в специальных правовых актах, посвященных охране земель, имущественным отношениям, налогообложению и проч.

Существующая децентрализация в правовой базе неизбежно ведет к децентрализации системы управления земельными ресурсами. Функционал системы распределен по различным государственным организациям: контроль, организация, защита, мониторинг, учет и т.д. По отдельным элементам системы управления земельными ресурсами Республики Казахстан проводились частные исследования (Г.К. Курманова (2020), Н.З. Ахметова и Ж.Е. Секенова (2021), А.Д. Омарбекова (2018), В. Квартиук и М. Петрик (2021) Р.Р. Абдуллаев (2022)). Можно выделить предложенную в 2013 г. схему Г.Н. Нюсупова, С.С. Абдыгалиева, А.А. Токбергенова, в которой представлена роль землеустройства и кадастра в управлении земельными ресурсами Республики Казахстан [2]. В ней были выделены следующие механизмы: правовые (правовые акты), экономические (налог, цена, аренда), экологические (нормирование, рекультивация), землеустроительные (отвод земель, устройство территорий), административные (контроль, штрафы, санкции, изъятия). Все эти механизмы предлагалось использовать в рамках Многоцелевой системы государственного земельного кадастра и ее автоматизированной информационной системы. Вместе с этим, предполагалось, что общая информационная система будет использоваться всеми государственными органами, имеющими отношение к системе управления земельными ресурсами, например, Министерство сельского хозяйства для отвода и предоставления земельных участков, распределения и перераспределения земель и т.д. [2].

Земельные ресурсы используются или могут быть использованы для хозяйственной и другой деятельности в целях удовлетворения материальных, социальных, культурных и других потребностей общества [3]. Реформирование земельной отрасли в Республике началось в 1991 г. и привело к перераспределению земель. Земельный фонд Республики Казахстан включает в себя семь категорий земель. Анализ использования земель за этот период показал отрицательные и положительные моменты. Так, земли сельскохозяйственного назначения в 1991 г. занимали 218.4 млн. га (80,4 % от общего земельного фонда РК), а к 2021 г. уменьшились на 37,1% и составили 114,0 млн. га (43,3%). В основном они были переведены в земли населенных пунктов, которые территориально увеличились почти на 85% и земли запаса, куда были переведены огромные площади малопродуктивных и брошенных земель [4]. За тот же период земли спецназначения сократились почти в 10 раз, а земли особо охраняемых природных территорий, лесного и водного фонда увеличились в 3 раза. Такая динамика свидетельствует о значительном выбытии земель из оборота и серьезном сокращении сельскохозяйственного и промышленного производства в период проведения реформ.

На сегодня информационным звеном системы управления земельными ресурсами является Департамент земельного кадастра НАО «Государственная корпорация «Правительство для граждан»», состоящий из Управления изыскания и мониторинга земель, Управления земельного кадастра и автоматизированной информационной системы государственного земельного кадастра, Департамента единого государственного кадастра недвижимости, Департамента регистрационных услуг и филиалов по областям и городам Астана, Алматы и Шымкент [5]. В его функции входят только информационные, учетные и аналитические функции [6, 7]. Место данной организации в системе государственного управления земельными ресурсами является значимым, но не ключевым.

Основные государственные органы, вовлеченные в систему управления земельными ресурсами, представлены на рис. 1.

Рис. 1. Модель системы управления земельными ресурсами Республики Казахстан

Комитет по управлению земельными ресурсами МСХ РК осуществляет государственные функции по землям сельскохозяйственного назначения, землям лесного и водного фонда и пр. Комитет экологического регулирования и контроля управляет землями особо охраняемых территорий, землями оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения.

Земли населенных пунктов находятся в управлении местных представительных и исполнительных органов.

Выводы. Сложилась ситуация конфликта интересов и борьбы за зоны влияния крупных регуляторов системы управления земельными ресурсов. Министерство сельского хозяйства, в первую очередь, заинтересовано в увеличении площадей сельскохозяйственных земель, объемов сельскохозяйственной продукции. И в меньшей степени его интересуют вопросы охраны земель. Министерство экологии и природных ресурсов заинтересовано в увеличении охраняемых природных земель без учета интересов сельского хозяйства. Интересы народа (как собственника этих земель) становятся, в лучшем случае, второстепенными. Сложившаяся модель с низким уровнем взаимодействия будет снижать эффективность не только всей системы управления земельным фондов, но и результативность государственных программ в этой сфере. Предлагается воссоздать центральный государственный орган на базе Департамента земельного кадастра по централизованному управлению земельными ресурсами Республики Казахстан, осуществляющему основные функции управления земельными ресурсами в прямом подчинении Правительству РК как высшему исполнительному органу власти Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кодекс Республики Казахстан «Земельный кодекс Республики Казахстан» от 20 июня 2003 года № 442. ИПС «Адилет Зан» // https://adilet.zan.kz/rus/docs/K030000442_
2. Нюсупова Г.Н., Абдыгалиева С.С., Токбергенова А.А. Роль землеустройства и кадастра в управлении земельными ресурсами Республики Казахстан. Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы государственного управления земельными ресурсами Казахстана и подготовки кадров в области землеустройства и кадастра». 28 февраля – 1 марта 2013 года. Алматы. – С. 67–71.
3. Заварин Б.В., Аслаханов А.Н., Терлеев В.В. Оценка экономической целесообразности использования рекультивированных земель. Неделя науки СПбПУ. Материалы научного форума с международным участием. ИСИ. СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2015. С. 186–188.
4. Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель Республики Казахстан за 2021 год // https://www.gov.kz/memleket/entities/land/documents/details/291911?lang=ru
5. Структура НАО «Государственная корпорация «Правительство для граждан» (2023) // https://gov4c.kz/about/struktura-obshchestva/org-struktura-nao-pdg-ru.jpg
6. Управление сельскохозяйственным землепользованием. Прикладные аспекты / В.В. Гарманов, Д.А. Шишов, М.А. Сулин [и др.]. Том Часть 2. СПб.: СПбГАУ, 2021. – 228 с.
7. Шишов Д.А., Уварова Е.Л., Терлеев В.В. Актуальность и перспективы государственной политики РФ в сфере оборота объектов недвижимости. Неделя науки 2017. Материалы научного форума с международным участием. СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2017. С. 231–234.

УДК 69.04

Д.С. Барабкин[1], А.М. Вавилова[2], И.В. Чернов[2], П.В. Чернов[2]
[1]ООО «РСК АНТИК»
[2]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ПРЯМОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ В ПК SCAD И ЛИРА 10

Введение. В мировой практике расчетов сооружений на сейсмическое воздействие набольшее распространение получили: статическая теория сейсмостойкости; спектральная теория сейсмостойкости и динамический анализ. В данном исследовании рассматривается динамический анализ, при котором в качестве исходной сейсмологической информации используются записи сейсмических движений грунта в виде сейсмограмм (зависимость

«перемещение-время»), велосиграмм (зависимость «скорость-время») и акселерограмм (зависимость «ускорение-время»).

Согласно основным положениям этой теории могут рассчитываться как линейные, так и нелинейные системы. Для дискретных систем со многими степенями свободы необходимо проинтегрировать систему дифференциальных уравнений движения. Расчёт с использованием динамического анализа позволяет выполнить требования действующих норм по второй расчетной ситуации. В исследовании проводится сравнение расчетов на сейсмическое воздействие в программных комплексах SCAD и ЛИРА 10 [1].

Целью исследования является сравнительный анализ метода прямого интегрирования уравнений движения в ПК SCAD и ЛИРА 10.

Результаты. В ПК SCAD постановка задачи осуществлена в абсолютных координатах, что позволило естественным образом сформулировать уравнения движения даже в том случае, если каждая опора совершает свое собственное движение – асинхронное движение опор [2, 3].

Уравнения движения записаны в следующем виде:

$$\underbrace{\begin{pmatrix}0 & 0\\ 0 & \mathrm{M}\end{pmatrix}}_{\widehat{M}}\begin{pmatrix}\ddot{\bar{u}}\\ \ddot{u}\end{pmatrix}+\underbrace{\begin{pmatrix}K_{11} & K_{12}\\ K_{21} & K\end{pmatrix}}_{\widehat{K}}\begin{pmatrix}\bar{u}\\ u\end{pmatrix}+\underbrace{\begin{pmatrix}C_{11} & C_{12}\\ C_{21} & C\end{pmatrix}}_{\hat{C}}\begin{pmatrix}\dot{\bar{u}}\\ \dot{u}\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0\\ p(t)\end{pmatrix}, \quad (1)$$

где $\bar{u}-$ заданные перемещения, $u-$ искомые перемещения; $\widehat{K}$, $\widehat{M}$, $\hat{C}-$ матрицы жесткости, масс и диссипации, соответствующие полным векторам перемещений, ускорений и скоростей $\hat{u},\ddot{\hat{u}},\ddot{\hat{u}}$; $M,K-$ матрицы масс и жесткости, относящиеся к степеням свободы, подлежащим определению (стандартные матрицы МКЭ), матрица K_{12} собирается из подматриц жесткостей конечных элементов, узлы которых содержат степени свободы вектора перемещений $\bar{u}$; $p(t)-$ вектор нагрузки.

Приняв гипотезу Рэлея, имеем:

$$\hat{C}=\alpha\widehat{M}+\beta\widehat{K}, \quad (2)$$

где $\alpha,\beta-$ коэффициенты пропорциональности, причем слагаемое $\alpha\widehat{M}$ отвечает за демпфирование по нижним модам, а $\beta\widehat{K}$ – по верхним.

Подстановкой (3) в (2) получаем следующее соотношение:

$$M\ddot{u}+C\dot{u}+Ku=-K_{12}\bar{u}(t)-C_{12}\dot{\bar{u}}(t)+p(t). \quad (3)$$

В классической постановке входное воздействие представлено в виде акселерограммы $\ddot{\bar{u}}(t)=\ddot{u}_e(t)$, а в реализованном подходе воздействие представлено в виде сейсмограммы (функции перемещений) $\bar{u}(t)$ и велосиграммы (полученной в результате численного дифференцирования функции перемещений) $\dot{\bar{u}}(t)$.

Далее использовано предположение:

$$\bar{u}=\sum_{s=1}^{M_s}\mu_s k_s f_s(t-t_0^s),\ \dot{\bar{u}}=\sum_{s=1}^{M_s}\mu_s k_s \dot{f}_s(t-t_0^s), \quad (4)$$

где: k_s – вектор пространственной конфигурации, задающий форму вынужденных смещений; $f_s(t)$ – функция времени, s = 1, 2,…, M_s – номера статических загружений при расчете на соответствующие вынужденные смещения.

Аналогично имеем:

$$p(t)=\sum_{p=1}^{N_p}\mu_p k_p f_p(t-t_0^p), \quad (5)$$

где: p = 1, 2,…, N_p- номера статических загружений при расчете на силовые воздействия; k_p- векторы пространственной конфигурации нагрузки; $f_p(t)-$ функция времени.

Величины μ_s,t_0^s,μ_p,t_0^p задают начальный множитель и время запаздывания. Будем называть каждое слагаемое приведенных выше сумм, соответственно: p-ой или s-ой составляющей динамического загружения.

Воспользуемся следующим обозначением:

$$b_s=-K_{12}k_s, s=1,2,\dots M_s\ , \quad (6)$$

тогда сформулированная задача Коши описывает уравнения движения в постановке, которая изложена в [4]. Определение параметров демпфирования выполняется по формулам:

$$\alpha = \frac{2\omega_1\omega_2(\xi_1\omega_2 - \xi_2\omega_1)}{\omega_2^2 - \omega_1^2}, \quad \beta = \frac{2(\xi_2\omega_2 - \xi_1\omega_1)}{\omega_2^2 - \omega_1^2}. \tag{7}$$

В соотношениях (7) модальное демпфирование в процентах от критического ξ известно из эксперимента: данные формулы справедливы при $\omega_2 \neq \omega_1$.

Решение уравнений движения производится безусловно устойчивым вариантом метода Ньюмарка в форме «предиктор-корректор». Расчет на динамические воздействия в ПК ЛИРА 10 аналогичен расчету в ПК SCAD [5, 6] и основан на решении системы дифференциальных уравнений:

$$Mu(t)'' + Cu(t)' + Ku(t) + F(t) = 0, \tag{8}$$

с начальными условиями u (0), $u'(0)$,

где $u(t)$ – искомый вектор перемещений; M, C, K – соответственно матрицы масс, демпфирования и жесткости расчетной модели рассматриваемой конструкции; $F(t)$ – вектор динамических нагрузок, действующих на конструкцию в момент времени t.

При расчете на сейсмические воздействия предполагается, что внешние динамические нагрузки отсутствуют $F(t) = 0$, а к искомым перемещениям добавлены перемещения $\gamma s(t)$, вызванные движением земной поверхности, где γ – вектор направляющих косинусов сейсмического воздействия, $s(t)$ – заданный закон движения земной поверхности (сейсмограмма землетрясения).

В этом случае система дифференциальных уравнений (8) принимает вид:

$$M(u(t) + \gamma s(t))'' + C(u(t) + \gamma s(t))' + K(u(t) + \gamma s(t)) = 0. \tag{9}$$

Обозначим $a(t) = s''(t)$ ускорение земной поверхности (акселерограмму землетрясения) и предположим, что $K\gamma s(t) = C\gamma s'(t) = 0$. Условие $K\gamma s(t) = 0$ соответствует тому, что перемещение конструкции как жесткого целого не вызывает внутренних напряжений. Второе условие $C\gamma s'(t) = 0$ не так очевидно, но если предположить, что затухание незначительное, то оно является вполне оправданным. С учетом выше сказанного получаем аналогичную систему уравнений для расчета на заданную акселерограмму землетрясения в виде:

$$Mu''(t) + Cu'(t) + Ku(t) + M\gamma a(t) = 0, \tag{10}$$

где внешняя нагрузка равна $F(t) = M\gamma a(t)$.

В каждый момент времени t_k задается вектор $F(t_k) = M\gamma a(t_k)$. При этом выполняется конечно-разностная аппроксимация для ускорений:

$$u''(t) = \frac{u(t + \Delta t) - 2u(t) + u(t - \Delta t)}{\Delta t^2}, \tag{11}$$

для скоростей:

$$u'(t) = \frac{u(t + \Delta t) - u(t - \Delta t)}{2\Delta t}, \tag{12}$$

а также для перемещений:

$$u(t) = \frac{u(t + \Delta t) + u(t - \Delta t)}{2}. \tag{13}$$

После подстановки (10)-(12) в (9) и выражения перемещений в момент времени $u(t + \Delta t)$ получаем:

$$\left[\frac{M}{\Delta t^2} + \frac{C}{2\Delta t} + \frac{K}{2}\right] u(t + \Delta t) = -\mathrm{M\gamma a}(t) + \frac{2M}{\Delta t^2} u(t) - \left[\frac{M}{\Delta t^2} - \frac{C}{2\Delta t} + \frac{K}{2}\right] u(t + \Delta t), \tag{14}$$

где C – матрица демпфирования, вычисляемая аналогично (8).

Далее уравнения решены методом конечных разностей по схеме Ньюмарка. Так как расчёт выполнен на акселерограмму землетрясения, то вычислены и относительные перемещения конструкции.

Выводы. Расчёт конструкций на сейсмическое воздействие динамическим анализом, областью применения которого являются нерегулярные и/или ответственные сооружения, возможен решением системы дифференциальных уравнений методом прямого интегрирования уравнений движения. Метод прямого интегрирования в рассмотренных программных комплексах имеет различную реализацию. ПК SCAD в качестве внешнего воздействия использует сейсмограмму землетрясения: при этом моделируется движение основания здания. ПК ЛИРА 10 в качестве сейсмической нагрузки использует акселерограмму, моделируя ускорение всех узлов расчетной модели.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Перельмутер, А.В. Прямые и итерационные методы решения большеразмерных конечно-элементных задач строительной механики / А.В. Перельмутер, С.Ю. Фиалко // В сб.: XX международная конференция «Математическое моделирование в механике сплошных сред. Методы граничных и конечных элементов». 24–26 сентября. СПб, 2003.
2. Голованов, А.И. Нахождение динамических характеристик сложных стержневых конструкций методом конечных элементов / А.И. Голованов, А.Ф. Шигабутдинов, С.А. Якушин // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2006. – № 3–4. – С. 28–36.
3. Чернуха, Н.А. Особенности расчёта сооружений на взрывные воздействия в среде SCAD / Н.А. Чернуха // Инженерно-строительный журнал. – 2014. – № 1 (45). – С. 12–22.
4. Аксенов А.П. Математика. Математический анализ: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по техническим специальностям. Ч. 2. – 2009.
5. Лущин, Л.П. Метод конечных элементов в задачах динамики свободных конструкций / Л.П. Лущин, А.В. Шаранюк // Ученые записи Цаги. – Том XXXI. – 2000. – № 3–4.
6. Козинец Г.Л. Определение динамических характеристик сооружений, контактирующих с водой, на примере арочной бетонной плотины Саяно-Шушенской ГЭС // Magazine of Civil Engineering. – 2011. – №. 5. – С. 43–48.

СЕКЦИЯ «ГОРОДСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО И ХОЗЯЙСТВО»

УДК 629.563.5

Ван Юйсян, Л.М. Молодкина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СРАВНЕНИЕ РЕЙТИНГОВЫХ СИСТЕМ ЗЕЛЕНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА РОССИИ И КИТАЯ

В настоящее время окружающая среда, от которой зависит выживание человечества, находится под серьезной угрозой. Продолжающийся рост населения вызывает масштабное строительство. Строительная индустрия имеет большую долю в загрязнении окружающей среды и истощении природных ресурсов. Строительный сектор потребляет третью часть мировых ресурсов, шестую часть мирового забора пресной воды, четверть заготавливаемой древесины; производство строительных материалов потребляет около 10% мирового производства энергии, а образуемые при строительстве и сносе сооружений отходы составляют примерно 40% от общего количества твердых отходов в развитых странах [1]. Таким образом, крайне необходим переход на «зеленое» (экологически чистое, с минимальным потреблением энергии) строительство.

В ряде стран были разработаны рейтинговые системы, позволяющие оценить, а в итоге, минимизировать потребление строительным сектором природных ресурсов, энергии и контролировать загрязнение. Наиболее популярными являются BREEAM (Великобритания), LEED (США), LEED (Канада), DGNB (Германия), Green Star (Австралия), Green Star (Новая Зеландия), CASBEE (Япония) [1]. Существующие рейтинговые системы развиваются, обновляют критерии. В различных публикациях, например, в [1–3], проводится оценка и сравнение рейтинговых систем. Около 70% от общего числа таких статей принадлежат США, Канаде, Великобритании, Китаю и Австралии [1].

Целью данной работы является сравнение рейтинговых систем России и Китая. В рамках поставленной цели необходимо было: 1) охарактеризовать рейтинговые системы России и Китая; 2) оценить выбранный китайский объект недвижимости по отдельным критериям одной из рейтинговых систем.

Объектом оценки был выбран многофункциональный жилой комплекс, расположенный по адресу: Китай, город Цзилинь, район Фэнман, дом №8. Площадь участка, согласно кадастровой карте, составляет 132000 м^2.

Базовым законодательным российским документом по экологическим требованиям к объектам недвижимости является ГОСТ Р 54964-2012, в котором использованы основные нормативные положения международных стандартов ISO [4]. Методики и критерии оценки объектов недвижимости также изложены в Рейтинговой системе оценки устойчивости среды обитания СТО НОСТРОЙ 2.35.4–2011 (с учетом региональных особенностей), в рейтинговой системе GREEN ZOOM [5], в ГОСТ 70346–2022 «Зеленые стандарты» Здания многоквартирные жилые «зеленые» [6].

Национальный стандарт Китайской Народной Республики «Стандарт оценки зеленого строительства» GB/T 50378-2019 [7] является переизданием стандарта GB/T50378-2014 (но с более высокими требованиями) который, в свою очередь, пришел на смену стандарту GB/T50378-2006. Китай также принял стандарты оценки других «зеленых» типов зданий, например, Стандарт оценки зеленого здания здравоохранения CSUS/GBC 2-2011, Стандарт оценки экологически чистых промышленных зданий GB/T 50878-2013.

Для сравнения в данной работе были выбраны рейтинговая система «GREEN ZOOM» (Россия) и GB/T 50378-2019 (КНР).

«GREEN ZOOM» имеет следующие разделы: 1. Расположение застраиваемой территории и организация транспортного обеспечения; 2. Экологическая устойчивость застраиваемой территории; 3. Водоэффективность; 4. Энергоэффективность и снижение вредных выбросов в атмосферу; 5. Экологически рациональный выбор строительных материалов и управление отходами; 6. Экология внутренней среды здания; 7. Инновации; 8. Региональные особенности.

Оценка энергоэффективности, водоэффективности и экологичности проектируемых и построенных зданий проводится в баллах (максимум 90), и в соответствии с баллами присваивается Бронзовый сертификат (от 35 баллов), Серебряный сертификат (от 45 баллов), Золотой сертификат (от 55 баллов), Платиновый сертификат (от 70 баллов).

Рейтинговая система GB/T 50378-2019 включает разделы: 1. Безопасность и долговечность; 2. Здоровье и комфорт; 3. Удобство проживания; 4. Ресурсосбережение; 5. Комфортность окружающей среды. Оценочный балл каждой категории ¬100. Общий балл оценки «зеленого» здания рассчитывается по формуле, в которой сумма баллов за все категории, а также базовая оценка обязательных элементов и бонусы за продвижение и инновации делятся на 10. В соответствии с баллами присваивается 1 звезда (от 60 баллов), 2 звезды (от 70 баллов), 3 звезды (от 85 баллов).

Как видно, количество разделов и их названия различны для сравниваемых рейтинговых систем. Система GB/T 50378-2019 как бы направлена внутрь, на человека ¬ четыре из пяти ее разделов, так или иначе, связаны со здоровым, удобным и безопасным проживанием людей. В то время как в системе «GREEN ZOOM» большинство разделов связано с ресурсо- и энергосбережением.

В качестве примера решения второй задачи ниже приводится оценка выбранного объекта по категории 3 системы GB/T 50378-2019 – «Удобство проживания». Первое число – реальная оценка по методике, в скобках приведен максимальный балл.

3.1. Обеспечение пешеходной доступности остановок общественного транспорта – 8 (8);

3.2. Внутренние и внешние общественные зоны здания, отвечающие требованиям дизайна для всех возрастов – 3 (8);

3.3. Обеспечение пешеходной доступности различных объектов инфраструктуры – 10 (10);

3.4. Пешеходный доступ к открытым пространствам, таким как городские зеленые насаждения, скверы и общественные спортивные площадки – 5(5);

3.5. Рационализация фитнес-зоны и пространства – 10 (10);

3.6. Автоматическая телеметрическая система для классификации и градации энергопотребления, а также система управления энергопотреблением для обнаружения, анализа и управления энергопотреблением здания – 0 (8);

3.7. Система мониторинга качества воздуха по концентрациям PM10, PM2.5, CO2 с хранением данных не менее одного года и отображением в реальном времени – 5 (5);

3.8. Установлена система телеметрии водопользования и система онлайн мониторинга качества воды – 7 (7);

3.9. Создание интеллектуальных систем обслуживания – 6 (9);

3.10. Разработка надежных операционных процедур и планов действий в чрезвычайных ситуациях в области энергетики, водоснабжения, материалов и озеленения, а также эффективное внедрение механизмов стресс-менеджмента энергетических ресурсов – 2 (5);

3.11. Среднесуточное бытовое потребление воды населением 100–160 л/чел – 5(5);

3.12. Регулярная оценка эксплуатационной эффективности здания и оптимизация работы на основе полученных результатов – 12 (12);

3.13. Создание механизмов продвижения и практики «зеленого» образования и проведение регулярных исследований удовлетворенности – 5 (8).

Итоговая оценка – 78 (100).

На рис. 1 показано определение расстояния от выбранного комплекса до различных объектов в соответствии с п.п.3.1, 3.3, 3.4.

Рис. 1

Сравнение полученных и максимально возможных оценочных баллов показывает, что исследуемый объект отвечает большинству из критериев выбранной рейтинговой системы. Полученные оценки можно также частично использовать для оценки здания по системе «GREEN ZOOM», например, в разделе 1 при проверке пешеходной доступности объектов инфраструктуры, остановок общественного транспорта. В дальнейшем будет проведена оценка объекта по всем показателям обеих систем.

ЛИТЕРАТУРА:

1. A critical comparison of green building rating system / D.T. Doan, A. Ghaffarianhoseini, N. Naismith, T. Zhang, A. Ghaffarianhoseini, J. Tookey // Building and Environment. 2017. V.123. 243–260.

2. Schwartz Y., Raslan R. Variations in results of building energy simulation tools, and their impact on BREEAM and LEED ratings: A case study // Energy and Buildings. 2013. V.62. P.350–359.

3. Suzer O. Analyzing the compliance and correlation of LEED and BREEAM by conducting a criteria-based comparative analysis and evaluating dual certified projects // Building and Environment. 2019. V. 147. P.158–170.

4. ГОСТ Р 54964-2012. Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости (Дата актуализации 01.01.2021).

5. GREEN ZOOM. Практические рекомендации по снижению энергоемкости и повышению экологичности объектов гражданского строительства. АНО «НИИРУС» Книга 1. 2019. 87 с.

6. ГОСТ 70346–2022 «Зеленые стандарты». Здание многоквартирные жилые «зеленые». Методика оценки и критерии проектирования строительства и эксплуатации. М.: Российский институт стандартизации. 2022. 30 с.

7. GB/T 50378-2019: [Электронный ресурс] // URL: https://www.iea.org/policies/7915-gbt-50378-2014-green-building-evaluation-standard (Дата обращения 18.02.2023).

УДК 692.41:628.1.037

Вэй Цзиньвэй, Л.М. Молодкина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА КРОВЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СБОРА ДОЖДЕВОЙ ВОДЫ С КРЫШ В УХАНЕ, КИТАЙ

Ухань – крупный город в Китае с населением более 10 млн человек, в полной мере использующий агломерационный эффект города: высокую концентрацию людей, промышленности и зданий. В связи с быстрым развитием города и увеличением количества видов экономической деятельности человека, проблема загрязнения воды становится все более актуальной. Как типичный неточечный источник загрязнения, дождевой сток – это тип загрязнения, который происходит нерегулярно и имеет тенденцию к ухудшению региональной окружающей среды. Стоки с крыш являются важным типом городских дождевых стоков и в определенной степени загрязняют окружающую среду. Однако, поскольку водные ресурсы продолжают сокращаться, а потребность в воде в городах растет, возникает необходимость в разработке других видов водных ресурсов. Дождевая вода с крыш имеет относительно хорошее качество, легко собирается и может быть использована после простой обработки. Поэтому дождевая вода с крыш является одним из направлений развития и использования водных ресурсов.

Цель работы: оценка размера и материала крыш в Ухане, анализ и расчет количества осадков, собираемых с крыш.

Задачи исследования:

1. Оценка площади кровель в Ухане

Согласно общему плану землепользования Уханя на 2020 г., опубликованному Уханьским бюро природных ресурсов и планирования [1], предполагалось, что в 2020 г. в Ухане будет около 22% земель под строительство. Таким образом, в настоящее время общая площадь земель под строительство составляет около 1850 км^2, из которых на городское и сельское строительство приходится около 1353 км^2. Крыши в Ухане представлены в основном плоскими и наклонными типами, относительно невелико количество изогнутых крыш. Уклон наклонных крыш обычно составляет около 30 %. Таким образом, мы можем предположить, что общая площадь крыш жилых домов в Ухане составляет около 1353 км^2.

2. Анализ материалов, используемых для кровель

Плоские (асфальтовые и бетонные) и покатые (черепичные) крыши являются наиболее распространенными типами крыш в Ухане, а изогнутых крыш относительно немного [2].

На рис. 1 показана бетонная крыша жилого дома в районе Цзянъань города Ухань. Для бетонных крыш в Ухане используют бетон марки С20. Марка отражает класс прочности бетона (С – concrete, стандартное значение прочности на сжатие – 20 МПа или Н/мм^2) [3]. Состав бетона С20: обычный портландцемент, песок средний, мелкодробленый гранит. Водовяжущее отношение бетона составляет 0,6, песчаное – 0,4 [4].

На рис. 2 приведена фотография кровли из асфальтового гидроизоляционного материала. Асфальт для кровли можно в целом разделить на два вида: кровельные асфальтовые гидроизоляционные материалы и асфальтовая черепица.

В Ухане в основном используют битумные гидроизоляционные материалы для плоских крыш. Асфальтовая черепица встречается реже. Преимущества битумных гидроизоляционных материалов: хорошая гидроизоляция, простота строительства, широкий спектр применения, может использоваться для основания кровли.

Согласно GB/T 328.11-2007 «Теплостойкость битумного гидроизоляционного рулонного материала» [5] и «Анализ технологии определения теплостойкости битумного

гидроизоляционного рулона» [6], асфальтовые кровельные гидроизоляционные рулонные материалы, используемые в Ухане, обладают сравнительно хорошей теплостойкостью и сопротивлением старению. Теплостойкость составляет 80°C, прочность шва на отрыв (адгезия материала на отрыв) – 3,8 Н/мм.

Рис. 1. Бетонные кровли

Рис. 2. Асфальтовая кровля

3. Анализ количества осадков

Ухань имеет субтропический влажный муссонный климат с обильными осадками и солнечным светом и четырьмя ярко выраженными сезонами. В целом климат и окружающая среда хорошие, за последние 30 лет среднегодовое количество осадков составляет 1269 мм, и большая их часть приходится на июнь-август. Среднегодовая температура составляет 15,8°C – 17,5°C, годовой безморозный период обычно составляет 211–272 дня, а общее количество солнечных часов в году составляет 1810–2100 часов. Среднемесячное количество осадков и распределение среднемесячной температуры в городе Ухань показано на рис. 3 и 4 (по данным с веб-сайта «Weather Atlas»).

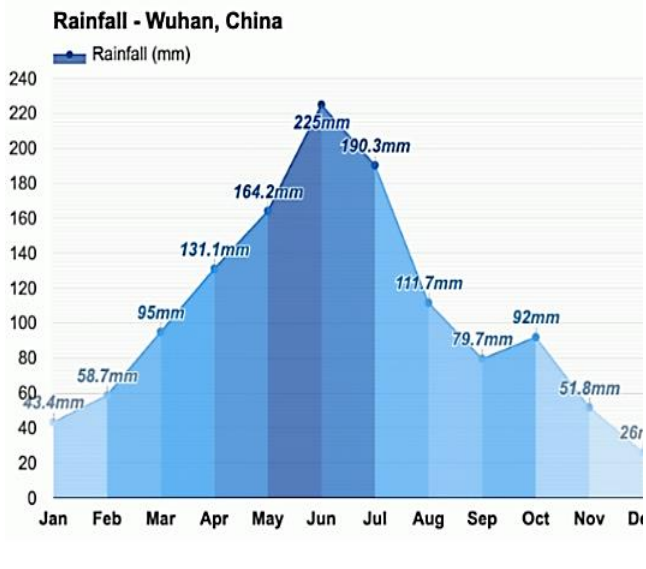


Рис. 3. Среднемесячное количество осадков

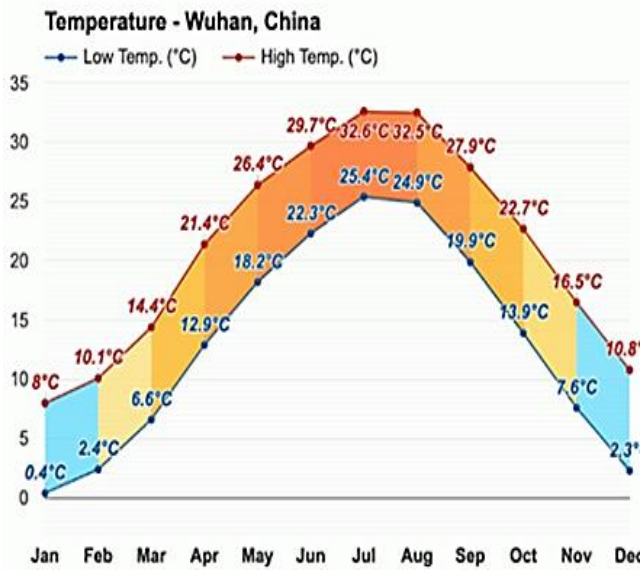


Рис. 4. Среднемесячная температура

В 2021 г. концентрация диоксида серы в атмосферном воздухе города составила 8 мкг/м^3, концентрация оксида углерода – 1,3 мг/м^3, концентрация озона – 155 мкг/м^3, концентрация вдыхаемых твердых частиц – 59 мкг/м^3, а концентрация мелкодисперсной взвеси в воздухе – 37 мкг/м^3, среднегодовой pH осадков в Ухане 6,37, повторяемость кислотных дождей – 1,3%.

4. Расчет количества осадков, которое можно собрать с бетонных и асфальтовых крыш

Количество осадков на крыше можно рассчитать по техническому регламенту системы отвода дождевой воды с крыши здания. Расчетный расход дождевой воды на поверхности водосбора должен рассчитываться по следующей формуле [7]:

$$Q = k \cdot \Psi_m \cdot q \cdot F, \quad (1)$$

где Q – расчетный расход дождевой воды, л/с; k – коэффициент водосбора, 1,5, если водосток используется для сбора воды и край водостока будет пропускать воду в помещение при его заполнении, 1,0 в остальных случаях; Ψ_m – коэффициент стока; q – расчетная интенсивность ливня, л/с-гм^2; F – площадь поверхности водосбора, гм^2. В соответствии с конкретной спецификацией коэффициент стока с асфальтовой крыши принимается равным 1,0, с бетонной – 0,9. Согласно Уханьскому расчетному кодексу типов ливневых осадков, мы принимаем значение q равным 4,2 [8]. При допущении равенства площадей бетонных и асфальтовых крыш получаем

$$Q = 1{,}0 \cdot 0{,}95 \cdot 4{,}2 \cdot 135300 = 539847 \text{ л/с}.$$

На основе оценки площади крыш и анализа кровельных материалов, используемых в Ухане, мы пришли к следующему выводу: общая площадь кровли в Ухане большая, доступная, в основном это бетонные и битумные крыши, материал которых имеет сравнительно хорошие характеристики прочности и теплостойкости. Также в работе были проанализированы данные о количестве осадков в Ухане, о неравномерности их распределения по сезонам, о загрязнении атмосферы, которое определяет состав примесей в дождевой воде. Определен расчетный расход дождевой воды на поверхности крыш г. Уханя.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Wuhan City Land Use Master Plan (2006~2020), Wuhan Natural Resources and Planning Bureau [Электронный ресурс] // URL: http://gtghj.wuhan.gov.cn/hs/pc-874-134068.html (Дата обращения 20.02.2023).
2. Shen J. Analysis of Roof Rainwater Quality Characteristics in Wuhan thesis // Wuhan University of Technology. 2009.
3. GB 50010-2010 Code for Design of Concrete Structures Standard // Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China / 2015.
4. Zhang F., Peng Y. Research on the relationship between C20 concrete composition materials, pore structure and performance //Magazine Urban Road Bridge and Flood Control / 2009. No.4. P.110–113.
5. GBT 328.11-2007 Bituminous Waterproof Roll Heat Resistance Standard // China National Standardization Administration / 2007.
6. Li W., Zhu Z. Analysis of heat resistance detection technology of asphalt waterproof membrane // Magazine Science and Technology & Innovation / 2022. No.2. P.128–130.
7. CJJ 142-2014 Technical specification for building roof rainwater drainage system Standard // Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China / 2014.
8. DB4201T641-2020 Wuhan City Rainstorm Intensity Formula and Design Rainstorm Pattern Standard //Wuhan Market Supervision Administration / 2020.

УДК 626.862.1

К.Н. Криулин, К.Л. Уткин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КОЛЬЦЕВОЙ ДРЕНАЖ ОТКРЫТЫХ ПЛОСКОСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ. ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ

В настоящее время повышается спрос на физкультурно-оздоровительные услуги, в связи с чем массово проектируются открытые плоскостные сооружения (ОПС) – стадионы, игровые площадки и так далее. Одним из обязательных разделов проектирования подобных объектов является инженерная подготовка их территории.

Во многих регионах Российской Федерации годовое количество осадков больше испаряемости. Это может вызвать подтопление – процесс, при котором уровни подземных вод превышают критические значения для данного вида объектов [1]. Для ОПС установлена норма осушения – 1 метр. При невыполнении этого условия требуется реализовать мероприятия для защиты от подтопления. Одним из таких мероприятий является понижение уровня грунтовых вод (УГВ) путем устройства дренажной системы. Возможна организация систематического или кольцевого дренажа (схемы которых представлены на рис. 1а и 1б, соответственно). Целью данной работы является обоснование использования кольцевого дренажа при устройстве ОПС. Для этого необходимо аппроксимировать формулами графические зависимости, используемые для расчета параметров кольцевого дренажа, и сравнить результаты применения кольцевого и систематического дренажей.

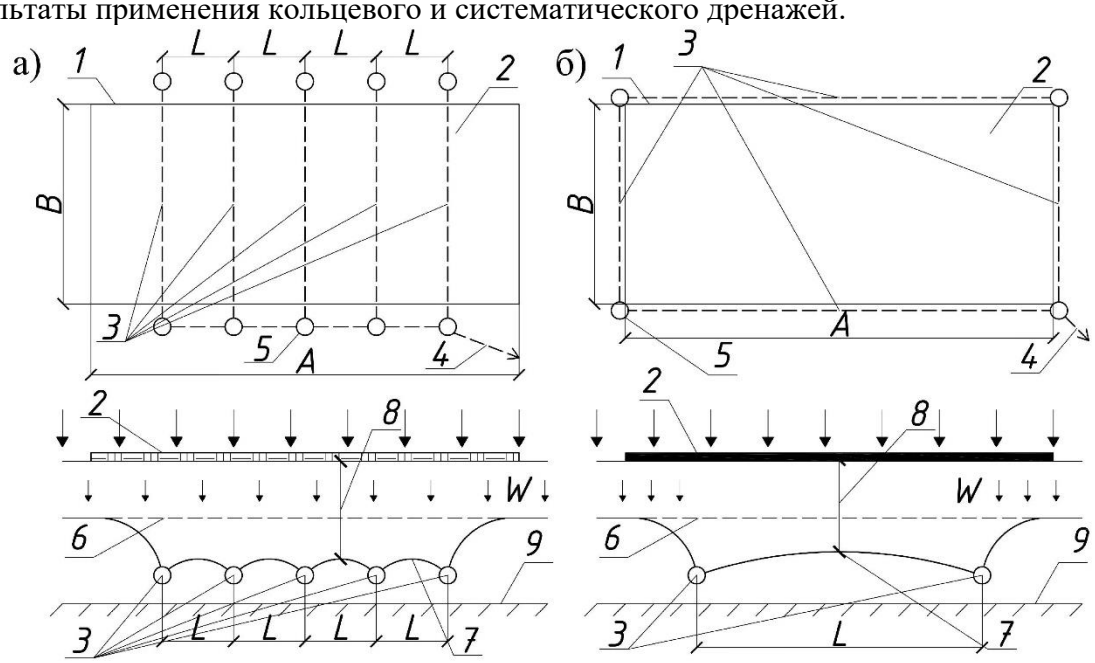


Рис. 1. Схемы дренажных систем: *а* – систематический дренаж; *б* – кольцевой дренаж: *A* и *B* – длина и ширина ОПС, 1 – граница ОПС, 2 – поверхность ОПС, 3 – дрены, 4 – дренажный коллектор, 5 – колодец, 6 – исходный УГВ, 7 – пониженный УГВ, 8 – норма осушения, 9 – водоупор, *L* – расстояние между дренами, *W* – интенсивность инфильтрации

В соответствии с [2] систематический дренаж (рис. 1,*а*) эффективен на больших по площади территориях в хорошо водопроницаемых грунтах. Однако на городских территориях присутствуют подземные инженерные сети, что ограничивает использование данного вида дренажа. Кроме того, во влажных районах из-за высокой интенсивности инфильтрации *W*, согласно [3], значительно уменьшится расстояние между дренами *L*, выполнены из

водонепроницаемых материалов – инфильтрация по площади таких сооружений невозможна. Таким образом, систематический дренаж нецелесообразен в данных условиях.

При подобных обстоятельствах рационально использование кольцевого дренажа (рис. 1,*б*). Его дренажные линии будут располагаться по периметру ОПС и понижать УГВ на требуемую глубину.

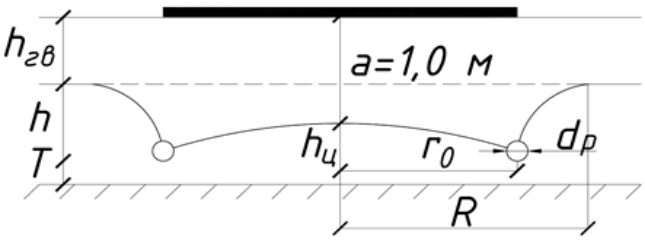


Рис. 2. Расчетная схема кольцевого дренажа

Расчетная схема представлена на рис. 2, где $h_{гв}$ – глубина залегания исходного УГВ, h – глубина заложения дрен под УГВ, T – высота залегания дрен над водоупором, a – норма осушения (проектная глубина УГВ под ОПС, принимается равной 1 м), $h_ц$ – высота подъема проектного УГВ по центру кольцевого дренажа, d_p – расчетный диаметр дрен, r_0 и R – соответственно приведенный радиус и радиус депрессии дренажной системы. Согласно [4]:

$$r_0 = \sqrt{\left(\frac{AB}{\pi}\right)}; \qquad R = r_0 + 2h\sqrt{\left(k(h+T)\right)}, \tag{1, 2}$$

где k – коэффициент фильтрации. Основные расчетные зависимости из [5] позволяют определять $h_ц$ (3) и Q – расход притока грунтовых вод (4):

$$h_ц = h\frac{ln\frac{8r_0}{r_р} - \pi + \frac{2r_0F}{T}}{ln\frac{8r_0}{r_р} + \frac{2r_0\varphi}{T}}; \tag{3}$$

$$Q = \pi k\frac{h^2}{ln\frac{R}{r_0}} + \frac{2\pi^2 Tkhr_0}{2r_0\varphi + T\,ln\frac{16r_0}{d_p}}, \tag{4}$$

где $r_р$ – радиус дрены; F, φ – расчетные параметры. Значения параметров F и $\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ в расчетных формулах (3), (4) в соответствии с [5, 6] должны определяться по зависимостям, представленным графически (рис. 3).

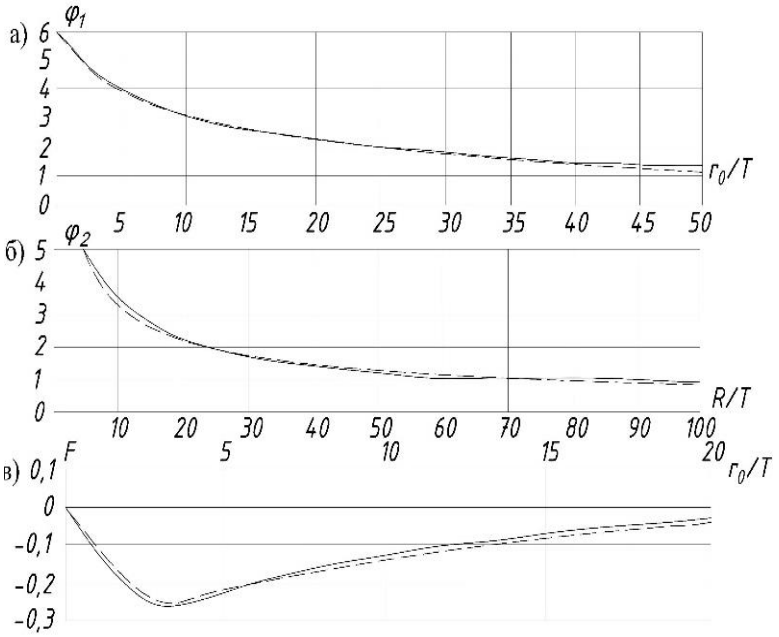


Рис. 3. Определение параметров φ и F

Использование рисунков при проектировании значительно снижает точность расчетов и многократно увеличивает время их выполнения. Поэтому в данной работе выполнена аппроксимация графиков (рис. 3,*а*; 3,*б*; 3,*в*) с использованием метода наименьших квадратов. Получены аппроксимирующие формулы (5), (6), и (7), (8), достоверность аппроксимации R^2 была не менее 0,996.

$$\varphi_1 = -1{,}244 \cdot \ln\frac{r_0}{T} + 6{,}004; \tag{5}$$

$$\varphi_2 = 12{,}984\left(\frac{R}{T}\right)^{-0{,}584}. \tag{6}$$

$$0 \le \frac{r_0}{T} \le 4;\ \ f_3 = 0{,}0048\left(\frac{r_0}{T}\right)^3 - 0{,}0085\left(\frac{r_0}{T}\right)^2 - 0{,}1032\left(\frac{r_0}{T}\right) + 0{,}0013; \qquad (7)$$

$$\frac{r_0}{T} > 4;\ f_3 = -0{,}0004\left(\frac{r_0}{T}\right)^2 + 0{,}0223\left(\frac{r_0}{T}\right) - 0{,}322. \qquad (8)$$

В качестве примера сравним два вида дренажных систем для ОПС размером 70 на 35 м, находящегося в г. Санкт-Петербург, на суглинистых грунтах. Для начала проанализируем применение систематического дренажа. Согласно [3]:

$$L = T\left(\sqrt{\frac{8kh_ц}{TW}\left(1 + \frac{h_ц}{2T}\right) + Б^2} - Б\right), \text{где } Б = 2{,}94\lg\frac{1}{\sin\frac{\pi d_р}{2T}}. \quad (9), (10)$$

Примем H = 4 м, h = 1,3 м [7], a = 1 м, W = 0,004 м/сут. [3], k = 0,3 м/сут., d_p = 0,41 м, $T = H - h = 2{,}7$ м, $h_ц$=0,1 м. Тогда из (9, 10):

$$Б = 2{,}94 \cdot \lg\frac{1}{\sin\frac{\pi \cdot 0{,}41}{2 \cdot 2{,}7}} = 1{,}84; L = 2{,}7 \cdot \left(\sqrt{\frac{8 \cdot 0{,}3 \cdot 0{,}1}{2{,}7 \cdot 0{,}004}\left(1 + \frac{0{,}1}{2 \cdot 2{,}7}\right) + 1{,}84^2} - 1{,}84\right) = 8{,}80.$$

Итого для систематического дренажа потребуется 7 дрен по 35 м и коллектор длиной 53 м. Общая погонная длина дренажа составит примерно 298 м.

Рассмотрим использование кольцевого дренажа для данного ОПС. Из формул (1, 2):

$$r_0 = \sqrt{(\frac{70 \cdot 35}{\pi})} = 27{,}9; \qquad R = 27{,}9 + 2 \cdot 1{,}3 \cdot \sqrt{\left(0{,}3 \cdot (1{,}3 + 2{,}7)\right)} = 30{,}7.$$

Из формул (5), (6), (8): φ_1 = 3,098; φ_2 = 3,139; F = -0,134. Тогда φ = -0,0405. Из формулы (3)

$$h_ц = h \cdot \frac{ln\frac{8 \cdot 27{,}9}{0{,}205} - \pi + \frac{2 \cdot 27{,}9 \cdot -0{,}134}{2{,}7}}{ln\frac{8 \cdot 27{,}9}{0{,}205} + \frac{2 \cdot 27{,}9 \cdot -0{,}0405}{2{,}7}} = 0{,}23.$$

Получается, что расстояние от поверхности ОПС до уровня грунтовых вод будет равно 1,07 м – требование по осушению выполняется, при этом потребуются две дрены по 70 м и две по 35 м. Итого общая протяженность составит 210 м, что на 88 м меньше, чем при использовании систематического дренажа.

Вывод. В работе обосновано преимущество использования кольцевого дренажа над систематическим при проектировании ОПС, обработаны графики зависимостей для расчета данного вида дренажа и предложены математические зависимости для ускорения и облегчения расчетов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 116.13330.2012. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения.

2. Криулин К.Н. Дренажные системы в ландшафтном и коттеджном строительстве СПб.: Изд-во ООО «НП-Принт», 2014 г. 121 с.

3. Криулин К.Н., Чернов П.В. О расчёте систематического дренажа в регионе Санкт-Петербург–Ленинградская область // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2019. Т. 293. С. 26–34.

4. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения. – М.: Стойиздат, 1985.

5. РМД 50-06-2009 Санкт-Петербург. Дренажи в проектировании зданий и сооружений.

6. Абрамов С. К. Подземные дренажи в промышленном и городском строительстве. – М.: Стройиздат, 1973.

7. Криулин К.Н., Бондаренко Е.А. Дренажные системы. Инженерная подготовка и защита от подтопления городских территорий. Градостроительство [Электронный ресурс]: учебное пособие; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, 2019.

UDC 628.218

Gul Rahman Abdulrahimzai
Peter the Great Saint Petersburg Polytech University

CALCULATION, DESIGN, AND TREATMENT OF A RESIDENTIAL TOWN'S SUSTAINABLE SEWER NETWORK

Water scarcity and pollution are major concerns in today's world. One of the ways to reduce their negative impacts is treatment of wastewater and its use as a resource [1, 2]. The lack of wastewater treatment plants in Afghanistan, particularly in Kabul, has been the primary source of contamination of groundwater which is the main source of drinking water for citizens [3]. Nearly 90% of Kabul's sewage and sanitary water is kept untreated in absorption wells [4]. This allows wastewater to infiltrate in the ground, contaminating aquifers and posing a serious hazard to human health and the environment. There is a critical requirement for wastewater analysis and design of a wastewater treatment plant.

The goal of the work is to develop a project for wastewater treatment system, including calculations of sewer network and design of wastewater treatment plant present in an area. The project's study area is Khoja Rawash town, which is located in Qasaba, in the east of Kabul city. Khoja Rawash is a residential town project, it has area of 40 hectares, with 78 residential blocks and a population of over 9000 people. To make calculations obtaining information about topography and slopes of the area was done. The general layout of the project was done using AutoCAD.

The diameters of the pipes, the slopes of the network lines, the velocity of flow in the pipes, and the wastewater treatment facility were calculated. According to International plumbing regulations, the primary formulae for this project have been Manning's formula for velocity and discharge formula [5]. In addition, the Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA) document for a decentralized wastewater treatment system for the treatment facility was used [6].

A small sewage network has been constructed for this area, but it does not clean and recycle water. The project presented in this paper is completely new; some troubles of the existing network are taken into account and solved. Additionally, the network of this project is located on a natural slope (Hillside), making it easy to analyze and design the wastewater to flow from the buildings to the treatment plant. The results of calculations of sewer network following the design procedure are presented in Table 1.

Table 1

Drain Fixture Unit	Drain Flow	Slope	*n*	Diameter	Area (Full)	Hydraulic radius	Vel full, *Vf*	Flow full, *Qf*	*Qs/Qf*	*Vs/Vf*	*d/D*	*Vs*	Sized correctly
	Lps	%	factor	mm	mm²	mm	m/s	m³/s	ratio	ratio	ratio	m/s	Fixture
360	6,12	1,0	0,013	150	17663	37,5	0,86	0,0152	0,40	1	0,5	0,86	True
666	9,78	0,7	0,013	150	17663	37,5	0,72	0,0127	0,77	1,12	0,68	0,81	True
936	12,49	1,0	0,013	200	31400	50	1,04	0,0327	0,38	0,57	0,45	0,59	True
1716	18,48	1,0	0,013	250	49063	62,5	1,21	0,0594	0,31	0,58	0,45	0,70	True
280	5,11	1,0	0,013	150	17663	37,5	0,86	0,0152	0,34	0,58	0,45	0,50	True
120	3,03	1,5	0,013	100	7850	25	0,80	0,0063	0,48	0,58	0,5	0,47	True
63	2,08	1,5	0,013	100	7850	25	0,80	0,0063	0,33	0,58	0,45	0,47	True
252	4,79	1,0	0,013	150	17663	37,5	0,86	0,0152	0,32	0,58	0,45	0,50	True
12	1,01	1,5	0,013	100	7850	25	0,80	0,0063	0,16	0,72	0,3	0,58	True

A sustainable, efficient, and cost-effective wastewater treatment should be selected in order to fit the amount of wastewater delivered from the houses in town and make it suitable for disposal and reuse. As a result, the Decentralized Wastewater Treatment System (DEWATS) was decided to use [6]. It is s based on the decentralization concept, simplicity, efficacy, and low operating and maintenance costs [7]. The operational diagram of a typical DEWATS train is given on Figure 1. Primary treatment of wastewaters is done in a septic tank (part 1 on Fig.1). Secondary treatment is realized in anaerobic baffled reactor and anaerobic filter (parts 2-3 on Fig.1). Tertiary treatment is done in constructed wetland and surface pond (parts 4-5 on Fig.1).

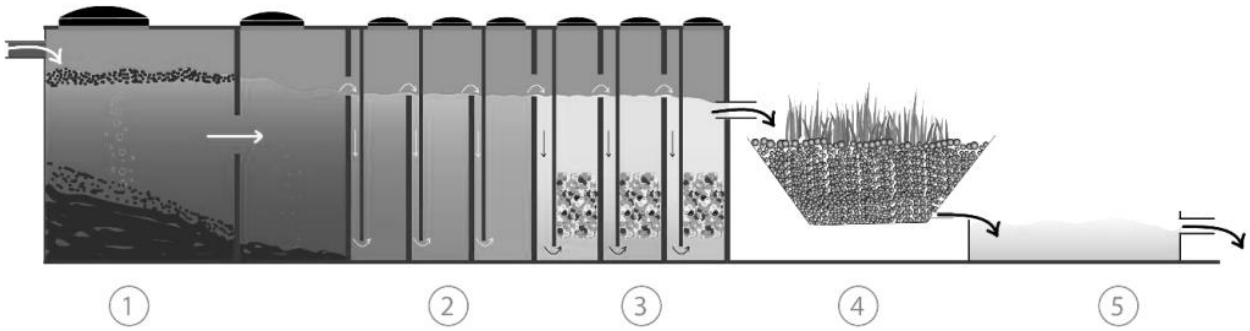


Fig. 1

The following results were obtained during the work on the project.

- To sustain open channel flow, the flow in pipes should be 50% full.
- To avoid freezing of the water in the pipe, the pipes must be put 800 mm underground.
- The lowest and maximum velocities, 0,6 m/sec and 3 m/sec, should be the primary design parameters for the pipe network.
- The DEWATS should be built in accordance with the BORDA manual's model.
- The septic tank should be rectangular, with a length to width ratio of three to one.
- All chambers should be the same depth; however, the depth of the first chamber can be greater because here is where the majority of the sludge collects.

At the conclusion of this project I investigated acceptable requirements for sewage networks and treatment facilities in order to address the problem of water scarcity and to find means to recapture and reuse water to the greatest degree feasible. In this project, I constructed a sewerage network to carry sewage from the residential settlement of Khoja Rawash in Kabul, Afghanistan's capital, in a healthy manner in order to safeguard public health and the environment in line with international plumbing rules.

REFERENCES:

1. WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. WHO, 2013. URL: https://www.who.int/publications/i/item/9241546824.
2. A Post-2015 global goal for water: Synthesis of key findings and recommendations from UN-Water. UN-Water, January 2014, 41 p.
3. Zaryab A., Noori A.R., Wegerich K., Kløve B. Assessment of water quality and quantity trends in Kabul aquifers with an outline for future drinking water supplies. Central Asian Journal of Water Research (2017) 3(2): 3–11.
4. Japan International Cooperation Agency (JICA) Study Team. Draft Kabul City Master Plan. Product of Technical Cooperation Project for Promotion of Kabul Metropolitan area Development Sub Project for Revise the Kabul City Master plan., JICA, 2011.
5. 2012 International Plumbing code. International code council, USA, 2012. URL: https://codes.iccsafe.org/content/IPC2012
6. Al-Muyeed A. Technical guidelines for designing a decentralized wastewater treatment system. Water_AiD Association, April 2017.

UDC 620.92

Abushreitah Alaa
Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University

YEMEN'S SOLAR ENERGY: DEVELOPMENTS, CHALLENGES, OPPORTUNITIES

Yemen has long been the poorest country in the Middle East and North Africa, but a conflict that erupted in 2014 has made only 10% of Yemenis have access to central electricity due to a collapsing electricity grid [1]. Therefore, rather than having to endure total darkness. Yemenis have turned to solar energy for an alternative source of energy sufficient to meet their daily needs.

The Republic of Yemen's solar energy resources are illustrated on a map in Fig. 1 [4]. The method that used in Yemen to produce electricity from solar energy is using photovoltaic technology (solar panels) to be used in a variety of industries, including lighting, pumps, etc. The daily solar radiation in Yemen averages (450–550) cal/cm^2/day, this is equal to (18.9–23.1) MJ/m^2 /day. These data are based on study of potential of solar power energy at several cities (Sana'a, Hodaidah. Bayhan and Lahaj) in Yemen. In addition the average hours of a day sunshine among the year, from 7.3 to 9.1 h that's equal (3000–3500) hours yearly [2]. According to ground measurement the average hours of sunlight in northern region is 7.3 hours per day in contrast of Socotra Island which is 9.1 hours per day [3]. The high degree of radiation in Yemen is extremely promising to use solar energy as a major power production source across the country.

Solar energy has an important role in reducing greenhouse gas emissions and mitigating climate change, which is critical to protecting humans, wildlife, and ecosystems. Solar energy can also improve air quality and reduce water use from energy. Reducing CO_2 emissions is one of the benefits of using solar energy in Yemen, as demonstrated by the graph Fig. 2 below, which shows a reduction in CO_2 emissions between 2015 and 2018 as Yemenis used solar energy more and more as their primary source of energy. In 2018, a total of 7 Mt CO_2 was emitted in Yemen, which is 63% less than the amount in 2005, and 71% less than the amount in 2014, the year before the military conflict started [5].

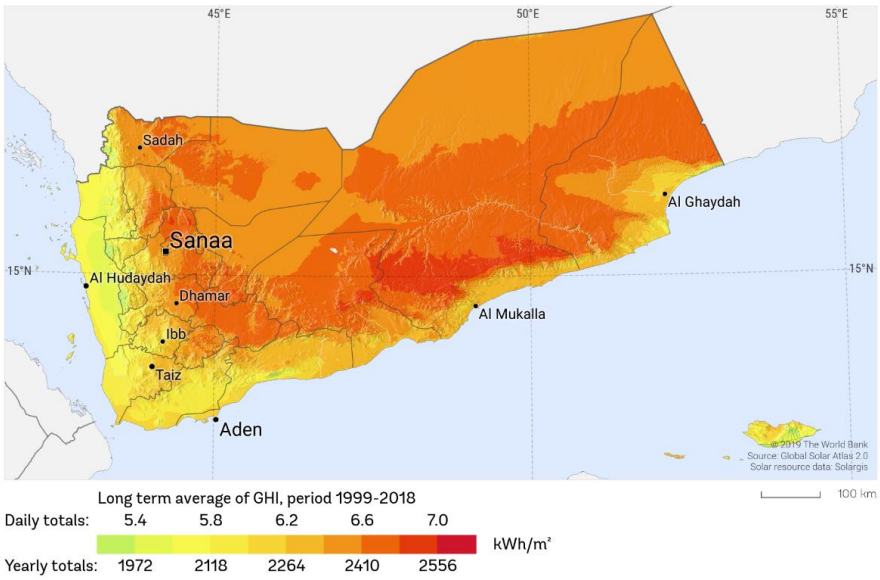


Fig. 1. Map of average annual surface solar irradiation in Yemen [4]

Even though solar energy has many benefits, there are drawbacks as well. The primary contributions are connected to transporting PV trash to the site, incineration procedures, and

additional metal recovery from bottom ash (including sieving, acid leaching, electrolysis, neutralization and filtrations). For example, the process's overall climate change impact is around 370 kg CO_2eq. This is mostly due to transportation (29%), PV sandwich incineration (34%), and metal recovery processes (24%). Si modules made of crystals are one of the PV panel technologies (Data from the IEA) Represent 85-90 percent of the Market. 1 ton of Si PV panels recycled results in a global warming potential (GWP) of 370 kg CO_2eq saving roughly 800-1200 kg CO_2eq/kg in the case of a module manufactured entirely from raw materials [6]. PV energy is also available sources produce energy with little in the way of harmful carbon emissions world warming.

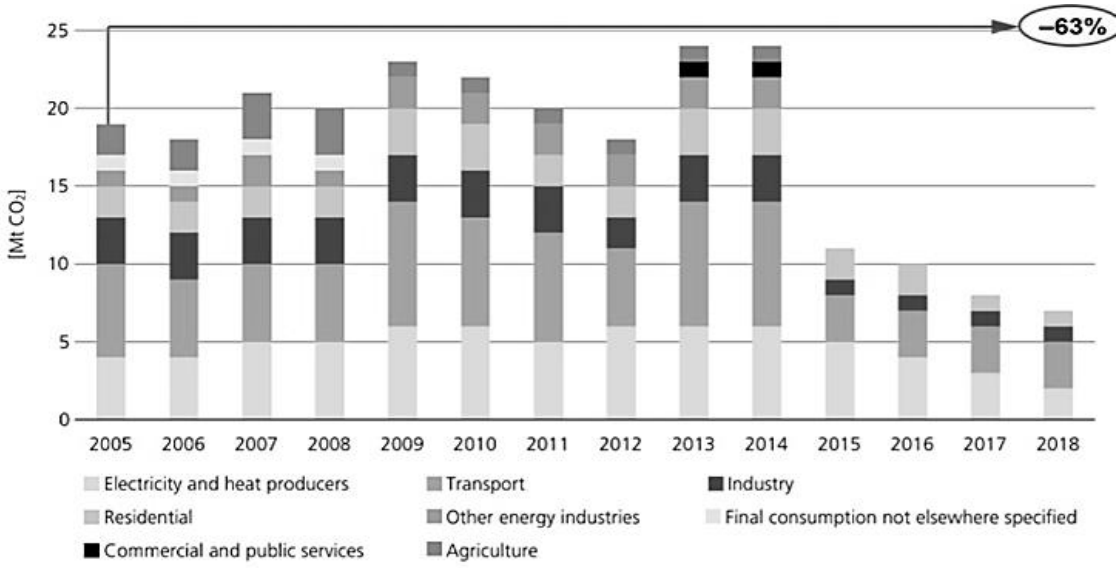


Fig. 2. CO_2 Emissions by sector (in Mt CO_2), Yemen 2005–2018 [5]

Despite the many advantages of solar energy, one of its disadvantages is the process of releasing carbon dioxide when it is recycled, and since the percentage of carbon dioxide in the recycling process is relatively low compared to the percentage that solar energy will contribute to avoiding its emission if it is not used. Solar energy is the ideal solution as an alternative energy source. However, it must be noted that Yemen has so far not had any official reports indicating that it uses recycling to dispose of waste solar panels, which makes it a problem in not understanding how the toxic waste of solar panels is disposed of.

REFERENCES:

1. International Finance Corporation. Andrew Raven. In Yemen, Solar Power Has Become a Lifeline. URL: https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/news_ext_content/ifc_external_corporate_site/news+and+events/news/202101-yemen-solar
2. Rawea A.S., Urooj S. Strategies, current status, problems of energy and perspectives of Yemen's renewable energy solutions. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2018, Vol. 82, Part 1, P. 1655-1663
3. Al-Shetwi A.Q. et al. Utilization of Renewable Energy for Power Sector in Yemen: Current Status and Potential Capabilities, in IEEE Access, 2021, vol. 9, pp. 79278-79292.
4. Download solar resource maps and GIS data for 200+ countries and regions URL: https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/yemen
5. Ersoy S.R., Terrapon-Pfaff J., Dhamrin M. and Baboraik A. Sustainable transformation of Yemen’s energy system. Wuupertal Institute, 2021, 41p.
6. Divya A., Adish T., Kaustubh P., Zade P.S. Review on recycling of solar modules/panels by Solar Energy Materials and Solar Cells. 2023,Vol. 253, 112151.

УДК 691.328

Л.А. Шамкова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ООО «ПСК» ПЕРСПЕКТИВА» (САНКТ-ПЕТЕРБУРГ)

Из всего количества промышленных отходов, попадающих в окружающую среду, на производство железобетонных изделий (ЖБИ) приходится незначительная часть. Тем не менее, на предприятиях по производству ЖБИ имеются основные и обеспечивающие технологические процессы производства, которые весьма значительно загрязняют окружающую среду [1, 2].

Одним из видов негативного воздействия на окружающую среду со стороны предприятий по производству ЖБИ считается антропогенная деградация почв, загрязнение атмосферы выбросами и загрязнение водоемов сточными водами за счет образования большого количества твердых отходов производства.

Цель работы – провести анализ состава и количества образовавшихся отходов производства на предприятии по изготовлению железобетонных изделий, предложить способы снижения их негативного воздействия на окружающую среду.

Актуальность темы работы обусловлена наличием большого количества предприятий по изготовлению данных изделий в России, на 2022 г. насчитывается около 177 организаций [3].

Работа выполнена на примере ООО «ПСК «Перспектива». Оно основано в 1983 г. в Кировской области, один из филиалов расположен в Санкт-Петербурге. В настоящее время численность сотрудников в данном филиале составляет 70 человек. Предприятие осуществляет проектирование и изготовление ЖБИ (безнапорные трубы, колодцы и т.д.). Для анализа были использованы данные отчетности за 2022 г. собранные сотрудниками предприятия. В таблице 1 приведен перечень и количество образовавшихся отходов [4].

Таблица 1 – Отходы производства, образующиеся на предприятии

№ п/п	Отходы, т	Наименование и вид отходов
Отходы 3-го класса опасности		
1	0,11	Масла моторные отработанные
2	0,054	Масла трансмиссионные отработанные
Отходы 4-го класса опасности		
3	3,726	Мусор от бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный)
4	1,3	Обтирочный материал, загрязненный маслами (масел < 15%)
5	17,14	Смет с территории предприятия
6	0,02	Шлак сварочный
Отходы 5-го класса опасности		
7	19	Лом черных металлов несортированный
8	0,18	Остатки и огарки стальных сварочных электродов
9	0,0112	Отходы бумаги и картона от канцелярской деятельности и делопроизводства
10	1300	Щебень
11	210	Цемент

Из таблицы видно, что большая часть (около 55% по массе) образовавшихся отходов приходится на отходы цемента и бетона [4]. На втором месте (около 15%) − лом черных металлов. На третьем месте (около 12%) находится смет с территории предприятия, далее идут отходы бытовых помещений (7%, исключая крупногабаритные отходы), 11% приходятся на остальные отходы.

В 2022 г. 0,164 т отходов 3-го класса опасности было передано специализированным организациям для обезвреживания (масла моторные отработанные и масла трансмиссионные отработанные) [5]. 1529 т отходов 5-го класса опасности передано сторонним организациям для дальнейшей утилизации. Сюда входят лом черных металлов несортированный, отходы щебня и цемента [5]. Остальные 22,3772 т отходов было переданы для захоронения [5].

Таким образом, утилизируется только 44% образовавшихся на предприятии отходов, остальные 56% вывозятся на полигон, что является негативным воздействием на окружающую среду. С целью его снижения рекомендуется увеличивать процент отходов производства для последующей передачи на утилизацию и переработку. В данном случае это возможно, если найти предприятия, которые занимаются производством вторичного сырья. Например, отходы щебня и цемента можно вторично использовать, если предварительно измельчать их через бетонную дробилку, уменьшая размер фракции. Применение данной дробилки возможно в том числе с частичным присутствием металла в бетонных фракциях, так как после конвейерной линии у дробилок установлена магнитная сепарация, которая извлекает лом [6].

Предприятию следует совершенствовать раздельный сбор твердых бытовых отходов, а реализовать это возможно с привлечением сторонних организаций, которые нацелены на приобретение отходов производства для дальнейшей переработки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Промышленное производство в России.2021: Стат. сб. / сост. С.Н. Егоренко. – Росстат. – М., 2021. – 305 с.
2. Ролле Н.Н., Молодкина Л.М., Чусов А.Н. Экология строительства. СПб, 2014, 234с.
3. Фабрикаторс-ру-каталог производителей и товаров [Электронный ресурс]: Заводы ЖБИ в России. – Режим доступа https://fabricators.ru/proizvodstvo/zavody-zhbi
4. Декларация о плате за негативное воздействие на окружающую среду за 2022 год ООО "ПСК Перспектива".
5. Журнал учета в области обращения с отходами ООО "ПСК Перспектива" за 2022 год.
6. Венцюлис Л.С. Система обращения с отходами: принципы организации и оценочные критерии. – СПб.: Изд-во ПИЯФ РАН, 2007 – 206 с.

УДК 628.4

К.Ю. Зубкова, Е.Ю. Негуляева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СЦЕНАРИЯ ДЛЯ ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ В МАЛОМ НАСЕЛЁННОМ ПУНКТЕ

Цель работы: анализ и обоснование организации сбора и обезвреживания твердых коммунальных отходов (ТКО) для условий Сухинского сельского поселения Республики Бурятия РФ. Поселение находится на восточном берегу озера Байкал. Особенностью сельского поселения является его уникальный природный комплекс, набирающий широкую популярность в туристической индустрии. Однако регион не имеет достаточного развития в сфере экономической и социальной инфраструктур. Задачи работы: сбор и анализ исходных данных для разработки этапов системы обращения с ТКО в выбранном населённом пункте; выбор метода оптимизации системы обращения с отходами; расчет минимальных затрат на

обезвреживание ТКО при различных сценариях обращения с отходами. Метод исследования: теоретический анализ; математическая теория конфликтных ситуаций, теория игр. Новизна исследования заключается в использовании метода математической теории конфликтных ситуаций для обоснования обращения с отходами сельского поселения.

Одним из важных вопросов для региона, которые требуют решения, является система обращения с ТКО. На сегодняшний день она является недостаточно эффективной, а в пик туристического сезона службы вывоза мусора не выдерживают нагрузки, и отходы переполняют баки [1]. Также согласно территориальной схеме обращения с отходами Республики Бурятия, главными приоритетами в сфере обращения с ТКО являются создание эффективной системы обращения с отходами, доступности услуг по обращению с ТКО, развитию инфраструктуры по раздельному сбору, обработке, утилизации, обезвреживанию и экологически безопасному размещению ТКО [2], что определяет актуальность цели и задач работы.

Согласно территориальной схеме Республики Бурятия, численность населения Сухинского сельского поселения на 2019 г. составляет 1078 чел., количество образуемых ТКО – 2569,413 $м^3$ в год. Санитарная очистка организована путем сбора ТКО в контейнеры и вывоза отходов на полигон. В настоящий момент в регионе основной способ обращения с отходами – захоронение на полигоне, но также существует несколько мусоросортировочных станций [2]. В сельском поселении раздельный сбор ТКО на настоящее время не применяется. Организация сбора ТКО является важным фактором экологической безопасности системы обращения с отходами [3].

Метод моделирования предполагает построение вербальной модели, которая включает выбор заинтересованных сторон (далее – игроки) и определение стратегий.

Для составления модели в работе рассматриваются следующие способы обезвреживания ТКО: захоронение на полигоне, механизированная переработка ТКО, компостирование и плазменная газификация [4]. Сжигание, как способ утилизации отходов не рассматривается, так как Сухинское сельское поселение расположено в центральной экологической зоне Байкальской природной территории, в которой ограничиваются виды деятельности, при осуществлении которых оказывается негативное воздействие на уникальную экологическую систему озера Байкал [2].

Разработанная модель включает следующее. Игрок А – сельское население, у которого есть 2 стратегии – осуществление смешанного (А1) и раздельного сбора мусора (А2). Игрок Б – региональный оператор по обращению с отходами, у которого есть несколько стратегий: вывоз мусора на полигон для захоронения (Б1); механизированная переработка ТКО с вывозом хвостов сортировки на полигон (Б2); переработка ТКО с компостированием органических отходов и вывозом оставшихся неперерабатываемых фракций на полигон (Б3); уничтожение ТКО методом плазменной газификации (Б4). Цена тарифа ТКО зависит от затрат регионального оператора, сельское население заинтересовано в минимизации тарифа. Затраты регионального оператора определены согласно данным Республиканской службы по тарифам Республики Бурятия [5]. В расчёте принято, что в случае со смешанным сбором ТКО, региональный оператор предоставляет 4 контейнера, в случае с раздельным сбором отходов – 3 контейнера для вторичного сырья и 1 контейнер для смешанных ТКО (неперерабатываемые отходы). Заложены следующие допущения: 10% вторичного сырья можно получить из бака со смешанными отходами (случай только со смешанным сбором). Примерно 30% органических фракций можно получить из смешанного контейнера. После компостирования отходы, которые не пригодны для переработки, отправляются на полигон.

Результаты расчетов расходов регионального оператора на обращение с ТКО по восьми ситуациям представлены в таблице 1.

Таблица 2 – Затраты регионального оператора на обращения с ТКО

Ситуация	Затраты (в условных единицах)									
	Транспорт.	Обработка	Захоронение на полиг.	Негатив. возд. на окр. ср.	Сортиров.	Переработка	Компост.	Плазм. обр.	Плата раб.	Всего
А1Б1	50	120	80	40	–	–	–	–	10	300
А1Б2	100+50	120	72	36	120	8	–	–	30	536
А1Б3	100+50	120	48	24	120	8	60	–	35	565
А1Б4	100	120	–	–	120	8	–	252	45	645
А2Б1	50	120	80	40	–	–	–	–	10	300
А2Б2	100+50	30	20	10	120	60	–	–	30	420
А2Б3	100+50	30	14	7	120	60	15	–	35	431
А2Б4	100	30	–	–	120	60	–	70	45	425

Из таблицы 1 видно, что наибольший тариф соответствует А1Б4 (в основе метод плазменной газификации), наименьший тариф в ситуациях А1Б1, А2Б1 (захоронение на полигоне). Матрица игры для решения поставленной задачи представлена в таблице 2.

Таблица 3 – Матрица игры

	А1	А2	α
Б1	300	300	300
Б2	536	420	420
Б3	565	431	431
Б4	645	425	425
β	645	431	α= β=431

На основе представленных расчетов находим решение составленной матрицы:

1. Гарантированный выигрыш игрока А при любой стратегии игрока Б. Нижняя цена игры $\alpha = \max(300, 420, 431, 425) = 431$;

2. Гарантированный выигрыш игрока Б при любой стратегии игрока А. Верхняя цена игры $\beta = \min(645, 431) = 431$.

В нашем случае верхняя и нижняя цены игры совпадают $\alpha = \beta = v = 431$, что означает, что оптимальное значение достигается на паре чистых стратегий (А2, Б3), следовательно, игра имеет седловую точку. При этом стратегия Б3 является максиминной стратегией, а стратегия А2 – минимаксной стратегией. Минимаксные стратегии, соответствующие цене игры, являются оптимальными стратегиями, а их совокупность оптимальным решением, или решением игры. В этом случае игрок А получает максимальный гарантированный (не зависящий от поведения игрока Б) выигрыш v, а игрок Б добивается минимального гарантированного (вне зависимости от поведения игрока А) проигрыша v.

Таким образом, оптимальной стратегией обращения с ТКО для выбранного населенного пункта является организация раздельного сбора ТКО с дальнейшей их переработкой с компостированием органических отходов и вывозом оставшихся неперерабатываемых фракций на полигон.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Вести Бурятия. Жители Кабанского района Бурятии страдают от гор мусора. URL: https://bgtrk.ru/news/society/219703/ (дата обращения: 25.02.2023).

2. Приказ "Об утверждении территориальной схемы обращения с отходами Республики Бурятия" от 29.04.2020 №159-ПР. Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Республики Бурятия, URL: https://egov-buryatia.ru/mpr/tsoo.php.

3. Негуляева Е.Ю., Маева Е.Е. Сбор твердых коммунальных отходов как фактор обеспечения экологической безопасности населенных мест // в сборнике: Дальневосточная весна – 2019. материалы 17-й Международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности. 2019. С. 55–57.
4. Килоева М.М. Система обращения с твердыми коммунальными отходами и механизм ее финансирования в России: состояние и направления развития . – 2020. – Т. 28, № 2. – С. 146–155.
5. Повестка «О корректировке единых тарифов на услугу регионального оператора ООО «ЭкоАльянс» по обращению с твердыми коммунальными отходами в 1 зоне Республики Бурятия на 2022 год». Официальный сайт Республиканской службы по тарифам, URL: https://egov-buryatia.ru/rst/about_authority/kollegiya/index.php.

УДК 504.064.47

Е.А. Данилов, И.Г. Русскова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ДЗЕРЖИНСКИЙ ЗАВОД – ПРОГНОЗЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ НОВЫХ ОБЪЁМОВ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

К 2024 году в Нижегородской области, г. Дзержинск, будет введен в эксплуатацию завод по переработке литий-ионных аккумуляторов. Запланировано пять автоматизированных линий завода по сортировке и переработке разного типа батарей общей производительностью до 50 тыс. т в год [1].

Цель работы – анализ возможности Дзержинского завода переработать большое количество отработавших литий-ионных аккумуляторных батарей (АКБ).

Для этого в работе произведены расчёты по объёмам утилизации литий-ионных АКБ электромобилей. Все использованные в расчёте данные являются ориентировочными из-за отсутствия сведений обо всех зарегистрированных и планируемых к регистрации электромобилей в России за период с 2014 по 2033 г., точных данных об утилизируемых электромобилях, весе, сроке службы литий-ионных АКБ.

Принятые допущения в данной работе:

1. Рассматривается только сегмент, связанный с электромобилями.

2. Берётся максимальный вес АКБ, равный 500 кг. Аккумулятор электромобиля состоит из отдельных аккумуляторных ячеек. Аккумуляторная батарея может состоять из 8 блоков. В каждом блоке по 12 ячеек [2].

3. Срок службы АКБ электромобиля равен четырем годам, учитывая климатические условия большинства регионов России и технические характеристики АКБ. Эксплуатация аккумулятора при нормальном режиме составляет минимум 8–10 лет. На средний срок службы аккумулятора влияют разные физические и механические факторы, такие как: естественное старение, условия эксплуатации.

4. Берётся идеальный исход событий, когда завод действительно откроется к 2024 г. и срок службы каждого АКБ будет равен четырем годам.

5. Все, кто покупает электромобили, заинтересованы в покупке новых АКБ взамен отработавшим.

6. Начало ввода в эксплуатацию новых АКБ начинается в этот же год, когда была проведена замена отработавших АКБ.

Данные [3] о количестве отработавших литий-ионных АКБ новых электромобилей, представленных на первичном рынке, показаны на рис. 1.

Сложив количество отработавших литий-ионных АКБ в период с 2017 по 2023 г., получается 1618 шт. При вычислении учитывались только новые выпущенные электромобили

в период с 2014 по 2020 г. и, соответственно, определённое количество литий-ионных АКБ для каждого электромобиля в период с 2014 по 2020 г.

В период с 2017 по 2023 г., литий-ионные АКБ уже станут непригодными для эксплуатации, и нужна будет повторная замена АКБ, соответственно, за 2020 г. – 140 шт., за 2021 г. – 116 шт., за 2022 г. – 83 шт., за 2023 г. – 95 шт. При вычислении данной суммы учитывались АКБ в период с 2020 по 2023 г. Сложив количество отработавших литий-ионных АКБ, получается 434 шт.

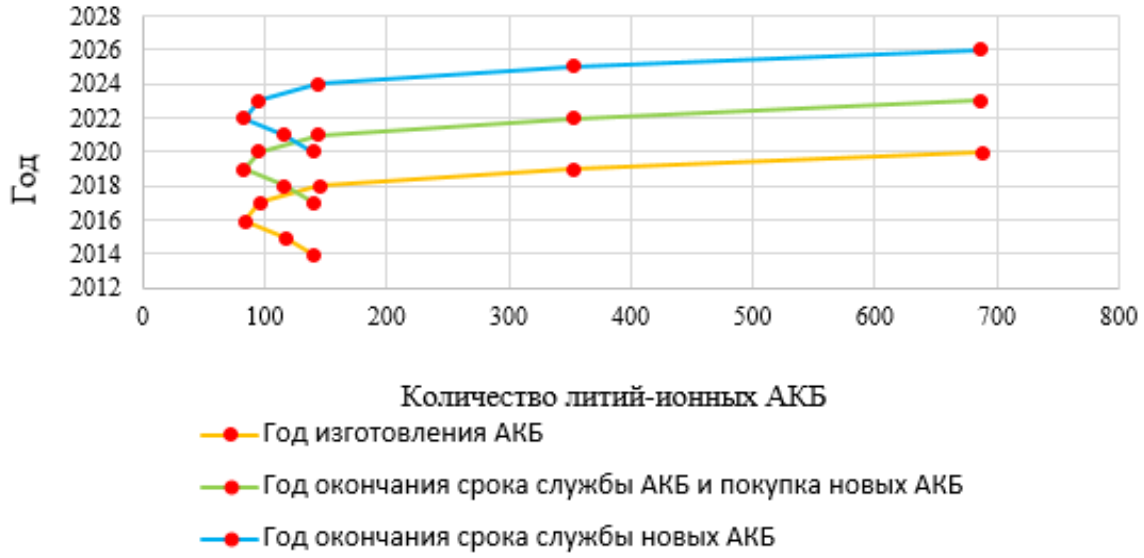


Рис. 1. Количество отработавших литий-ионных АКБ новых электромобилей

Просуммировав количество отработавших литий-ионных АКБ новых электромобилей, получается 2052 шт., соответственно, с 2017 по 2023 г., при условии, что все эти АКБ являются отходами, которые складируются и не утилизируются до 2024 г. Общий вес всех отработавших АКБ будет составлять 1026000 кг (1026 т).

В распоряжении Правительства РФ от 23 августа 2021 г. № 2290-р прописана Концепция, цель которой вывести рынок электромобилей в РФ на новый уровень [4]. В данной Концепции указано, что к 2024 г. планируется выпустить и ввести в эксплуатацию не менее 25000 электромобилей. Следовательно, к 2027 г. будет 25000 отработавших литий-ионных АКБ, вес которых будет составлять 12500000 кг (12500 т). Учитывая, что производительность Дзержинского завода запланирована на 50000 т, он справится с таким количеством отработавших литий-ионных АКБ.

За 2021 год жителями нашей страны было куплено 5273 подержанных электромобилей. Как отмечают эксперты агентства «АВТОСТАТ» [5], данный результат на 92,3% больше, чем в 2020 году (4882 шт.) и на 62,6% больше, чем в 2019 г. (3303 шт.).

Если предположить, что в подержанных электромобилях стоят литий-ионные АКБ, которые отслужили ровно половину своего времени (2 года), то, сложив количество отработавших литий-ионных АКБ в период с 2019 по 2021 г., получается 13458 шт.

В период с 2023 по 2025 г., литий-ионные АКБ уже станут непригодными для эксплуатации, и нужна будет повторная замена АКБ, соответственно, за 2023 г. – 3303 шт. При вычислении учитывались АКБ до 2023 г. (до момента строительства завода). Сложив количество отработавших литий-ионных АКБ подержанных электромобилей, получается 3303 шт.

Просуммировав количество отработавших литий-ионных АКБ подержанных электромобилей, получается 16761 шт., соответственно, с 2019 по 2023 г., при условии, что все эти АКБ являются отходами, которые складируются и не утилизируются до 2024 г.

Если предположить, что вес одного АКБ составляет 500 кг, то общий вес всех отработавших АКБ будет составлять 8380500 кг (8380,5 т). Это составит 16,8% от общей возможности завода (50000 т в год) на переработку АКБ.

Если просуммировать все отработавшие литий-ионные АКБ новых и подержанных электромобилей (18813 шт.), которые рассматривались в данных расчётах, и приплюсовать к ним планируемые из Концепции отработавшие литий-ионные АКБ (25000 шт.), то в итоге получается 43813 шт. Рассматриваемый сегмент подержанных, новых и планируемых к выпуску электромобилей будет занимать 87,6% от общей возможности завода на переработку АКБ. Следовательно, можно сделать вывод, что Дзержинский завод способен переработать все отработавшие АКБ.

К 2030 г., исходя из распоряжения Правительства РФ от 23 августа 2021 г. № 2290-р, планируется ввести в эксплуатацию 1,5 млн электромобилей. Если предположить, что вес одного АКБ составляет 500 кг, то общий вес всех отработавших АКБ к концу 2033 г. будет составлять 750000 т. Это в 15 раз превышает возможность завода перерабатывать отработавшие литий-ионные АКБ за 1 год, следовательно, на данный момент уже существует острая необходимость в постройке аналогичных заводов с общей производительностью 50000 т в год (минимальное количество заводов – 15 к 2033 г.).

Таким образом, к концу 2033 года Дзержинский завод будет не способен утилизировать все отработавшие литий-ионные АКБ новых, подержанных и планируемых к выпуску электромобилей.

Перечень предложений по улучшению в области использования литий-ионных АКБ включает в себя следующее:

- внесение литий-ионных отработавших АКБ в Федеральный классификационный каталог отходов (ФККО) [7]. На сегодняшний день литий-ионные АКБ не имеют своего кода. Каждый отход должен классифицироваться и иметь свой 11-значный код, чтобы определить степень опасности данного типа отхода, рассчитать стоимость и способ утилизации АКБ;
- строительство новых дополнительных заводов по переработке и утилизации отработавших литий-ионных АКБ (15 заводов к 2033 г.);
- создание эффективной системы сбора отработанных источников тока у населения;
- совершенствование расширенной ответственности производителя (РОП) за утилизацию АКБ электромобилей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Росатом построит первый в России завод по переработке аккумуляторов за 5 млрд рублей. LIFEJOURNAL [Электронный ресурс]. – URL: https://zavodfoto.livejournal.com/6806269.html

2. Как долго служат аккумуляторы для электромобилей? Знание – свет [Электронный ресурс]. – URL: https://znanie-svet.ru/srok-sluzhby-akkumulyatorov-elektromobiley/

3. Варвара Киселева. Рынок электроавтомобилей: анализ, перспективы, ситуация в России. Vc.ru [Электронный ресурс]. – URL: https://vc.ru/u/798640-varvara-kiseleva/241028-rynok-elektroavtomobiley-analiz-perspektivy-situaciya-v-rossii

4. Распоряжение Правительства РФ от 23 августа 2021 г. № 2290-р «О Концепции по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года». Гарант.ru. Информационно-правовой портал [Электронный ресурс]. – URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402553686/

5. На рынке электромобилей сменился лидер / АВТОСТАТ. Аналитическое агентство [Электронный ресурс]. – URL: https://www.autostat.ru/articles/48189/

6. Приказ Минприроды России от 11.06.2021 года № 399 «Об утверждении требований при обращении с группами однородных отходов I – V классов опасности». Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/608263859

УДК 620.91

К.А. Мещерякова, Н.А. Политаева, А.М. Опарина, Н.В. Зибарев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ОБЛАСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ ИЗ БИОМАССЫ

Дефицит энергоносителей и проблемы охраны окружающей среды обусловили формирование нового научно-технического направления – биоэнергетики (получении энергии из биомассы). Биомасса является возобновляемым органическим материалом, который поступает из растений и животных. Она является древнейшим источником энергии, однако ее использование до недавнего времени сводилось к прямому сжиганию на открытом огне, в печах, топках с относительно низким КПД. В различных странах использование биомассы для получения энергии отличается и зависит от уровня развития страны.

Основная цель работы – изучить современные технологии получения энергии из биомассы, основываясь на анализе литературных источников по актуальным мировым тенденциям в области получения биоэнергии. В статье были использованы следующие методы научного исследования: сбор и обработка данных – описание, анализ и синтез.

Методы получения энергии из биомассы. Современные технологии получения энергии из биомассы можно разделить на 3 группы [1]:

1. Тепловые технологии (прямое сжигание, пиролиз и газификация).
2. Биотехнологии (мезо- и термофильное анаэробное сбраживание, фотолиз).
3. Химические технологии (экстракция, этерификация, переэтерификация, гидротермальное сжижение и т.д.).

Наиболее признанными технологиями получения твердого биотоплива являются гранулирование, пиролиз и торрефикация. К твердому биотопливу относят традиционные дрова (часто в виде отходов деревообработки) и топливные гранулы (прессованные мелкие остатки деревообработки). Энергию из органических отходов получают следующими методами: анаэробным сбраживанием, прямым сжиганием, гидротермальным сжижением, переэтерификацией, пиролизом, термической газификацией и ферментацией. Выбор технологического процесса зависит от желаемого конечного продукта и исходного сырья. Растительная биомасса является одним из эффективных сырьевых материалов для производства энергии. Наиболее известными технологиями производства топлива и энергии из растительной биомассы являются [2]:

1. Технология производства биодизельного топлива на основе рапсового масла.
2. Технология получения биоэтанола из тростника и соломы.
3. Технология получения различных видов топлива путем пиролиза биомассы тростника, древесины и соломы.
4. Технология получения биогаза путем ферментации растительных отходов (тростника, соломы, силоса и т.д.) в анаэробных условиях.
5. Технология производства биометанола.
6. Создание и использование энергетических плантаций.
7. Гранулирование и брикетирование растительных остатков биомассы для увеличения выработки тепловой энергии.

Производство энергии из биомассы водорослей. Водоросли обладают высокой скоростью образования первичной продукции в Мировом океане и пресных водоемах суши. При получении энергии из водорослей можно выделить 3 основные технологии [3]:

1. Получение биодизеля методами экстракции, этерификации, гидротермального сжижения.
2. Производство биоводорода при помощи водорослей.

3. Получение метана при мезофильном анаэробном сбраживании биомассы с дальнейшим получением биоводорода.

Водоросли используются для производства таких видов топлива, как метан, биоводород и биодизельное топливо [3]. При оптимальных условиях культивирования некоторые виды водорослей могут накапливать больше липидов. Извлечение липидов из биомассы микроводорослей является важнейшим этапом процесса производства биодизельного топлива [3].

Рекуперация энергии из сельскохозяйственных отходов. Существует несколько поколений биотоплива. Сырье первого поколения: сельскохозяйственные культуры с высоким содержанием жиров, крахмала, сахаров. Второе поколение: непищевые остатки культивируемых растений, трава, древесина. Третье поколение: топлива, полученные из водорослей. Сельскохозяйственные отходы потенциально могут быть использованы для производства биотоплива второго поколения. Индонезия является крупнейшей страной в мире по производству пальмового масла, где образуется большое количество отходов, называемых биомассой масличной пальмы (БМП), вызывающие серьезное загрязнение окружающей среды (ОС). В одном из исследований [4] обобщался процесс пиролиза данного вида отходов с получением усовершенствованного твердого топлива. В процессе пиролиза образовывался синтез-газ, а также остаток, который рассматривался в качестве добавки к почве.

Наиболее часто используемыми технологиями переработки органических отходов в биоэнергию являются [5]:

1. Компостирование: аэробное, анаэробное.
2. Термическая обработка: сжигание, газификация, пиролиз.
3. Сбор и утилизация биогаза со свалок твердых бытовых отходов.

Сорбционно-усиленная газификация (СУГ) – это перспективный метод непрямой газификации для производства синтетических топлив, поскольку позволяет контролировать содержание H_2, CO и CO_2 в получаемом синтез-газе. Данный процесс был успешно продемонстрирован в пилотной установке с лигноцеллюлозной биомассой и другими отходами сельского и лесного хозяйства, главным образом для производства газа, обогащенного H_2 [6]. Большое количество отходов пищевой промышленности может быть использовано для производства биотоплива, например, 5-гидроксиметилфурфурол может быть получен из хитина, который можно получить путем гидротермальной конверсии биомассы хитина [6].

Рекуперация энергии из биомассы навоза животных и осадка сточных вод. Для получения энергии из биомассы навоза животных и осадков сточных вод в основном используют две технологии: анаэробное сбраживание и термическую обработку [7]. Вследствие использования биомассы навоза животных в качестве добавки к другим твердым топливам, например, в пеллетах, учеными была предложена математическая модель процесса сжигания биотоплива [8], подтверждающая, что добавка отходов животноводства к биомассе сырья является экологически чистой. Успешно была исследована совместная безвредная и ресурсосберегающая утилизация коровьего навоза и шлама путем гидротермальной карбонизации и последующей газификации. Биогаз возможно получить при анаэробном сбраживании осадков и отработанного ила сточных вод, что может гарантировать возможность получения дохода от продажи избытка метана или электроэнергии.

Рекуперация энергии из древесной биомассы, отходов деревообработки, производства мебели и целлюлозно-бумажных комбинатов. Зачастую для получения энергии сжигают древесную биомассу и древесные отходы, особенно в развивающихся странах мира, а также в странах с большим запасом древесных ресурсов, таких как Дания [9]. Отходы деревообработки, опилки, щепа и забракованные бревна лесопильного и

деревообрабатывающего производств могут быть использованы в качестве сырья для производства биотоплива (котельного топлива и сырья для производства этанола). Описана полезная модель [10] утилизации отходов лесопиления и деревообработки с целью получения генераторного газа и последующего его использования для производства тепла и электроэнергии. Очищенный генераторный газ для подачи на электростанцию получен за счет усовершенствования конструкции и работы установки для сжигания древесных отходов, которая оснащена системой двойной очистки. При рассмотрении современного состояния и перспектив развития лесопромышленного комплекса Республики Саха (Якутия), крупнейших предприятий по производству древесины и деловой заготовке древесины, было предложено привлекать к дальнейшей переработке древесные отходы с получением топливных продуктов для производства тепловой энергии [10].

Выводы. На современном этапе существует множество технологий получения энергии из биомассы. Из них наиболее широко применяется во многих странах термическая обработка. Это более простой способ получения биоэнергии, однако он сопряжен с выделением CO_2. Наибольшее количество CO_2 выделяется в атмосферу при сжигании, поэтому сжигание необходимо заменять пиролизом и использовать системы улавливания CO_2. Остальные технологии находятся на стадии разработок и требуют временных и финансовых затрат для доведения на рынок. По мнению авторов, наиболее перспективной технологией получения энергии из биомассы является производство биогаза из органической массы твердых и жидких коммунальных отходов. Данная технология имеет огромные перспективы для энергетических переходов, так как она позволяет не только получить биогаз (биометан), но и утилизировать органические отходы и минимизировать их негативное воздействие на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Akindolire M. A., Rama H., Roopnarain A. Psychrophilic anaerobic digestion: A critical evaluation of microorganisms and enzymes to drive the process //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2022. – Т. 161. – С. 112394.
2. Toumi A., Politaeva N.A. Impact of the nitrate concentration on the biomass growth and the fatty acid profiles of microalgae Chlorella sorokiniana //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2021. – Т. 689. – №. 1. – С. 012–026.
3. Toumi A., Politaeva N.A. Impact of the nitrate concentration on the biomass growth and the fatty acid profiles of microalgae Chlorella sorokiniana //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2021. – Т. 689. – №. 1. – С. 012026.
4. Nabila R. et al. Oil palm biomass in Indonesia: Thermochemical upgrading and its utilization //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2023. – Т. 176. – С. 113–193.
5. Жажков В.В., Чусов А.Н., Политаева Н.А. Исследование и оценка состава биогаза на полигоне ТКО и рекомендации по его использованию //Экология и промышленность России. – 2021. – Т. 25. – №. 5. – С. 4–9.
6. Sikarwar V.S. et al. Progress in biofuel production from gasification //Progress in Energy and Combustion Science. – 2017. – Т. 61. – С. 189-248.
7. Кулагина Л.В., Штым К.А., Кириллова И.В. Совершенствование технологии производства тепловой энергии с использованием биомассы //Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2022. – №. 2 (26). – С. 104–114.
8. Lv P. et al. Energy recovery of livestock manure and industrial sludge by co-hydrocarbonisation coupled to pyrolysis and gasification //Journal of Cleaner Production. – 2022. – Т. 374. – С. 133996.
9. Ragauskas A.J. et al. From wood to fuels: integrating biofuels and pulp production //Industrial biotechnology. – 2006. – Т. 2. – №. 1. – С. 55–65.
10. Николаева Л. А. и др. Утилизация отходов деревоперерабатывающих предприятий Республики Саха (Якутия) в топливные брикеты //Вестник евразийской науки. – 2017. – Т. 9. – №. 6 (43). – С. 56.

УДК 631.42

Е.Н. Воробьева, Н.А. Политаева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ПРОБАХ ПОЧВ Г. КРАСНОЯРСКА ФЛУОРИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Определение содержания нефтепродуктов в почве и грунте проводят для принятия решений о возможности сельскохозяйственного использования земель, планировании строительства, модернизации очистных сооружений и других целей. Загрязнение нефтепродуктами почвы приводит к негативным изменениям ее водно-физических свойств и структуры, угнетению или деградации растительного покрова (в том числе вытеснению растений с более узким диапазоном толерантности более выносливыми), снижению продуктивности почвы и других ее функций. Вымывание нефти из загрязненной почвы в подземные горизонты приводит к ухудшению качества воды в источниках водоснабжения. Возможен и переход нефтепродуктов в воздух (в том числе в составе пылевых частиц) [1].

Цель работы состояла в определении содержания нефтепродуктов в пробах почв на территории, отведенной под строительство. При превышении допустимых значений следовало выбрать метод очистки грунтов и провести экспериментальную часть по их восстановлению выбранным методом.

Исследуемая территория, где планируется начать строительство жилого комплекса, расположена в правобережной части города Красноярска и примыкает к берегу реки Енисей. Ранее она принадлежала нефтебазе и по предварительным данным, была загрязнена нефтепродуктами. Так как территория закрытая, отбор проб почвы был произведен с ближайшей доступной территории 5 августа 2022 г. Расположение точек отбора проб представлено на рис. 1 [2].

Всего было отобрано 5 образцов методом конверта согласно ГОСТ 17.4.4.02-2017. Точечные пробы отбирали на пробной площади с таким расчетом, чтобы каждая проба представляла собой часть почвы, типичной для генетических горизонтов или слоев данного типа почвы. Точечные пробы отбирали ножом или шпателем из прикопок или почвенным буром [3].

Объединенную пробу составляли путем смешивания точечных проб, отобранных на одной пробной площадке. Для химического анализа объединенную пробу составляли не менее чем из пяти точечных проб, взятых с одной пробной площадки. Масса объединенной пробы должна быть не менее 1 кг. Для контроля загрязнения поверхностно распределяющимися веществами точечные пробы отбирали послойно с глубины 0–5 см и 5–20 см массой не более 200 г каждая [3].

Измерение массовой доли нефтепродуктов в почвенных образцах проводилась флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости «Флюорат-02-2М» – ТУ 4321 -001-20506233-94 (НПО Люмэкс, Россия). Влажные грунты и почвы высушивали при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния, затем измельчали в фарфоровой ступке и просеивали через сито 1 мм.

Навеску почвы, подготовленную ранее, помещали в коническую колбу вместимостью 100 см^3 и добавляли при помощи пипетки 10 см^3 гексана (Экос-1, химически чистый, ТУ 2631-158-44493179-13). Колбу устанавливали на перемешивающее устройство и интенсивно перемешивали в течение 15 мин. Полученный экстракт фильтровали через подготовленный фильтр «красная лента» в мерную колбу вместимостью 25 см^3, ополаскивали коническую колбу 5 см^3 гексана и промывали им почву на фильтре, объединяя фильтраты (рис. 2). Затем раствор доводили до метки гексаном, перемешивали и измеряли в нем концентрацию нефтепродуктов на предварительно проградуированном приборе Флюорат-02-2М [4].

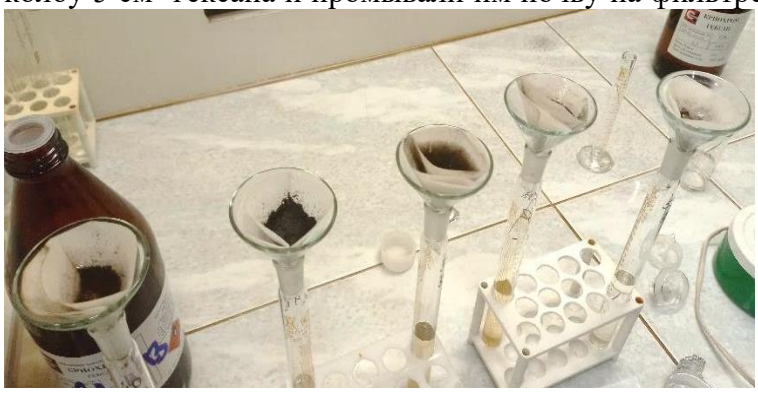


Рис. 2

Концентрацию нефтепродуктов в пробе почвы X (мг/г), вычисляли по формуле (1):

$$X = \frac{C_{изм}\, V_г\, К}{m}, \qquad (1)$$

где $C_{изм}$ – массовая концентрация нефтепродуктов в гексановом растворе (экстракте), измеренная на анализаторе, мг/дм^3; $V_г$ – конечный объем гексанового раствора, дм^3 (0,025); К – разбавление экстракта, соотношение объемов полученного разбавленного экстракта и аликвотной порции исходного (если экстракт не разбавляют, то К = 1); m – масса навески почвы, г [4].

Результаты исследования пяти отобранных образцов приведены в таблице 1, где представлены полученные данные по взятой массе навески, массовой концентрации нефтепродуктов в гексановом растворе и рассчитанная концентрация нефтепродуктов в пробе почв.

Таблица1

№ пробы	Масса навески, г	Массовая концентрация нефтепродуктов в гексановом экстракте, мг/дм^3	Концентрация нефтепродуктов в пробе почвы, мг/кг
1	1,13	2,04	1128,32
2	1,18	1,07	226,69
3	1,18	1,71	905,72
4	1,16	2,01	649,78
5	1,15	5,7	123,91

Для оценки содержания нефти и нефтепродуктов в почве принята классификация показателей уровней загрязнения [5]:

- менее 1000 мг/кг – допустимый;
- 1000-2000 мг/кг – низкий;
- 2000-3000 мг/кг – средний;
- 3000-5000 мг/кг – высокий;
- более 5000 – очень высокий.

Как видно из полученных результатов, уровень загрязнения на пробной площади №1 соответствует низкому (1128 мг/кг). Остальные пробные площади находятся на допустимом уровне (менее 1000 мг/кг). Такое содержание нефтепродуктов в образцах первой пробы может быть связано с тем, что площадь отбора находится на юго-западной стороне вокруг территории закрытой нефтебазы, где преобладают ветра данного направления [6]. Постоянные ветра, направленные в сторону пробной площади, могут приводить к дополнительному накоплению смесей углеводородов в почвенном слое, осаждающихся из воздушной части.

Таким образом, на основании предварительно полученных данных, территория, прилегающая к закрытой нефтебазе, будет доступна для застройки жилым комплексом после проведения мер по очистки почвенного горизонта от нефтепродуктов, но для более точных результатов, следовало бы провести анализ почвы на загрязнения непосредственно с зоны, на которой планируется строительство жилых зданий. По изученным методам в области очистки и восстановлении почв среди химических, физических, термических и биологических методов для рекультивации грунтов данной территории в наибольшей степени подойдет биологический способ [7–9]. Выбор данного метода обосновывается тем, что он отличается безопасностью и экологической чистотой, экономичностью, а также минимальным нарушением химического и физического состава очищаемого объекта. Также, метод биологической очистки используется при низких концентрациях загрязнения нефтепродуктами.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Карасева А.С. Концентрация нефтепродуктов в почве. Способ определения / А.С. Карасева, А.А. Околелова, И.А. Куницына. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2010. – № 10 (21). – С. 48–49.
2. Google Планета Земля: [сайт]. – URL: https://www.google.com/earth (дата обращения: 04.11.2022). – Текст: электронный.
3. ГОСТ 17.4.4.02-2017. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М.: Изд-во стандартов, 2019. – 14 с – Текст: непосредственный.
4. ПНД Ф 16.1:2.21-98. Методика измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02». М.: Изд-во стандартов, 2007. – 26 с – Текст: непосредственный.
5. Экологический мониторинг нефтегазовой отрасли. Физико-химические и биологические методы / М.Н. Саксонов [и др.] // Иркутск: Иркут. ун-т, 2005. – 114 с.
6. Погода и климат: [сайт]. – URL: www.pogodaiklimat.ru (дата обращения: 05.11.2022). – Текст: электронный.
7. Pankratova N., Khokhlova L. Integrated tools for restoration of soils and water bodies // International Journal “Information Theories and Applications”, Vol. 19, Number 1, 2012.
8. Shuguang Wang, Yan Xu. The harm of petroleum-polluted soil and its remediation research // AIP Conference Proceedings 1864, 020222 (2017).
9. Remediation Methods of Crude Oil Contaminated Soil / Anum Ali Ahmad [etc.] // World Journal of Agriculture and Soil Science, P. 8, 2020.

УДК 504.45.058:504.064.3

Е.А. Овчинникова[1], Р.С.Бареева[2], Л.М. Молодкина[1]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2]Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова

АНАЛИЗ ВОДЫ ИЗ ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ Г. НИЖНИЙ ТАГИЛ

В работе [1] было сделано предположение о наличии сакситоксина (одного из токсинов цианобактерий) в водоисточнике г. Нижний Тагил. Основанием послужило сравнение спектральных характеристик проб природной воды из г. Нижний Тагил и из Волгоградского водохранилища (г. Саратов) [2], отобранных в период неинтенсивного "цветения" водоисточников.

Цель работы состояла в проведении спектрального (спектрофотометрического и спектрофлуориметрического) анализа воды из Черноисточинского водохранилища (г. Нижний Тагил) в период интенсивного цветения водоема и в сравнении со спектральными характеристиками аденозинтрифосфосфата натрия (АТФ), для выявления функциональной группы, принадлежащей сакситоксинам (как известно, сакситоксин классифицируется как пуриновый алкалоид). Из рис. 1,*а* и 1,*б*, на которых представлены функциональные группы, принадлежащие сакситоксину (рис. 1,*а*) и входящие в состав АТФ (рис. 1,*б*), видно, что они

должны обладать близкими спектральными характеристиками (содержат производные пуринового основания, представленного на рис. 1,*в*).

а) *б*) *в*)

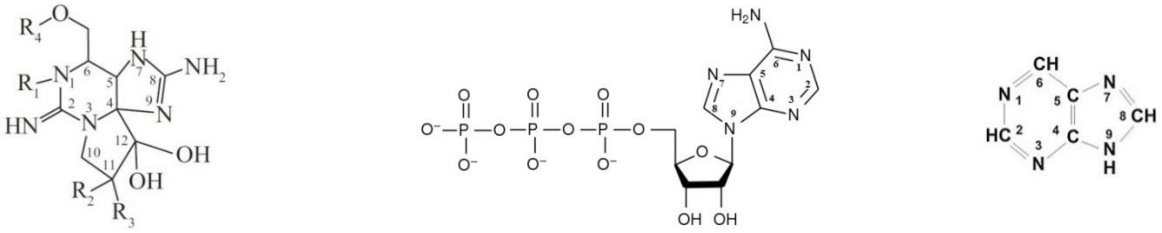


Рис. 1

Объектами исследования являлись пробы воды из Черноисточинского водохранилища и модельный раствор АТФ (с концентрацией 5 мг/мл, приготовленный из раствора для инъекций).

Спектры поглощения раствора АТФ имеют максимум при длине волны 259-260 нм, как это следует из литературных данных [3] и наших исследований. На рис. 2 приведены спектры поглощения проб воды из Черноисточинского водохранилища в период менее интенсивного цветения воды (Нижний Тагил (1)) [1] и более интенсивного (Нижний Тагил (2)). Спектры получены на спектрофотометре СФ56 («ЛОМО-Спектр», Россия).

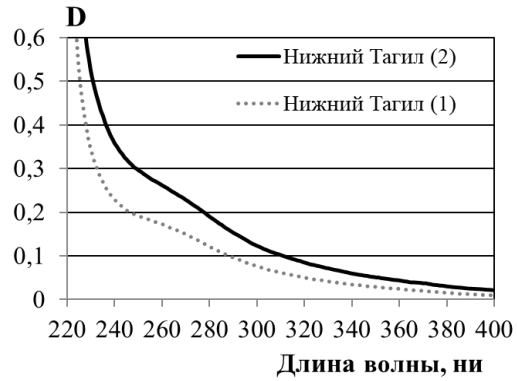


Рис. 2

В обоих спектрах отчетливо выделяется участок светопоглощения в диапазоне длин волн 240–280 нм. Это диапазон, характерный для светопоглощения органических примесей, и в него также укладывается максимум поглощения АТФ. Однако по спектрам светопоглощения невозможно однозначно судить о присутствии примесей, содержащих производные пуринового основания, поэтому дальнейшее исследование было посвящено сравнению спектров возбуждения и регистрации флуоресценции проб воды из Черноисточинского водохранилища и водного раствора АТФ.

Результаты спектрофлуориметрического анализа изучаемой воды (спектры, полученные на анализаторе Флюорат-02-Панорама, Люмэкс, Россия, с коррекцией на первичный и вторичный фильтры при средней чувствительности), представлены на рис. 3: спектры регистрации флуоресценции на рис. 3,*а*, спектры возбуждения – на рис. 3,*б*.

Из рис. 3,*а* видно, что в спектрах регистрируются полосы Релеевского светорассеяния, максимум которых совпадает с длинами волн возбуждения, а также полосы второго порядка дифракции, полосы комбинационного (Рамановского) светорассеяния на молекулах воды. Полосы флуоресценции с максимумами при длинах волн 300 и 330–340 нм связаны с флуоресценцией белкового типа, соответственно, фенольного и индольного флуорофоров (тирозинового и триптофанового остатков) [4].

При длинах волн возбуждения 230 и 275 нм регистрируются высокоинтенсивные полосы люминесценции белкового типа, причем интенсивность флуоресценции выше, чем для загрязненных рек и озер г. Гатчины, которые были исследованы на том же приборе [4]. Из рис. 3,*а* также следует, что последняя полоса флуоресценции имеет максимум при длинах волн 400–410 нм, как и полосы регистрации люминесценции, возбужденные излучением с длинами волн 290 и 310 нм (рис. 3,*а*). Такая независимость положения максимума полосы регистрации от длины волны возбуждения флуоресценции не характерна для примесей гуминового типа [5, 6].

а) *б*)

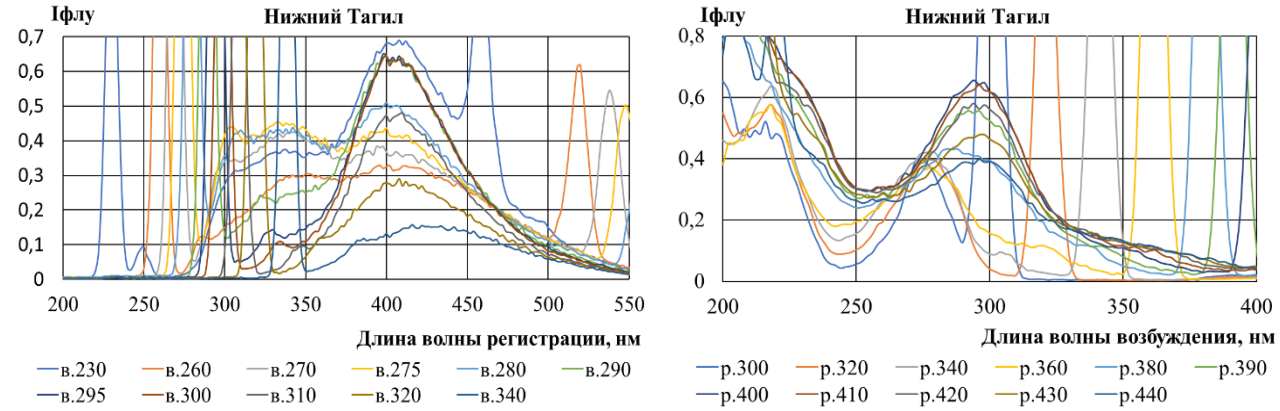


Рис. 3

Поскольку в природных водоемах и водотоках обычно присутствуют примеси гуминовой природы, их вклад в спектры, регистрируемые в последней полосе, был проверен анализом спектров возбуждения флуоресценции (см. рис. 3,*б*). Спектр возбуждения флуоресценции гуминового типа имеет максимум в коротковолновой области (200–230 нм), а затем интенсивность флуоресценции почти монотонно падает (широкая бесструктурная полоса) до длин волн регистрации 400 нм и выше. Но как видно из рис. 3,*б*, спектры возбуждения флуоресценции исследуемой воды имеют другой характер – а именно, резко выраженный второй максимум, положение которого зависит от длины волны регистрации.

Для выявления причины происхождения описанных спектров в исследуемой воде было проведено сравнение со спектрами АТФ. Для раствора АТФ с концентрацией 5 мг/мл были получены спектры возбуждения и регистрации флуоресценции, последние из которых представлены на рис. 4,*а*,*б*.

а) *б*)

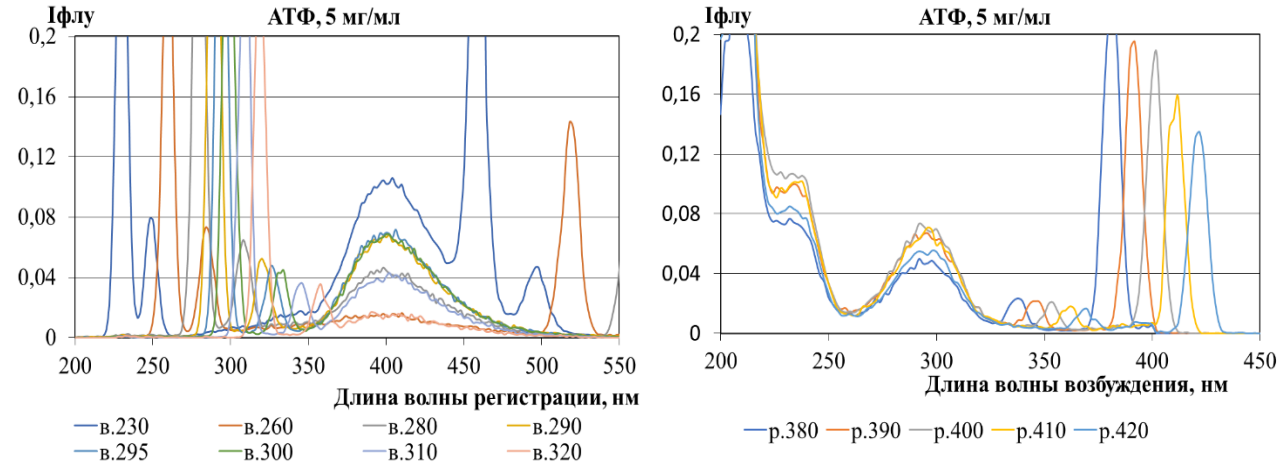


Рис. 4

Сравнение спектров, представленных на рис. 3,*а* и на рис. 4,*а* (при длинах волн возбуждения 230–320 нм), показывает одинаковую полосу флуоресценции, максимум которой приходится на длину волны 400–410 нм. Для того чтобы убедиться, что это полосы близкого происхождения (причиной являются близкие по строению функциональные группы), было проведено сравнение спектров возбуждения флуоресценции при длине волны регистрации 400 нм (и близких к ней). Сравнение рис. 3,*б* и 4,*б* показывает сходство спектров возбуждения флуоресценции

анализируемой воды и раствора АТФ – флуоресценция, регистрируемая при длинах волн 400–420 нм возбуждается излучением с длиной волны 295 нм (максимум полосы возбуждения).

На основании сравнения представленных выше спектров возбуждения и регистрации флуоресценции можно сделать вывод, что в анализируемой воде из Черноисточинского водохранилища присутствуют сакситоксины.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Овчинникова Е.А., Молодкина Л.М. Спектральный анализ воды из водоисточника г. Нижний Тагил// В сборнике: Неделя науки СПбПУ. материалы научной конференции с международным участием, Инженерно-строительный институт: 2022. Часть 1. С. 332–334.
2. Зибарев Н.В., Молодкина Л.М. Спектральный анализ препаратов, моделирующих токсины сине-зеленых водорослей, с целью их удаления при водоподготовке // В сборнике: Неделя науки СПбПУ. материалы НК, ИСИ: В 3 частях. 2019. С. 97–99.
3. Суковатая И.Е., Кратасюк В.А., Межевикин В.В. и др. Фотобиофизика. Учебное пособие. – 2008. – 38 с.
4. Пермяков Е.А. Метод собственной люминесценции белка. Москва: Наука, 2003. 188 с.
5. Molodkina L.M., Sukhareva A.V. Comparative spectral analysis of Gatchina water sources and melted snow as their possible contaminator // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. 1096(1). 012–013.
6. Андрианова М.Ю., Молодкина Л.М., Данилов В.М. Спектрофлуориметрический анализ природных и питьевых вод // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2007. №1. С.141
7. Patsaeva S., Khundzhua D., Trubetskoj O., Trubetskaya O. 2018 Excitation-Dependent Fluorescence Quantum Yield for Freshwater Chromophoric Dissolved Organic Matter from Northern Russian Lakes Journal of Spectroscopy 2018, Article ID 3168320, 7 pages.

УДК 543.3:628.1

А.С. Бочкарева, Л.М. Молодкина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СПЕКТРОФЛУОРИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОДЫ ИЗ РЕКОНСТРУИРОВАННОГО ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ Г. ЯКУТСКА

В Якутии уже давно стоит проблема с потреблением качественной питьевой воды. Главную водную артерию республики, реку Лену, постоянно загрязняют различными отходами и стоками, что отрицательно сказывается на здоровье жителей, особенно центральных районов Якутии и самого города Якутска. Спецификой является то, что из-за вечной мерзлоты, достигающей 300 м в глубину, подземные воды не используются в качестве источника водоснабжения, поэтому город Якутск полностью обеспечивается водой из открытого водного объекта – реки Лены [1]. Общей особенностью поверхностных водоисточников является высокая цветность, которая значительно снижает качество воды [2]. На цветность природных поверхностных вод решающее влияние оказывают гуминовые вещества, которые присутствуют в почве. Одним из важных свойств гуминовых веществ, влияющих на качество питьевой воды, является их способность связывать и концентрировать металлы из горных пород (которые в итоге переходят в почву в виде стабильных комплексов и фактически не выводятся из нее [3]).

Целью работы являлась проверка того, что после реконструкции источника водоснабжения города Якутска основной органической примесью воды остаются соединения гуминовой природы.

Объектами экспериментального исследования служили пробы воды из реки Лены (из реконструированного источника водоснабжения г. Якутска), отобранные в сентябре 2022 г., а также пробы из истока реки Тосны, вытекающей из болот, следовательно, богатой гуминовыми веществами [4].

Гуминовые соединения можно идентифицировать методом спектрофлуориметрии. Так на спектрах регистрации флуоресценции при возбуждении излучением с длинами волн 220–280 нм полоса «гуминового типа» отчетливо выявляется при длинах волн 380–480 нм (в более

длинноволновом диапазоне по сравнению с полосами регистрации флуоресценции «белкового типа»). Однако в этом же диапазоне может регистрироваться и ряд других органических соединений. Поэтому задача работы состояла в получении серии спектров возбуждения и регистрации флуоресценции с доказательством их принадлежности к спектрам гуминовых соединений.

В работе использовали анализатор «Флюрат-02-Панорама» (ЛЮМЭКС, Россия), спектры получали при средней чувствительности, проводили их коррекцию на первичный и вторичный фильтры.

На рис. 1 представлены спектры регистрации флуоресценции пробы из реки Лены, полученные в широком диапазоне длин волн возбуждения. Видно, что в спектрах регистрируются: полосы Релеевского светорассеяния, максимум которых совпадает с длинами волн возбуждения, а также с удвоенными длинами волн возбуждения (поскольку монохроматором является дифракционная решетка); полосы Рамановского (комбинационного) светорассеяния на молекулах воды (справа от полос Релеевского светорассеяния); а также широкие полосы флуоресценции, предположительно, белкового и гуминового типа [5, 6].

Далее была проанализирована широкая полоса (на Рис. 1), предположительно гуминового типа, положение максимума которой смещается в диапазоне длин волн 420–450 нм при изменении длины волны возбуждения. При длинах волн регистрации из этого диапазона, незначительно расширенного до 400–460 нм, были получены спектры возбуждения флуоресценции (рис. 2).

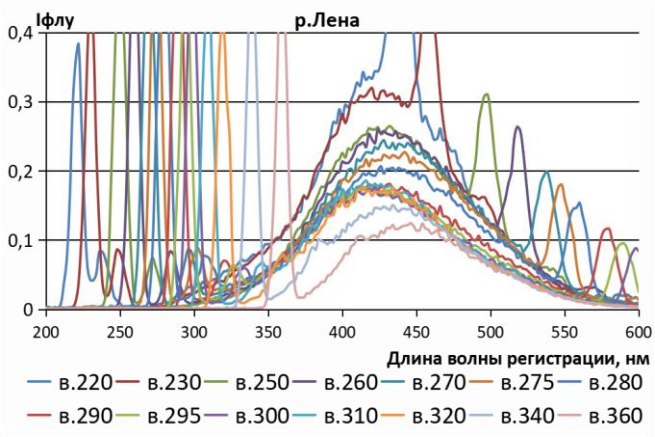


Рис. 1

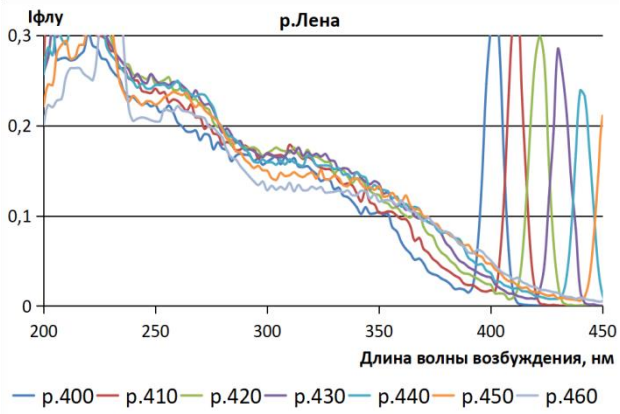


Рис.2

Из рис. 1 видно, что при длинах волн возбуждения 220, 230, 250 и 260, максимум полосы флуоресценции предположительно гуминового типа приходится примерно на 425–430 нм. Затем его положение сдвигается в более длинноволновую область – при длинах волн возбуждения 270, 275 и 280 нм оно соответствует длинам волн 440–445 нм. При дальнейшем росте длины волны возбуждения (290, 295, 300, 310 и 320 нм) максимум полосы смещается в коротковолновую область – к длине волны 420 нм, а при длине волны возбуждения 340 нм снова смещается в длинноволновую область к длине волны 430(435) нм; при длине волны возбуждения 360 нм – к длине волны 445(450) нм. Одновременно с этим происходит снижение интенсивности флуоресценции. Как известно из работ, выполненных ранее в СПбПУ [6–8], а также в других учреждениях [9, 10], описанное смещение характерно для полосы флуоресценции гуминового типа и наблюдается для различных природных вод, а также для вытяжек из почв.

Спектры возбуждения флуоресценции, регистрируемой в диапазоне длин волн 400–460 нм, как видно из рис. 2, выглядят однотипно и могут быть описаны как широкая бесструктурная полоса при длинах волн свыше 230–240 нм и максимум при меньших длинах волн, что характерно для соединений гуминового типа.

В работе также было проведено сравнение полученных спектров со спектрами регистрации и возбуждения флуоресценции высокоцветной воды из истока реки Тосны (Рис. 3 и 4, соответственно), вытекающей из болот (известно о высоких концентрациях гуминовых веществ в болотных водах [4]). Перед анализом воду из реки Тосны разбавляли в 5 раз дистиллированной водой.

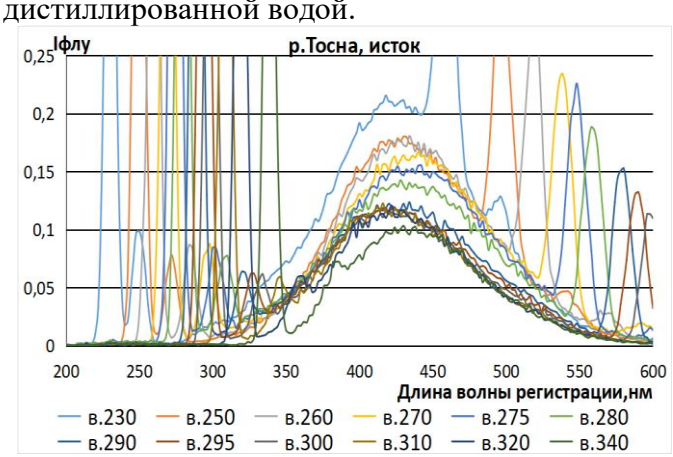


Рис. 3

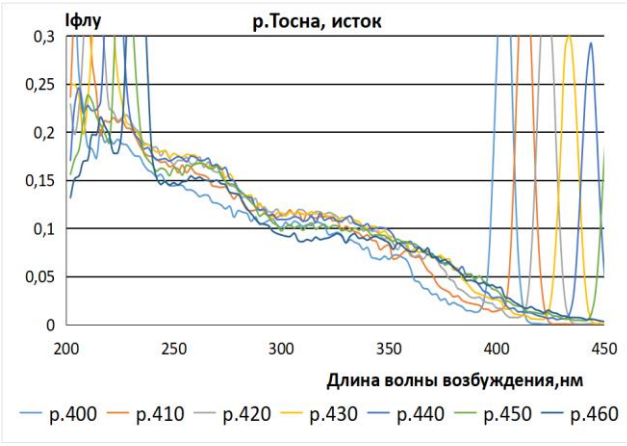


Рис.4

Сравнение спектров регистрации флуоресценции, представленных на рис. 1 и 3, а также спектров возбуждения флуоресценции, представленных на рис. 2 и 4, свидетельствует об их идентичности.

Таким образом, на основании сравнения полученных спектров флуоресценции воды реки Лены с литературными данными, а также со спектрами воды, богатой гуминовыми веществами (исток реки Тосны), можно сделать вывод, что основной примесью (обладающей флуоресцентными свойствами) воды из реконструированного источника водоснабжения города Якутска являются соединения гуминового типа. Следует отметить, что их концентрация в анализируемой пробе относительно невелика. По-видимому, в данный период отбора содержание в воде гуминовых веществ существенно ниже, чем приведенное в литературе для паводкового периода.

Тем не менее, гуминовые соединения должны быть удалены при водоподготовке, поскольку при хлорировании такой воды (перед ее отправкой потребителю) из них образуются канцерогенно- и мутагенно-опасные соединения. Экономически целесообразным методом их удаления является электролитная коагуляция с одновременным проведением контактной фильтрации, либо с последующей фильтрацией через зернистую загрузку (или с осаждением в отстойнике и последующей фильтрацией через скорые фильтры с зернистой загрузкой). При выборе коагулянта в климатических условиях Якутска необходимо учитывать чувствительность процесса коагуляции к температуре.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Варфоломеев Г.Р. Водоканал крайнего Севера – Уникальный опыт практической работы / Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2017. № 10 (118). С. 52–59.
2. Лозовик П.А. Гидрогеохимические критерии состояния поверхностных вод гумидной зоны и их устойчивости к антропогенному воздействию: автореф. дис. хим.наук, Москва, 2006, 480 с.
3. Мартынова Г.А, Туренко Ф.П. Поверхностные воды Якутии как источник питьевого водоснабжения. Качество и особенности водоподготовки // ОНВ. 2005. №3 (32).
4. Харанжевская Ю.А., Иванова Е.С., Воистинова Е.С. Многолетняя динамика содержания гуминовых веществ в водах осушенного верхового болота в Западной Сибири // Водное хозяйство России, 2017. № 1. С.19–36.
5. Пермяков Е.А. Метод собственной люминесценции белка. Москва: Наука, 2003. 188 с.

6. Андрианова М.Ю., Молодкина Л.М., Данилов В.М. Спектрофлуориметричесий анализ природных и питьевых вод // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2007. №1. С.141–154.
7. Andrianova M.Yu., Bondarenko E.A., Chusov A.N., Gavrilova N.M. Photoluminescent characteristics of urban stream in Saint Petersburg. XVI International Symposium on Luminescence Spectrometry. Fundamentals and applications. 2014.
8. Molodkina L.M., Sukhareva A.V. Comparative spectral analysis of Gatchina water sources and melted snow as their possible contaminator // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022, 1096(1), 012013
9. Patsaeva S., Khundzhua D., Trubetskoj O., Trubetskaya O. 2018 Excitation-Dependent Fluorescence Quantum Yield for Freshwater Chromophoric Dissolved Organic Matter from Northern Russian Lakes Journal of Spectroscopy 2018, Article ID 3168320, 7 pages.
10. Мынбаева Б.Н., Анарбекова Г.Ж., Мусапиров Д.А. Современные спектральные и биологические исследования в мониторинге городских почв // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2018. № 3. С. 99–109.

УДК 628.316.6

С.В. Краснова, М.Ю. Андрианова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОБЕЗЗАРАЖИВАЮЩИЙ ЭФФЕКТ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫХ СВЕТОДИОДОВ

Одной из важных задач в настоящее время является обеспечение населения качественной питьевой водой. Эта задача актуальна как для городов, где природные воды загрязнены бытовыми и промышленными стоками, так и для коттеджных поселков, где обычно не выполняется регулярный контроль качества воды, особенно по микробиологическим показателям.

Одним из методов решения проблемы является обработка ультрафиолетовым излучением (УФИ). УФИ – это электромагнитное излучение с длиной волны от 10 до 400 нм которое обладает окислительным и дезинфицирующим действием [1, 2]. Различают несколько участков УФИ с разным биологическим воздействием: УФ-А (315–400 нм), УФ-В (280–315 нм), УФ-С (200–280 нм), вакуумный УФ (100–200 нм) [2]. В диапазоне УФ-С наблюдается эффективное уничтожение микроорганизмов, его называют бактерицидным.

Зависимость эффективности бактерицидного действия УФИ на кишечную палочку по форме повторяет спектр поглощения ДНК (с максимумом около 260 нм). Один из дезинфицирующих эффектов УФИ связан с образованием пиримидиновых димеров в ДНК. Поглощение УФИ (в области 250…280 нм) молекулами ДНК приводит к образованию новых ковалентных связей между двумя соседними пиримидиновыми нуклеотидами, расположенными в одной цепи. В результате затрудняется репликация ДНК, а сама клетка теряет способность к размножению и становится инактивированной [2].

По сравнению с химическими дезинфектантами воды УФИ более эффективно инактивирует вирусы и споры бактерий, обладает рядом других преимуществ (в числе которых отсутствие токсичных побочных продуктов, отсутствие опасности передозировки, низкие капиталовложения) [2]. Однако для применения УФИ необходимо снизить в воде количество примесей, способных его поглощать и тем самым снижать его дозу для микробов, поэтому обработку УФИ делают на заключительных стадиях очистки воды. С 2007 года вся питьевая вода на водопроводных станциях Санкт-Петербурга обрабатывается УФИ (в дополнение к активному хлору) [3].

Для обеззараживания воды производят ртутьсодержащие лампы (ртутные и амальгамные). Они имеют несколько полос излучения, в том числе 254 нм в УФ-С диапазоне (длины волн и интенсивности полос определяются типом лампы) [4]. В последнее время стали выпускать недорогие светодиоды, излучающие УФИ в виде одной узкой полосы, и устройства на их основе для дезинфекции небольших расходов воды.

Цель работы заключалась в исследовании обеззараживающего действия УФ-С диодов на кишечную палочку. Использовались диоды со следующими характеристиками производителя (UV:ON, Республика Корея): размеры 6,0×6,0×1,8 мм (*L*×*W*×*H*), максимум УФИ в диапазоне 270…280 нм, ширина на половине высоты (FWHM) 11.5 нм, ток 200… 250 mA, поток излучения Ф = 40…50 мВт, угол облучения 135° [5].

Было получено распределение спектральной плотности потока излучения исследуемого диода, оно представлено на рис. 1. Видно, что положение максимума соответствует данным производителя. Производитель заявляет, что прямая стерилизация воды с расходом 2 л/мин. возможна при использовании УФ-С диодов с суммарным потоком излучения 120 мВт. Исходя из этого была сконструирована опытная установка из шести диодов, которые можно включать независимо друг от друга.

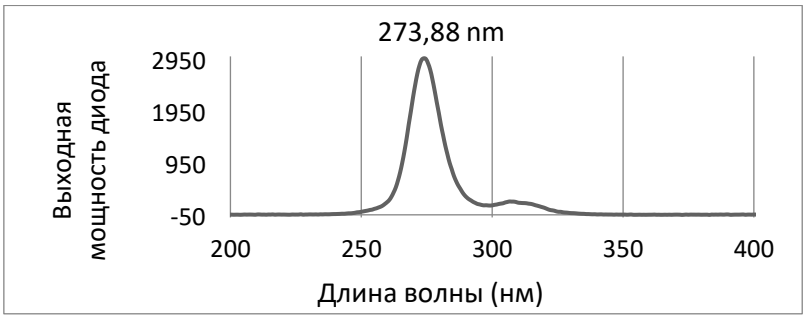


Рис. 1. Распределение спектральной плотности потока диода

В качестве модельного микроорганизма использовали непатогенный лабораторный штамм кишечной палочки, культивируемый на среде LB с антибиотиком. Жидкую культуру штамма вырастили в течение ночи, затем ее аликвоты распределяли шпателем на чашки Петри с агаризованной средой и облучали УФИ от диодов. Во избежание влияния нагрева на выживаемость микробов диоды располагали на расстоянии 10 см от поверхности агара. Затем чашки Петри инкубировали при 35°С в течение ночи, и наутро проводили подсчёт образовавшихся колоний. Результат выражали в колониеобразующих единицах (КОЕ) на одну чашку Петри.

Было исследовано обеззараживающее действие УФ излучения при разном количестве включенных диодов и времени обработки. В первой серии опытов были получены следующие результаты. На контрольной чашке (без посева ночной культуры), оставленной открытой в течение 20 минут, не выросло ни одной колонии. Таким образом, заноса извне (из воздуха, с рук, с предметов) микробов, способных расти на используемой среде, при проведении опыта не происходит. При отсутствии УФИ, на чашке, засеянной ночной культурой, вырастал сплошной газон (количество колоний $N > 50$ тысяч КОЕ/чашку). УФИ от шести диодов в течение 1 минуты было достаточно для полного обеззараживания модельных микроорганизмов ($N = 0$ КОЕ/чашку). УФИ от одного диода дает следующие результаты: в течение 1 минуты – 40 КОЕ/чашку, в течение 10 минут – 2 КОЕ/чашку.

Результаты второй серии опытов представлены на рис. 2. Ночная культура микробов перед посевом на чашки Петри была разбавлена в 250 раз. Без УФИ (открытые чашки поставили под выключенными диодами на 7 минут) регистрировалось 20…30 тыс. КОЕ/чашку. Из рис. 2 видно, что при большем количестве работающих диодов наблюдается более эффективное обеззараживание. Более продолжительная УФ обработка при одинаковом количестве работающих диодов также приводит к более качественному обеззараживанию.

Полное обеззараживание ($N = 0$) во второй серии опытов регистрировалось при И = 90…180 диодов·с, 3-log инактивация достигалась при И = 60 диодов·с. Энергия излучения Е = Ф·И. Если принять Ф = 45 мВт, то для полного обеззараживания минимальная Е = 45·90 = 4050 мДж, для 3-log инактивации Е = 45·60 = 2700 мДж. С учетом площади чашки Петри около 50 см^2, доза дезинфицирующего излучения составила 81 мДж/см^2, излучения для 3-log инактивации 54 мДж/см^2.

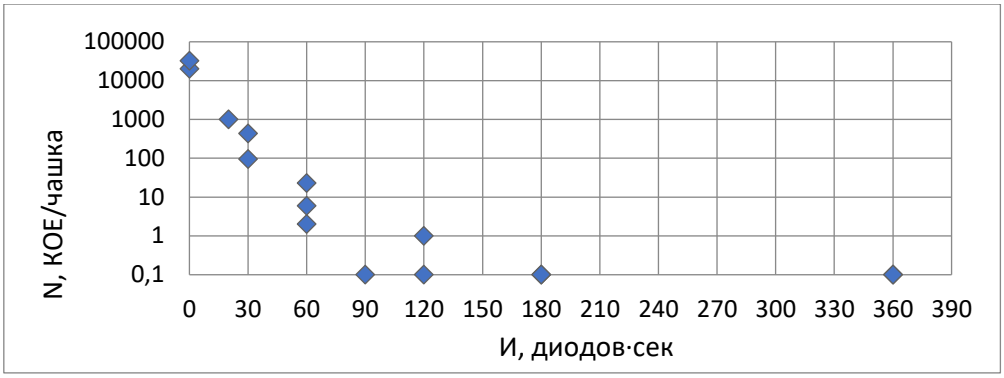


Рис. 2. Количество клеток *N* модельного микроорганизма, выживших после обработки УФИ от диодов. Интенсивность обработки И выражена в виде произведения длительности УФИ (в секундах) на количество включенных диодов. *N* = 0,1 соответствует отсутствию колоний на чашке

Из литературных данных для ртутных ламп известно, что 11 мДж/см^2 необходимо для 3-log инактивации кишечной палочки (то есть гибели 99,9% ее клеток). Полученные нами более высокие значения можно объяснить как различиями в чувствительности штаммов микроорганизма, так и в длине волны УФИ. Следует отметить, что в мировой практике минимальные обеззараживающие дозы для воды устанавливаются в диапазоне 16…40 мДж/см^2, рекомендуемые от 50 до 100 мДж/см^2 [2, 6]. Таким образом, полученные в эксперименте результаты обеззараживания кишечной палочки диодами согласуются с литературными данными для ртутных ламп и с практическим опытом водоподготовки. Однако будущие эксперименты с диодами, проведенные при обеззараживании воды (а не поверхности агара) могут дать иные результаты из-за значительного поглощения УФИ водой.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем благодарность сотрудникам Лаборатории прикладных проблем сильноточной электроники ФТИ им. А.Ф. Иоффе за конструирование опытной установки и помощь в работе.

Выражаем благодарность сотрудникам ЦКП «Аналитический центр нано- и биотехнологий «СПбПУ» на базе ФГАОУ ВО «СПбПУ» за возможность использования оборудования, материалов и помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Molodkina L., Tryastsina D., Cheremisin A. Spectrophotometry and spectrofluorimetry to analyze the destruction of pharmaceuticals during wastewater treatment by enhanced oxidation. В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. XVI-th International Youth Science and Environmental Baltic Region Countries Forum. 2019. С. 012005.

2. Ажгиревич А.И. Интенсификация УФ-технологии обеззараживания воды для локализации негативных воздействий систем водоснабжения на окружающую среду: диссертация кандидата технических наук: 25.00.36. – Новочеркасск, 2002. – 149 с.

3. Кармазинов Ф.В., Кинебас А.К., Костюченко С.В., Нефедов Ю.И., Волков С.В. Крупнейшая в мире система УФ-обеззараживания питьевой воды в Санкт-Петербурге. Водоснабжение и санитарная техника. № 4, 2008 г., С. 7–12.

4. Костюченко С.В., Ткачев А.А., Фроликова Т.Н. УФ-технологии для обеззараживания воды, воздуха и поверхностей: принципы и возможности. Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2020; 19 (5): 112–119.

5. UV: ON UV LED PKG professional brand. URL: https://www.uvon.co.kr/kor/sub/products/detail.asp?s_cate=12&idx=13

6. Лаврентьева Л.В., Авдеев С.М., Соснин Э.А., Величевская К.Ю. Бактерицидное действие ультрафиолетового излучения эксимерных и эксиплексных ламп на чистые культуры микроорганизмов. Вестник Томского государственного университета. Биология. 2008 2008. № 2. С. 18–27.

СЕКЦИЯ «ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»

УДК 621.311

С.Г. Петров, В.В. Елистратов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ДАННЫХ О РАБОТЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ПРИ СОЗДАНИИ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА

Цель работы – анализ системы сбора данных, как одного из важнейших этапов создания цифрового двойника ветроэнергетической установки (ВЭУ).

Технология сбора и обработки данных для создания цифровых двойников (ЦД) – это технологии, которые ответственны за получение информации от физического двойника об обработке этих данных и создании моделей, на них основанных. Одними из основных технологий авторы [1] выделяют IoT (концепция сети передачи данных между физическими объектами), Big Data (структурированные и неструктурированные данные огромных объёмов), ИИ (искусственный интеллект). Чтобы ЦД оперативно отображал текущее состояние физического объекта, необходимо разместить датчики в этом объекте и обеспечить постоянный собор данных. В общем случае передачу данных от элементов датчиков на IoT-сеть (Internet of Things) можно изобразить в виде схемы (рис. 1).

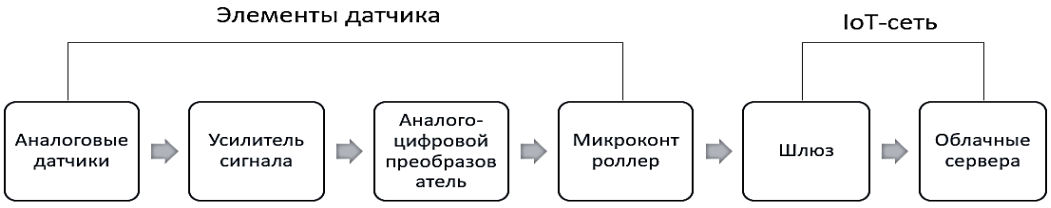


Рис. 1. Схема передачи информации от датчиков в IoT-сеть

Согласно рис. 1, датчики собирают данные в режиме реального времени, каждый датчик реагирует на изменения измеряемой физической величины, преобразовывает данные в цифровой формат, и они отправляются на микроконтроллер, отвечающий за обработку этих данных, а затем данные передаются в IoT-сеть.

Данные, полученные от датчиков, используются для мониторинга и контроля работы установки, включая контроль скорости вращения ротора, мощности, производительности и других параметров. Они также используются для обнаружения проблем и неисправностей в режиме реального времени, что позволяет быстро реагировать на любые проблемы и устранять их до того, как они приведут к серьезным повреждениям или остановке ВЭУ [2].

Кроме того, система сбора данных с датчиков ВЭУ используется для сбора данных для анализа производительности установки и оптимизации ее работы. Анализ этих данных помогает выявить причины снижения производительности и разработать стратегии для улучшения ее работы. Датчики устанавливаются на различных компонентах установки, таких как лопасти ротора, генератор, трансформаторы и т.д. (рис. 2). Датчики собирают данные о работе установки в режиме реального времени. Эти данные включают в себя информацию о скорости ветра, мощности генератора, температуре, давлении, вибрации и других параметрах, которые могут влиять на работу установки [3]. Основные типы датчиков, которые необходимы для мониторинга и сбора данных, являются: датчики скорости ветра, датчики направления ветра, датчики мощности генератора, датчики температуры, датчики давления, датчики

вибрации, датчики уровня масла, датчики состояния электроники управления и др. в зависимости от конкретной установки и требований к сбору данных.

Рис. 2. Места установки датчиков на ВЭУ

Интеллектуальная система датчиков становится неотъемлемой частью арктических модульных ВЭУ, разработкой которых активно занимаются авторы [4, 5]. Помимо изображенных на рис. 2 датчиков, для арктических ВЭУ обязательна установка датчиков вибрации и сигнализаторов обледенения, которые фиксируют абсолютные и относительные вибрации, интенсивность обледенения технических средств и выдают информацию оператору или автоматической системе для принятия мер по устранению возникающих опасностей. Также информация с датчиков используется для предсказания и профилактики обледенения конструкции в соответствии с принципами ЦД.

В мировой практике активно используются различные анализаторы при разработке ЦД. Некоторые примеры анализаторов для сбора данных для цифровых двойников ВЭУ включают в себя [6]:

- Сенсоры для сбора данных о физических параметрах оборудования, такие как температура, давление, вибрация и т. д.
- Алгоритмы машинного обучения и обработки данных, которые позволяют выявлять аномалии в работе оборудования и создавать его цифровые двойники.
- Комплексные системы мониторинга и диагностики, которые могут интегрироваться с системой управления оборудованием и предоставлять информацию о его состоянии в реальном времени.
- Программное обеспечение (ПО) для анализа данных и создания цифровых двойников, которое может работать как на стороне оборудования, так и на удаленном сервере.
- Интерфейсы программного обеспечения, которые позволяют операторам мониторить состояние оборудования, и получать рекомендации по его техническому обслуживанию.

Архитектура системы мониторинга строится из распределенных систем сбора данных с различными интерфейсами. Все системы подключаются последовательно одним кабелем для обмена данными, питания и синхронизации данных. Устройства выполняют функцию ведомых устройств протокола, а ПК, на котором запущено ПО для анализа данных, функцию ведущего устройства. Сбор и обработка информации выполняется измерительными модулями, также происходит запись данных и математических функций. Файлы передаются

на локальный или облачный сервер, их можно открыть, проанализировать на ПК-клиенте или сохранить в базу данных временных рядов, а затем отправить в SCADA-системы или облачное ПО через стандартные интерфейсы. Такая архитектура полностью вписывается в Индустрию 4.0 (IIoT) [7] и позволяет объединить множество объектов в единую сеть управления и вести оптимизацию и мониторинг нескольких ветропарков. Структура передачи данных от объекта к ПО представлена на рис. 3.

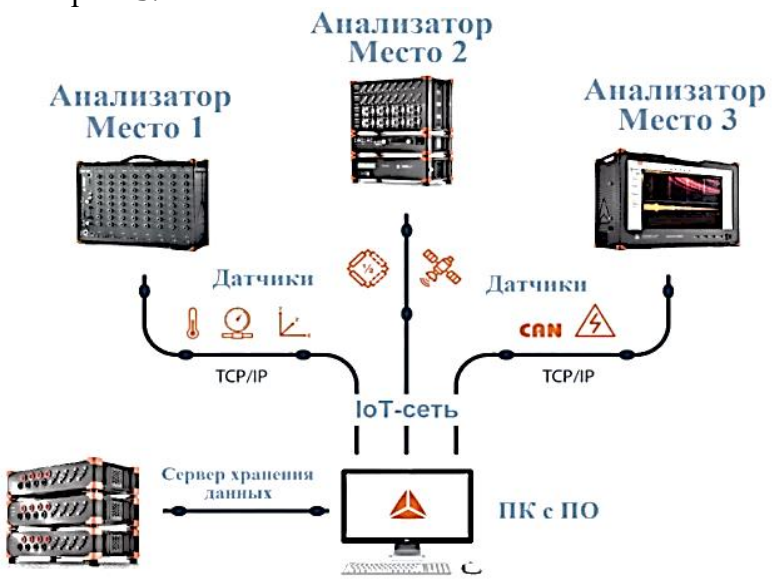


Рис. 3. Схема передачи информации от объекта к ПО

Таким образом, в работе были получены следующие результаты:

1. Рассмотрена и проанализирована технология сбора и обработки данных для создания цифровых двойников ВЭУ.
2. Представлен пример расположения датчиков на ВЭУ для передачи и сбора информации.
3. Описана архитектура системы мониторинга, состоящая из измерительных модулей, анализаторов, программного обеспечения и систем записи и хранения данных. Архитектура соответствует Индустрии 4.0 (IIoT).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Прохоров А., Лысачев М. Науч. Ред. Боровков А. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. Изд. первое, испр. и доп. М.: ООО «АльянсПринт», 2020.
2. Pimenta F., Pachec, J., Branco, C. M., Teixeira, C. M., & Magalhães, F. Development of a digital twin of an onshore wind turbine using monitoring data // Journal of Physics Conference Series, 2020, 1618, 022065, DOI:10.1088/1742-6596/1618/2/022065.
3. Czyżewski A. Remote Health Monitoring of Wind Turbines Employing Vibroacoustic Transducers and Autoencoders. Frontiers in Energy Research. 2022. 10. 858958. 10.3389/fenrg.2022.858958.
4. Elistratov V., Konishchev M., Denisov R., Bogun I., Grönman A., Turunen-Saaresti T., Lugo A.J. Study of the intelligent control and modes of the arctic-adopted wind–diesel hybrid system. Energies 2021, 14, 4188.
5. Петров С.Г. Цифровое проектирование универсального модульного фундамента арктической ветроэлектрической установки малой мощности / Неделя науки ИСИ, Ч. 1. Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. С. 214–216.
6. Badach A. Digital Twins in IoT. 2022. 10.13140/RG.2.2.16000.92161.
7. Мониторинг ветроэлектростанций [Электронный ресурс]. – URL: https://dewesoft.com/ru/applications/monitoring/wind-turbine-monitoring Дата посещения: 01.03.2023

УДК 624.159.11

И.В. Ригель, В.В. Елистратов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИССЛЕДОВАНИЕ СОБСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ СИСТЕМЫ «АРКТИЧЕСКАЯ ВЭУ–ФУНДАМЕНТ–ОСНОВАНИЕ» ПРИ ПРОМЕРЗАНИИ И ОТТАИВАНИИ ГРУНТОВ

Цель работы – проанализировать влияние промерзания и оттаивания грунтов в течение годового цикла на собственную частоту колебаний системы «Арктическая ВЭУ – фундамент – основание».

Задачи работы: 1) проанализировать динамику изменений деформационных характеристик основания ветроэлектроустановки (ВЭУ) в течение года; 2) определить влияние периодических изменений деформационных характеристик грунта на колебания ВЭУ; 3) оценить возможность возникновения резонансов, связанных с вращением ветроколеса и диапазон резонансных частот.

Одним из критериев надежности ветроэнергетических сооружений является соблюдение условия ограничения резонансов при циклических эксплуатационных воздействиях. Ключевым параметром для оценки возможности возникновения резонанса является частота собственных колебаний сооружения, зависящая от деформационных характеристик основания.

При годовых колебаниях температуры модуль упругости грунтов основания периодически изменятся в пределах от 1–10 МПа в талом состоянии [1] до 10000 МПа и выше в мерзлом [2]. Наибольшее значение это явление имеет в зонах распространения высокотемпературных вечномерзлых грунтов: при средней температуре вечномерзлой толщи T_0 > -1 ºС и большой мощности сезонно-талого слоя (СТС) [3]. На рис. 1 представлена схема изменения деформационных характеристик основания, сложенного льдистой супесью.

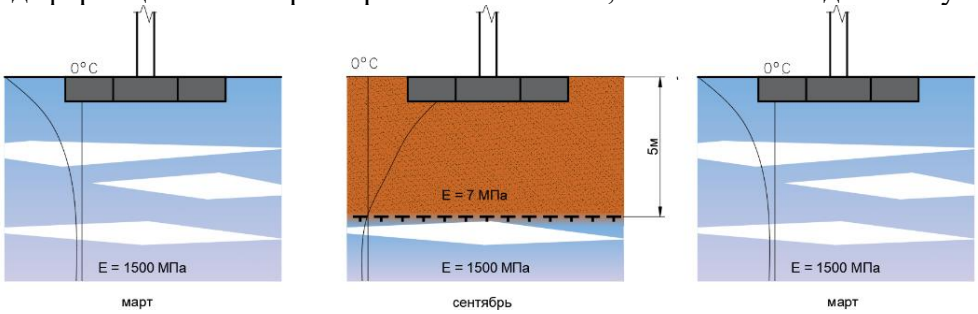


Рис. 1. Схема изменения модуля деформации грунтов основания в течение года

В связи с неизбежным наличием дисбаланса масс ветроколеса по отношению к его геометрической оси, через ступицу на сооружение действует гармоническая возмущающая нагрузка с угловой частотой вращения ветроколеса $\omega_{ВК}$, определяемой по числу оборотов.

При гармонической возмущающей нагрузке каждой i-ой собственной частоте колебаний системы ω_i соответствует динамический коэффициент установившихся колебаний β_i, определяемый из выражения [4]:

$$\beta_i = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{{\omega_{ВК}}^2}{{\omega_i}^2}\right)^2 + \gamma_н^2 \frac{{\omega_{ВК}}^2}{{\omega_i}^2}}},$$

где $\gamma_н$ – коэффициент неупругого сопротивления колебаниям, связанный с логарифмическим коэффициентом затухания.

При собственных частотах колебаний сооружения близких к частотам вращения ветроколеса возникает резонанс и происходит резкое возрастание динамических коэффициентов.

Исходя из условия ограничения динамического коэффициента ($\beta_i \leq 1{,}5$) [5] определяется диапазон опасных, с точки зрения резонансов, собственных частот колебаний сооружения. На рис. 2 приведена зависимость динамического коэффициента установившихся колебаний от собственной частоты колебаний ВЭУ (рис. 3) и резонансная зона в соответствии с условием ограничения. Параметры исследуемой ВЭУ приведены в табл. 1.

Для оценки влияния изменений деформационных характеристик грунта на колебания ВЭУ произведен модальный анализ цифровой модели системы «Арктическая ВЭУ – фундамент – основание» (рис. 4). Значения СЧК ВЭУ при различной глубине оттаивания СТС приведены на рис. 5.

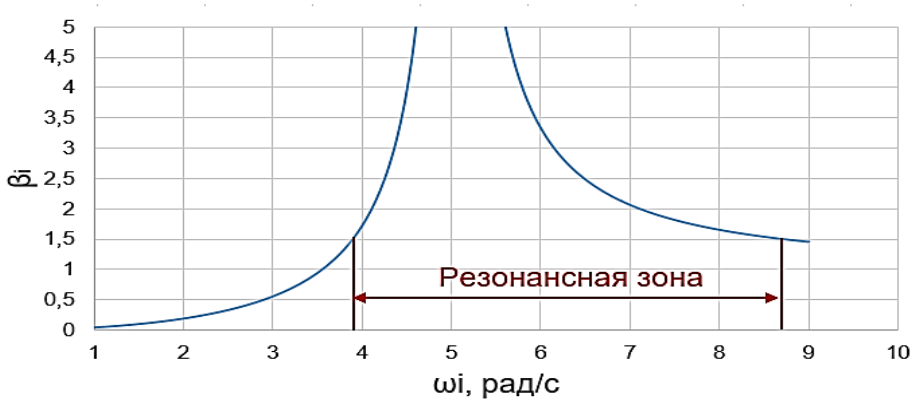


Рис. 2. Зависимость динамического коэффициента от собственной частоты колебаний ВЭУ

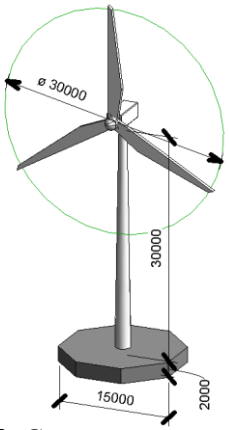


Рис. 3. Схема исследуемой ВЭУ

Таблица 1 – Параметры исследуемой ВЭУ

Масса ВК с гондолой	8 т
Диаметр ВК	30 м
Максимальная частота вращения	48 об./мин.
Размеры башни	Высота – 30 м Диаметр – 1÷2 м Толщина стенки – 30 мм
Фундамент	Восьмиугольник Ширина – 15 м

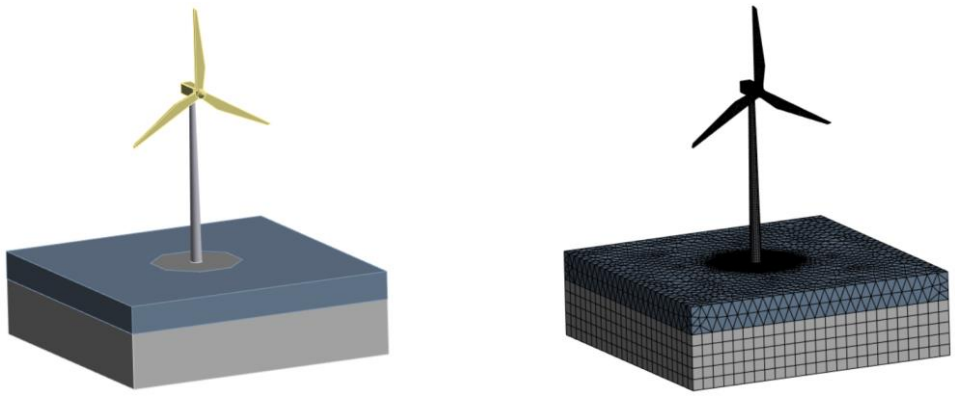


Рис. 4. Геометрическая схема цифровой модели и схема пространственной дискретизации

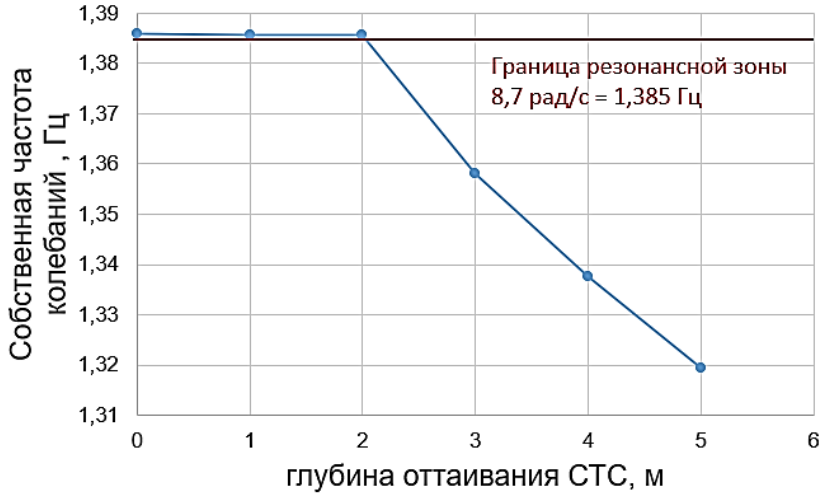


Рис. 5. Зависимость собственной частоты колебаний сооружения от глубины оттаивания СТС

Выводы:

1. Промерзание и оттаивание грунтов сезонно-талого слоя влияет на общую жесткость системы «Арктическая ВЭУ – фундамент – основание» и собственную частоту колебаний сооружения.

2. Влияние периодического промерзания и оттаивания грунтов основания на частоты собственных колебаний ВЭУ проявляется в большей степени на территориях с большой глубиной сезонно-талого слоя.

3. При оттаивании основания значительно снижается жесткость сооружения в горизонтальном направлении и в направлении кручения вокруг оси башни ВЭУ.

4. Для рассмотренной ВЭУ требование ограничения резонансов соблюдается до глубины оттаивания равной 2 м. Дальнейшее оттаивание приводит к превышению предельного динамического коэффициента установившихся колебаний.

5. Высокую жесткость основания в полностью мерзлом состоянии возможно использовать для оптимизации конструктивных решений ВЭУ за счет применения специальных демпфирующих устройств.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*/ М.: Стандартинформ, 2019.
2. Цытович Н.А. Механика мерзлых грунтов (общая и прикладная). Учебн. пособие. М.: «Высшая школа», 1973.
3. Zheng M. Yang., Zh., Yang Sh., Still B. Modeling and mitigation of excessive dynamic responses of wind turbines founded in warm permafrost, Engineering Structures, Volume 148, 2017, Pages 36-46, ISSN 0141-0296, https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.06.037. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141029617301876)
4. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений / А.Ф. Смирнов, А.В. Александров, Б.Я. Лащеников, Н.Н. Шапошников. М.: Стройиздат, 1984.
5. Елистратов В.В., Константинов И.А., Панфилов А.А. Динамические расчеты системы «Ветроэнергетическая установка–фундамент–основание» / учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1999.
6. Елистратов В.В., Константинов И.А., Панфилов А.А. Нагрузки на элементы ветроэнергетической установки, на ее фундамент и основание: учеб. пособие. Санкт-Петербург: Изд-во СПбГТУ, 1999.

УДК 621.355.9:661.931

Е.Ю. Терехов, В.В. Елистратов
Санкт-Петербуржский политехнический университет Петра Великого

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОРОДА В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Цель работы – анализ современного состояния и тенденций использования водорода в энергетическом секторе.

Энергетический сектор является системообразующей структурой большинства стран мира, от которой зависит множество экономических, экологических, социальных и прочих факторов. Энергетика многих стран по-прежнему основывается на использовании ископаемых энергоресурсов (рис. 1). Суммарная доля использования ископаемого топлива в мировом производстве электроэнергии – 28466,3 ТВт·ч – составляет 61,8%, в том числе доля: угля – 36,4% (10085,9 ТВт·ч); природного газа – 22,7% (6338,0 ТВт·ч); нефти – 2,7% (764,5 ТВт·ч) [1].

Производство электроэнергии за счет ископаемого топлива чревато развитием глобальных проблем, в первую очередь связанных с энергетической и экологической безопасностью:

- экологические проблемы при добыче, транспортировке и использовании органических ресурсов, увеличение числа и интенсивности природных катастроф, в том числе за счет выбросов парниковых газов и глобального изменения климата;
- увеличение транспортных путей и повышение рисков при добыче и доставке ископаемых энергоресурсов, в связи с исчерпанием близлежащих месторождений;
- рост стоимости органического топлива и энергии, её слабо контролируемые тренды, порождающие энергетические и экономические кризисы и необходимость поиска решений для обеспечения энергетической безопасности государств [2].

Для предотвращения развития данных проблем современный топливно-энергетический комплекс должен претерпеть системные изменения, в первую очередь связанные с развитием низкоуглеродных технологий.

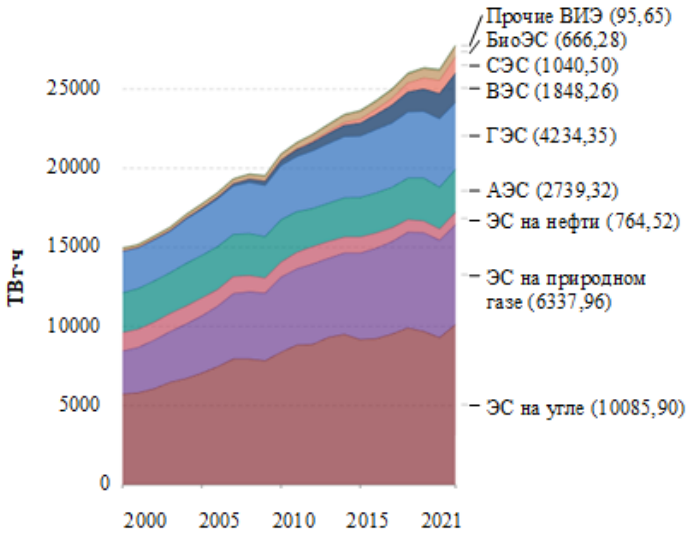


Рис. 1. Объем производства электроэнергии в мире по видам ЭС

В настоящее время энергетический сектор мировой экономики развивается в направлении Четвертого энергетического перехода [2], характеризуемого значительным увеличением установленной мощности объектов на основе возобновляемых источников энергии, развитие систем аккумулирования, внедрением энергоэффективных технологий и развитием водородной энергетики.

Установленная мощность объектов на основе ВИЭ (ВЭС и СФЭС) за последние 20 лет выросла с 19 ГВт в 2000 г. до 1450 ГВт в 2020 г., т. е. в 75 раз. Доля энергии, вырабатываемой за счет ВИЭ (без учета крупных ГЭС), увеличилась практически в 16 раз (с 231 до 3658 ТВт·ч) [1] и продолжает расти – на начало 2022 г. прирост составил 13%.

В 2022 г. мировое потребление водорода составляет порядка 115 млн т в год, из которых для энергетических целей используется 3%. Сейчас водород преимущественно получается из углеводородов, и лишь 0,1% путем электролиза воды. К 2050 г. потребление водорода может возрасти в 6 раз – до 696 млн т в год, 60% из которых планируется производить путем электролиза воды. Предполагается, что доля использования водорода энергетическим сектором увеличится до 24%. В ближайшем будущем водород может стать альтернативой природному газу и нефтепродуктам [3]. По сравнению с другими видами топлива, водород имеет гораздо более высокую удельную теплотворную способность на килограмм массы, но меньшую объемную (табл. 1).

Табл. 1 – Теплотворная способность некоторых видов топлива

Топливо	Низшая теплота сгорания,	
Водород	33,3 кВт·ч/кг	3,0 кВт·ч/Нм^3 *
Дизельное топливо	11,9 кВт·ч/кг	10,0 кВт·ч/л
Бензин	12,0 кВт·ч/кг	8,8 кВт·ч/л
Метанол	5,47 кВт·ч/кг	4,4 кВт·ч/л
Метан	13,9 кВт·ч/кг	10,0 кВт·ч/Нм^3 *
Природный газ (82-93% CH_4)	10,6-13,1 кВт·ч/кг	8,8-10,4 кВт·ч/Нм^3 *

* Нм^3 – м^3 при нормальных условиях (273,15 К, 0,1013 МПа)

Энергетическая ценность 1 Нм^3 водорода эквивалентна 0,34 л бензина, 1 л сжиженного водорода – 0,27 л бензина, 1 кг водорода – 2,75 кг бензина [4].

Преимуществами водорода в сравнении с другими энергоносителями являются:

- возможность долгосрочного масштабного хранения и транспортировки водорода на любые расстояния, в том числе с использованием уже имеющейся инфраструктуры, связанной с природным газом [3];
- возможность производства водорода с низким углеродным следом, в том числе:
  - «зеленого» водорода – за счет энергии возобновляемых источников методом электролиза воды, удельные выбросы парниковых газов (ПГ) – менее 1 кг экв. CO_2/кг H_2 [5];
  - «оранжевого»/«желтого» водорода – за счёт энергии АЭС методом электролиза воды, удельные выбросы ПГ – 0,6 кг экв. CO_2/кг H_2 [5];
  - «голубой» водород – произведенный из природного газа методом паровой конверсии метана с улавливанием CO_2, эффективность улавливания может достигать 97% [6], а при производстве водорода тем же методом, но без улавливания CO_2, удельные выбросы ПГ составляют 11,1–13,7 кг экв. CO_2/кг H_2 [5];
- на сегодняшний день потенциал энергосистемы РФ для производства «зелёного» и «желтого» водорода составляет порядка 7 млн т в год [7] (для производства 1 т водорода в год требуется 40–50 тыс. кВт·ч энергии [8]).

Важным компонентом, способствующим достижению Четвертого энергетического перехода и обеспечивающим обширную электрификацию и распространение ВИЭ является развитие технологий накопления энергии. Достоинствами применения аккумулирования являются:

- обеспечение гибкости и адаптивности энергокомплексов на основе ВИЭ за счет согласования генерации и нагрузки потребителей (перераспределения генерируемой энергии);
- расширение зон распределенной генерации;
- расширение возможности крупных потребителей электроэнергии в рамках технологии управлению спросом («demand response»);
- повышение энергоэффективности, надежности электроснабжения и качества электроэнергии.

Обязательным критерием для новых технологий хранения энергии является снижение выбросов парниковых газов и вредных веществ. Углеродный след литий-ионных аккумуляторов (с учетом среднего значения вредных выбросов за весь жизненный цикл таких аккумуляторов, равного 110 кг экв. CO_2/кВт·ч емкости [9]) составляет 137,5 млн т экв. CO_2.

Перспективной технологией аккумулирования является водородное аккумулирование (рис. 2). С учетом всего жизненного цикла электролизных установок и топливных элементов, углеродный след, обусловленный использованием такого типа аккумулирования, среднем составляет порядка 0,05 кг экв. CO_2/кВт·ч суммарной установленной мощности устройств.

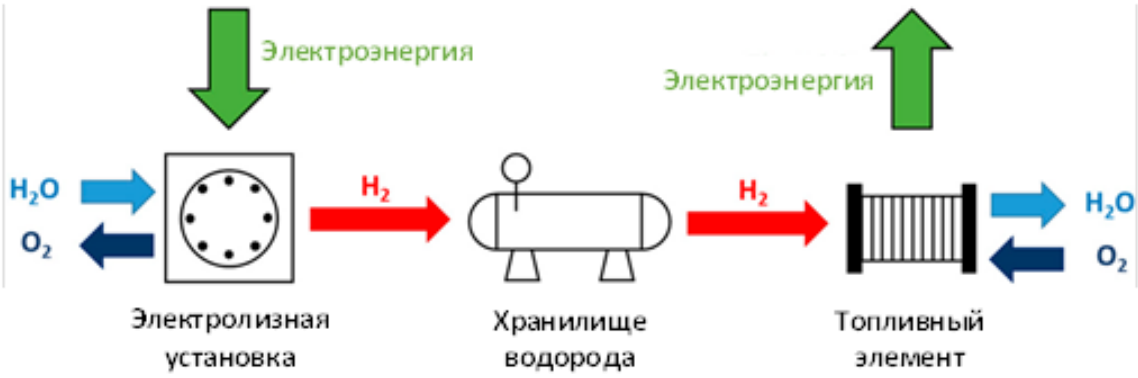


Рис. 2. Принципиальная схема водородного аккумулирования

Эффективность применения водородного аккумулирования в настоящее время составляет порядка 50%, однако, по данным «UK Committee on Climate Change», к 2050 г. данный показатель может достичь 85%. Также важным преимуществом водородного аккумулирования возможность длительного хранения энергии без потерь, что недостижимо для химических источников тока, и малые капитальные затраты по сравнению с гидроаккумулированием [10], являющимся наиболее распространённым видом аккумулирования в настоящее время.

Таким образом, водород может стать ключевым элементом в рамках концепции низкоуглреодного развития мировой энергетики. Прогнозируется, что объем мирового производства водорода к 2050 г. увеличится в 6 раз и достигнет 700 млн т в год, а доля потребления водорода энергетическим сектором увеличится в 8 раз и достигнет 24%. Водород, в сравнении с другими топливами, имеет ряд преимуществ: огромный потенциал производства «зеленого» водорода с учетом тенденций развития возобновляемой энергетики; большая удельная энергетическая ценность водорода на килограмм массы, а также низкие выбросы парниковых газов и вредных веществ при производстве газа и использовании технологии водородного аккумулирования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Энергетика: ключевые показатели [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ourworldindata.org/energy-key-charts (дата обращения: 05.02.2023 г.).
2. Ресурсы и технологии использования возобновляемых источников энергии: учеб. пособие / В. В. Елистратов [и др.]. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022.
3. Митрова Т. Водородная экономика – путь к низкоуглеродному развитию /Т. Митрова, Ю. Мельников, Д. Чугунов. М.: ЦЭМШУ СКОЛКОВО, 2019.
4. H-Tec Systems [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.h-tec.com/ (дата обращения: 12.03.2023 г.).
5. Hydrogen council: Hydrogen decarbonization pathways. A life-cycle assessment, January 2021.
6. Terlouw T., Treyer K., Bauer C., Mazzotti M. Life Cycle Assessment of Direct Air Carbon Capture and Storage with Low-Carbon Energy Sources. Environ Sci Technol. 2021 Aug 5.
7. Водородная энергетика: физика и экономика против экологии [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://globalenergyprize.org/ru/2022/09/14/vodorodnaya-energetika-fizika-i-ekonomika-protiv-ekologii/ (дата обращения: 06.03.2023 г.).
8. Елистратов В.В. Развитие изолированных энергосистем на основе возобновляемых источников энергии и водородного аккумулирования / Елистратов В.В., Денисов Р.С. / Альтернативная энергетика и экология. 2023. № 1 (406). С. 12–22.
9. Preparatory Study on Ecodesign and Energy Labelling of Batteries under FWC ENER/C3/2015-619-Lot 1, TASK 5, Environment & economics, Brussels, 2019.
10. Steward D., Saur G., Penev M., Ramsden T. Lifecycle Cost Analysis of Hydrogen Versus Other Technologies for Electrical Energy Storage. Technical Report NREL/TP-560-46719. 2009.

УДК 699.86

А.М. Туковская, В.Л. Баденко
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАДИЦИОННЫХ УТЕПЛИТЕЛЕЙ И ВАКУУМНЫХ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ПАНЕЛЕЙ

Актуальность данной темы связана с увеличением потребления энергетических ресурсов. На долю жилого строительства приходится порядка 60–70% потребления всех энергоресурсов страны. Чтобы уменьшить данные показатели необходимо задуматься о качественном утеплении жилых домов, которое поспособствует не только энергосбережению, но и уменьшению ресурсозатрат.

Целью работы является проведение сравнительного анализа существующих видов утеплителя и вакуумных панелей и выбор оптимального варианта утепления многоэтажной жилой застройки в климатических условиях города Санкт-Петербург. Для этого был проведен сравнительный анализ нескольких типов традиционных утеплителей и вакуумных изоляционных панелей [1].

Современные тенденции повышения энергоэффективности и экологичности зданий предъявляют повышенные требования к выбору паро-, гидро-, а также теплоизоляционным материалам. На сегодняшний день самые популярные утеплители, используемые в строительстве гражданских зданий – минеральная вата и пенополистирол. К сожалению, ни один из перечисленных видов утеплителей не является экологичным или энергоэффективным с точки зрения современного строительства. В статье приводится сравнительный анализ традиционных видов утеплителей и утеплителя из вакуумных панелей [2].

Минеральная вата обладает низким коэффициентом теплопроводности в сухом состоянии, но из-за высокого водопоглощения (до 60%) полностью теряет свои свойства в увлажненном состоянии, а также является токсичным материалом, так как при ее производстве применяется фенолформальдегидная смола как связующее вещество.

Пенополистирол имеет отличные показатели теплопроводности и морозостойкости, но является горючим материалом, при горении выделяет токсичные вещества.

Пенополиуретан абсолютно не токсичен, имеет легкий вес и за счет своей структуры является отличным звукоизоляционным материалом. Главным недостатком пенополиуретановой пены является недостаточный уровень огнестойкости и неустойчивость к ультрафиолетовому излучению.

Вакуумные изоляционные панели обладают низкой теплопроводностью, не является токсичным материалом, считается пожаробезопасным материалом. К основным минусам вакуумных панелей можно отнести трудность монтажа, нарушение свойств при повреждении, отсутствие возможности подогнать материал под индивидуальные размеры [3].

По данным, представленным в табл. 1, можно сделать следующие выводы:

- материалом с наименьшим коэффициентом теплопроводности является вакуумный утеплитель;
- к негорючим и более безопасным материалам можно отнести минеральную вату и вакуумные панели;
- самым дешевым материалом является пенополиуретан, самым дорогим – вакуумный утеплитель [4].

Для более детального сравнения примем следующую конструкцию стенового ограждения:

1. Газобетон – 250 мм;
2. Утеплитель (один из представленных) – 100 мм;
3. Кладка из керамического кирпича – 120 мм.

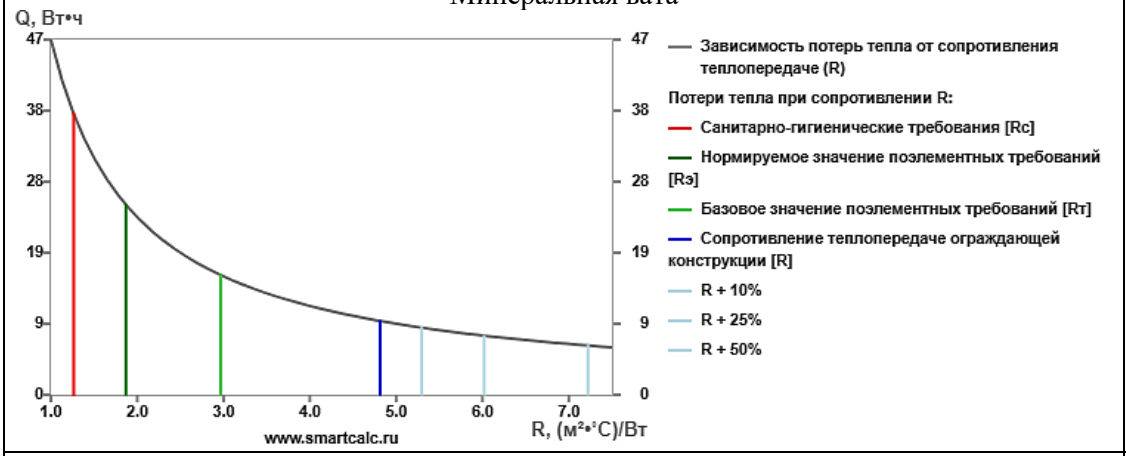
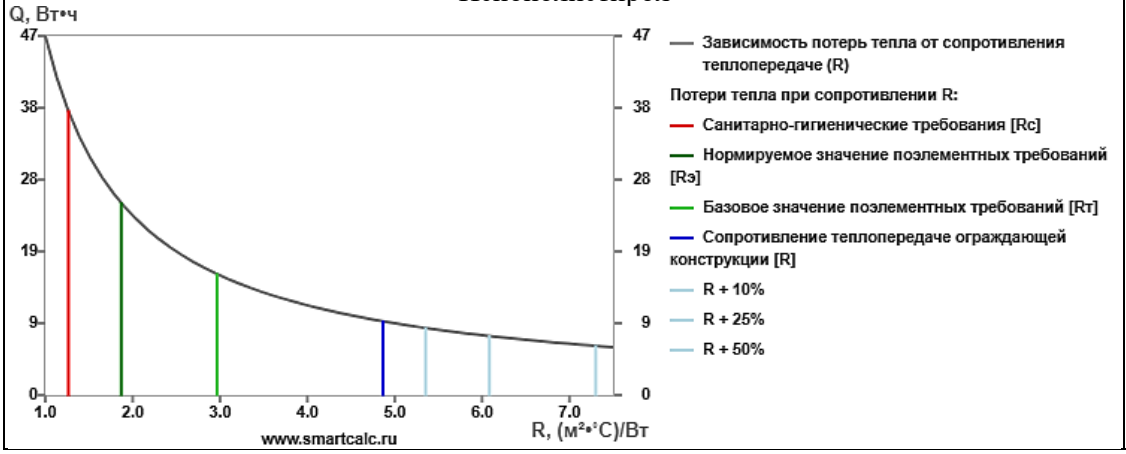
Толщину утеплителя примем одинаковую для всех видов – 100 мм. Кроме того, необходимо учесть, что вакуумные изоляционные панели и пенополиуретан располагаются перед несущим слоем конструкции, т. е. внутри помещения. Это необходимо для грамотного устройства и легкого обслуживания утеплителя.

Таблица 1 – Основные характеристики теплоизоляционных материалов

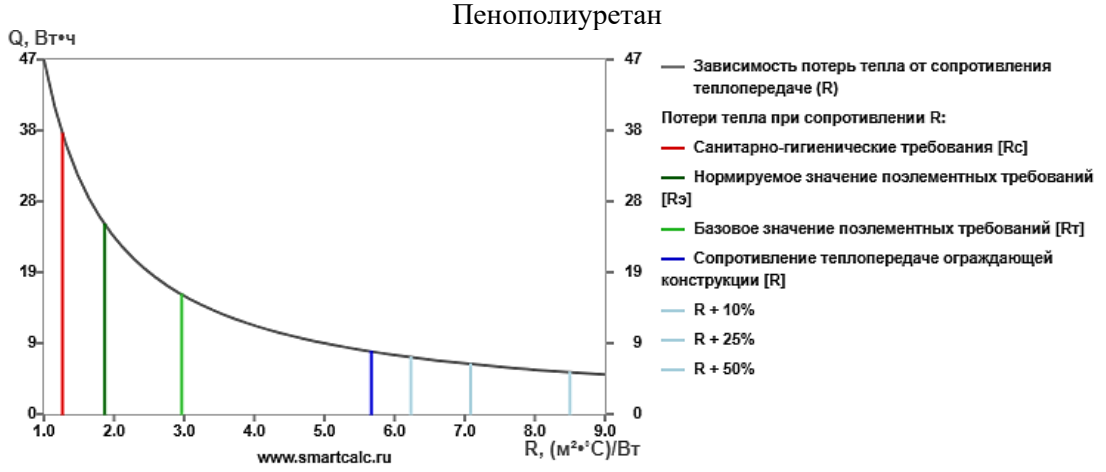
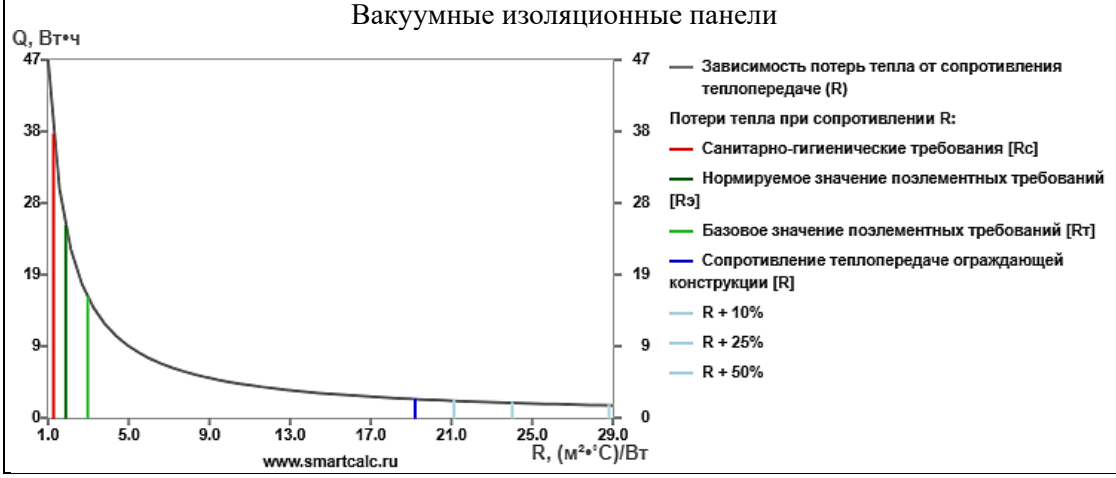
Материалы	Минеральная вата	Пенополистерол	Пенополиуретан	Вакуумный утеплитель
Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К	0,36-0,44	0,041-0,043	0,023-0,032	0,004-0,006
Звукоизоляция	Хорошая	Плохая	Хорошая	Хорошая
Экологочность	Eco-friendly	Not eco-friendly	Eco-friendly	Eco-friendly
Плотность	35-100	20-50	60	-
Класс огнестойкости	НГ	Г3-Г4	Г3-Г4	НГ

Из графиков (табл. 2) видно, что тепловые потери (в таблице [R] – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции) через ограждающие конструкции с применением традиционных утеплителей примерно одинаковые и находятся в диапазоне 5–6 (м^2·°С)/Вт [5]. Что касается вакуумных панелей, то тепловые потери через 1 м^2 конструкции уменьшились втрое, а сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции равно 19,21 (м^2·°С)/Вт.

Таблица 2 – Тепловые потери через квадратный метр ограждающих конструкций

Ограждающие конструкции	[*R*], (м^2·°С)/Вт
Минеральная вата 	4,81
Пенополистирол 	4,87

Продолжение таблицы 2

Пенополиуретан 	5,67
Вакуумные изоляционные панели 	19,21

Выводы. При проведении сравнительного анализа было проанализировано 4 вида утеплителей. Наименее приемлемым материалом по теплотехническим характеристикам является минеральная вата, наиболее приемлемым – вакуумный утеплитель. Толщину вакуумного утеплителя можно принимать меньше, при этом сопротивление теплопередаче все равно будет больше, чем при использовании традиционных утеплителей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.
2. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий.
3. Зобкова Н.В., Пшенов А.А., Фролов М.О. Сравнительный анализ вариантов конструктивных решений стен с утеплением // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2011. № 1. С. 89–92
4. Гримитлин А.М., Денисихина Д.М. Энергетическое моделирование – инструмент повышения энергоэффективности зданий // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матлы Всеросс. научно-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 93–97.
5. Семенова Э.Е., Самсонова М.Г., Нецепляев Д.Е., Компанеец В.Ю. Пути повышения энергоэффективности гражданских зданий // Инженерные системы и сооружения. 2019. № 3 (36). С. 20–24.

УДК 621.311

Е.С. Иванов, И.Г. Кудряшева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ НАГРУЗКИ И ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ВЕТРОДИЗЕЛЬНОГО ЭНЕРГОКОМПЛЕКСА

Целью работы является построение графиков нагрузки и годового потребления электроэнергии объектов децентрализованного энергоснабжения на примере п. Кайеркан, находящегося вблизи г. Норильск.

Моделирование графиков нагрузки потребителей необходимо в условиях отсутствия реальных графиков и необходимости выявления требуемых объемов $Э_{потр}$, мощностей P_{max} и характера энергопотребления для конкретного населенного пункта с определенной инфраструктурой: численностью населения, количеством промышленных и социальных объектов

Основным источником электро- и теплоснабжения п. Кайеркан является Норильская ТЭЦ-3. Она построена в 1980-х годах и предназначена для покрытия тепловых нагрузок Надеждинского металлургического завода и п. Кайеркан и выработки электроэнергии.

Электрическая мощность – 440 МВт. Годовая выработка электричества – 1 311 млн кВт·ч/год. Основное топливо – природный газ, резервное – дизельное топливо.

Годовое энергопотребление Надеждинского металлургического завода – 177 млн кВт·ч/год. Следовательно, на весь п. Кайеркан приходится:

$$Э_{потр} = 1\ 311 – 177 = 1\ 134 \text{ млн кВт·ч/год.}$$

Жилая застройка, в среднем, представлена 9-этажными жилыми домами, население составляет около 20 тыс. человек.

Особенностью децентрализованной схемы электроснабжения является отсутствие характерного типового графика нагрузки, что обусловлено вариативностью количества и возможных комбинаций потребителей в группе. В зависимости от выполняемых функций и режимов потребления электроэнергии выделяют следующие группы потребителей [1, 2]:

- коммунально-бытовые;
- производственные;
- социальные.

Основные потребители электроэнергии приведены в табл. 1

Таблица 1 – Потребители электроэнергии п. Кайеркан

№ п/п	Группа	Потребитель	Электропотребление, млн кВт·ч/год
1	Коммунально-бытовые	123 дома (21,6 тыс. человек)	314, 3
2	Производственные	Надеждинский металлургический завод	177
3	Социальные	5 школ по 500 учащихся	819,7
		5 детских садов по 300 мест	
		Административное здание на 70 рабочих мест	
		Сельская детская больница на 100 коек	
		Большое кол-во магазинов	

Малое количество потребляемой энергии в производственной группе обусловлено наличием на Надеждинском металлургическом заводе собственной миниТЭЦ, которая

покрывает почти весь производственный процесс работы предприятия. В среднем, нагрузка электроэнергии для населения составляет – 44,3 МВт.

Следовательно, среднее потребление электроэнергии в год, соответственно, равно:

$$Э_{потр} = 44{,}3 \cdot 0{,}81 \cdot 8760 = 314\ 335 \text{ МВт·ч/год} = 314,3 \text{ млн кВт·ч/год}.$$

На социальных потребителей приходится:

$$Э_{потр} = 1\ 134–314,3 = 819{,}7 \text{ млн кВт·ч/год}.$$

Основным критерием оценки энергетической эффективности проекта ВДЭС является удовлетворение потребности электропотребления с определением дефицита в электроснабжении по графикам нагрузки $Э_{потр}(t)$.

Наиболее перспективным для прогноза потребления электроэнергии в условиях ограниченных исходных данных о потребителях является метод обобщенных характеристик, основу которого составляет накопленная информация по реальным объектам потребления [3].

Для оценки нагрузки потребителей используются расчетные нагрузки, статистические показатели, коэффициенты, полученные на аналогичных реальных потребителях в процессе их эксплуатации [4]. Каждая группа потребителей характеризуется определенным режимом работы и графиком нагрузки электроэнергии.

На типовых графиках представлены нагрузки потребителей электроэнергии в течение суток в процентах от максимальной нагрузки, принимаемой за 100%.

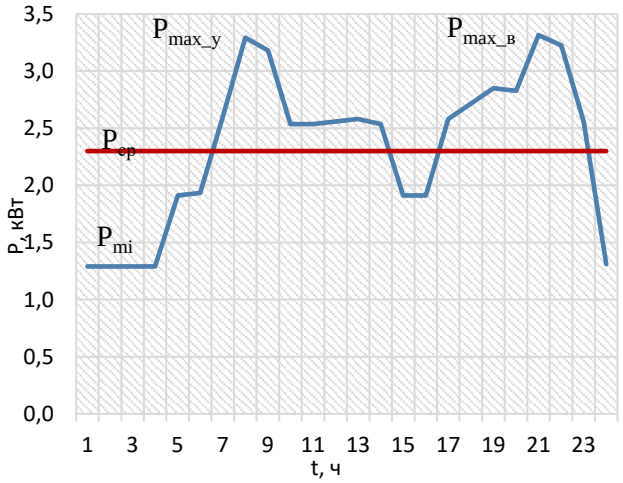


Рис. 1. Суточный график нагрузки $P(t)$ коммунально-бытового потребителя в зимнее время; $P_{ср}$ – среднесуточная нагрузка

Исходными данными для расчета является состав потребителей – производственные потребители характеризуются объемом производства, количеством людей, участвующих в производстве; предприятия коммунально-бытового назначения – численностью населения, проживающего в данном районе. Расчет значений потребления электроэнергии произведен по методу обобщенных характеристик [5] (рис. 1, 2).

Данный метод позволяет выполнить прогнозный расчет режимов электропотребления децентрализованных энергетических систем при минимуме исходных данных.

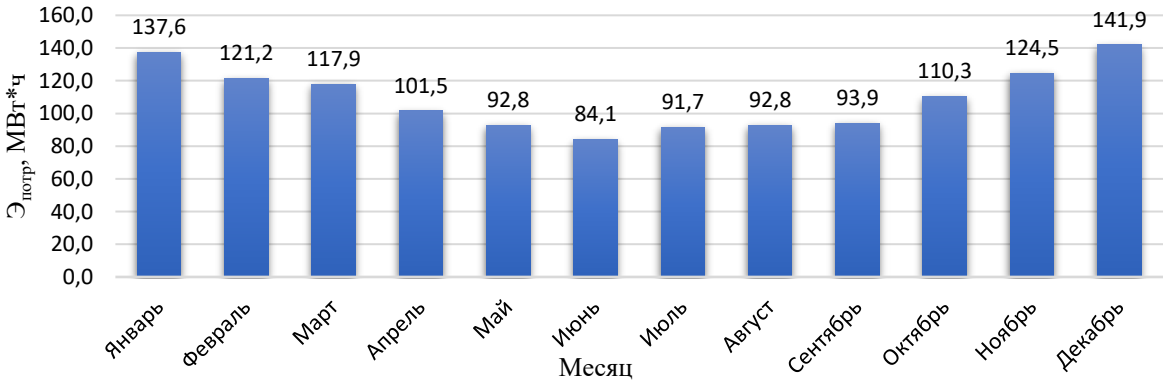


Рис. 2. Годовой график потребления электроэнергии

Выводы. В результате данной работы можно отметить, что максимум нагрузки (141,9; 137,6 МВт·ч) зафиксирован в зимние месяцы, а минимум (84,7; 91,7 МВт·ч) – в летние месяцы. Главной причиной таких колебаний является интенсивная работа электрических отопительных приборов в зимний период года. Среднегодовой объем потребления электроэнергии составляет 1 311 МВт·ч/год. Данный метод позволяет построить как годовые, так и суточные графики нагрузки для прогноза режимов электропотребления децентрализованных энергетических систем при минимуме исходных данных.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. 3-е изд., доп. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016.
2. Елистратов В.В., Кудряшева И.Г., Пилипец П.А. Энергоэкономическая оценка энергокомплексов на основе возобновляемой энергии в районах крайнего Севера. Мат-лы Междунар. форума «Возобновляемая энергетика: Пути повышения энергетической и экономической эффективности REENFOR-2014». С. 163–167.
3. Хошнау Зана Пешанг Халил. Дисс. «Автономные системы электроснабжения на основе энергоэффективных ветро-дизельных электростанций». НИ ТПУ, 2012.
4. Пилипец П.А. Метод построения графиков нагрузки потребителей электроэнергии децентрализованных энергетических систем. Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием, 2015. С. 224–226
5. Elistratov V., Kudryasheva I., Pilipets P. Energy efficient solutions of power supply in north regions. Applied Mechanics and Materials. Vols. 725-726 (2015), pp. 1463–1469.

UDC 620.92

Amaish Issa Ibrahim, I.G. Kudryasheva
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

SOLAR ENERGY POTENTIALS IN LIBYA FOR USE IN SUSTAINABLE BUILDINGS

The work investigates the availability of solar energy to be utilized as an alternative energy resource in Libya and the practicality buildings sector. The objectives of the study: 1) identify the potentials of solar energy in Libya; 2) the possibility of employment; 3) reduction carbon dioxide emissions. This study integrates data and information for literature review, and additional data collected from international data agencies (e.g., International Energy Agency IEA) and weather data platforms to paint a comprehensive picture in relation to energy demand and consumption in Libya. In 2013, the Libyan government launched the Renewable Energy Strategic 2013-2025 Plan, which aims to achieve 7% renewable energy contribution to the electric energy mix by 2020 and 10% by 2025. This will come from wind, Concentrated Solar Power, solar photovoltaic PV and solar heat [1]. However, based on International Energy Agency (IEA) data, the contribution of renewable (wind, solar, etc.) below 1% in 2020 [1].

In Libya, the history of load profile data indicates that throughout the summer months, the maximum power occurs and that the residential sector accounts for the highest share of the demand for electrical energy, which represents 36% respectively followed by 23% in others,14% represents the commercial/industrial sector [2]. Additionally, according to Our World in Data [3], the annual Carbon Dioxide (CO_2) emission has been increased by more than 50% in the last three decades exceeds 74 million tons of CO_2.

Due to the geographical location of Libya on the cancer orbit line with exposure to the sun's rays during the year and with long hours throughout the day, solar energy may be one of the main resources. The entire country has a great potential of solar radiation intensity hereby it is available take into employment; thus, it is a geographic location in North Africa (fig. 1), [4].

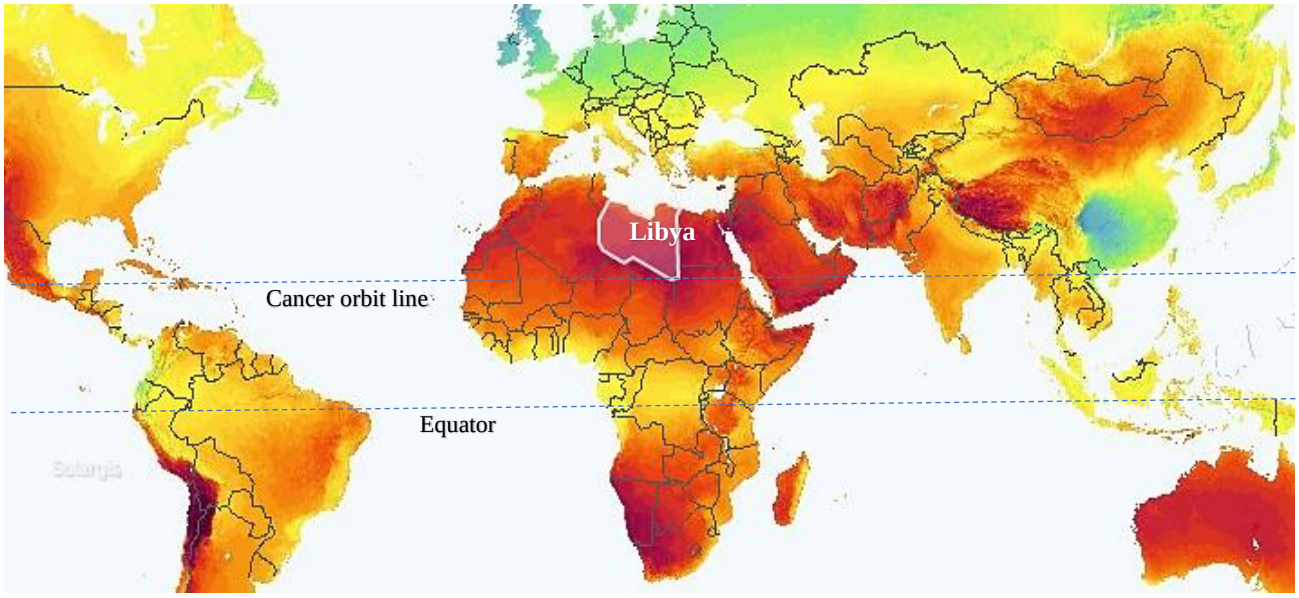


Fig. 1. Global horizontal irradiation

The solar energy role in any country mainly depends on the availability of solar radiation in its all-different forms as shown in (fig. 2) the solar elevation during several periods of the year regarding solar azimuth it results 15 hours daytime as an average. According to analysis of solar radiation the total photovoltaic power 1 819 MWh per year and global tilted irradiation 2415.5 kWh/m^2 per year [4]. In general, Average theoretical potential of Global Horizontal Irradiance (GHI) 6 135 kWh/m^2 [4].

Based on the literature review and secondary data, it is evident, solar energy is still strategically of high importance. Solar energy can be considered a valuable energy source of renewable energy, also according to the results it can be utilized in building sector. Fig.3 shows monthly averages of total photovoltaic power output for small residentials, and it can produce total photovoltaic power output 1 860 MWh per year in the central region [4]. It is found that the 49% of the evaluated area has a range between 5.2 to 5.4 kWh/kWp of photovoltaic power [4]; which is generally high in comparison with European countries that shows growth of solar power utilization despite less solar power potentials.

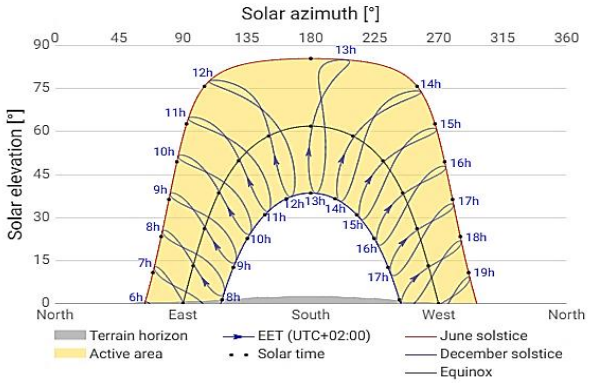


Fig. 2. Horizon and sun-path

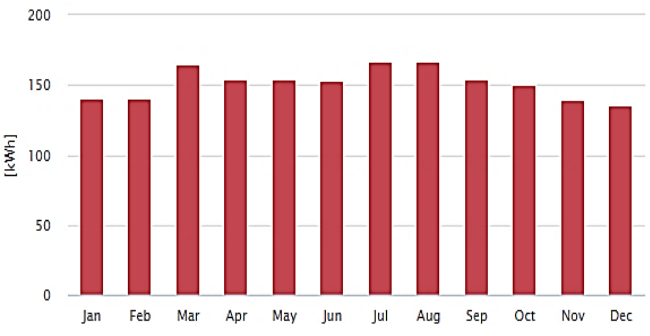


Fig. 3. Monthly averages, total photovoltaic power output (Libya)

In contrast, the access of electricity of population has been showing decrement, according to the World Bank only 69.7% of population have an access to electricity while it was 81.7% in 2010 [5]; it indicates to an urgent reconsiderations of energy sources and production in the country.

Wherefore, due to the increment of energy demand in Libya and that renewable energies and solar energy in particular could be the solution to cover some of this demand. Additionally, in Libyan context it can be beneficial as an investment opportunity that could attract investor and may provide work opportunities, subsequently it will contribute in the enhancement of infrastructure.

The continuous supply of sunlight, quiet operating, technological advancements, non-depending on the fuels in the source, environmentally friendly operating conditions and participates in lower carbon emissions, enabled solar the best option for the future generation of electricity, due to its position in the region of the Mediterranean Sea and North Africa, which offers higher solar energy resources.

As recommended, this is one of the main causes of climate change worldwide. Hence, the energy associated with greenhouse gas emissions should be mitigated, and according to the Paris Agreement, 187 countries are committed to working on the causes of climate change (UNFCC, 2016).

Considering all, obviously Libya has great potentials of solar energy due to its critical geographical location and weather features, hence there is an opportunity of employment and utilization of solar energy to use in large scales as solar photovoltaic PV powerplants or individually. Entrant of the scholars is valuable, which can help to develop and adopt solar energy technologies in the country. Likewise, the leverage of technological advancements is one of the instrumental keys for solar power applications for high efficiency outcomes and following up the trend achievements in the field. The solar PV has the longevity, reliability, ease of maintenance, sustainability, and environmental friendliness of the standalone solar photovoltaic. For residential and other related applications, these turn the device attractive; therefore, to meet the cost of the solar energy output from the designed device [6]. As for residential sector, possibly, to mount the solar photovoltaic PV panels and other equipment on the rooftop considering the proper orientation.

Conclusion. The possibility of utilization solar energy as an alternative energy source is obviously high in Libya which subsequently would have a great contribution to minimize the production of greenhouse gases and CO_2 emissions. Moreover, the reliance on fossil fuels will be reduced, which is an advantage regarding the global call to ease the impact on the environment and looking for sustainable energy sources. Furthermore, the country would also benefit from creating new business markets, which would undoubtedly provide work opportunities and impact the economy.

REFERENCES:

1. The International Energy Agency (IEA), the IEA works with governments and industry to shape a secure and sustainable energy future – Libya – Countries & Regions – IEA
2. Dagroum, A., Assnousi, M., Elhsaeshi, 2014. Integration of Renewable Energy into Libyan Electrical Grid. general electricity company of Libya (GECOL. http://www. renac.de/fileadmin/user_upload/Download/Projects/Online/07_RE-Grid_in_Libya_ final.pdf. (Accessed 28 April 2017).
3. Our World in Data is a project of the Global Change Data Lab, a non-profit organization based in the United Kingdom (Registered Charity Number 1186433). Search – Our World in Data – CO2 emissions – Our World in Data.
4. GLOBAL PHOTOVOLTAIC POWER POTENTIAL | Country Factsheet – Global Solar Atlas
5. The World Bank Group – 1818 H Street, NW Washington, DC 20433 USA (202) 473-1000 – About the World Bank – Libya | Data (worldbank.org) – Access to electricity (% of population) – Libya | Data (worldbank.org)
6. Shamatah, H., Azouz, S., Khalil, A., Rajab, Z. The potential of the rooftop grid-connected PV systems in Benghazi. In: 2017 IEEE Jordan Conference on Applied Electrical Engineering and Computing Technologies (AEECT). IEEE, pp. 1–6.

UDC.620.92

H. Garcia, I.G. Kudryasheva
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University

THE IMPORTANCE OF RENEWABLE ENERGY AND THE ENERGY EFFICIENCY IN THE PERUVIAN ANDES

Peru is a country whose electricity generation matrix has traditionally been low in carbon emissions, due to the importance of hydroelectric generation. Even with the increase in the participation of natural gas plants, due to the commissioning of the Camisea project in 2004, our matrix continues to be relatively clean compared to others in the world. But we still have the challenge of bringing electricity to rural areas and giving quality of life to people in the High Andean regions where frost is a serious risk factor for their health [1].

In Peru, the most vulnerable population of different high Andean departments suffers year after year the adverse effects of frost because of not having the necessary tools and instruments that allow them to manage their risks, nor with the opportune support to protect themselves from the impacts of these phenomena.

The Peruvian government has detected a total of 6 787 population centres exposed to the adverse effects of Frost in 436 districts of the country in 96 provinces [2].

The objective of this article is to show the potential of renewable energies in reducing the vulnerability of the population exposed to frost phenomena, as well as the use of housing design with energy efficiency criteria.

Frosts are phenomena that occur in the mountains when the temperature drops below 0°C. Meteorological frosts generally begin in April and end in September, reaching their coldest and most frequent period in June and July. The most intense decrease is recorded at night and in the early morning before sunrise with conditions of clear skies or little cloudiness.

In fig. 1, we can see the map at the national level resulting from the susceptibility analyses for the high Andean area against frost. In this regard, it is estimated that there are around 2.3 million people living in villages located in areas of frost occurrence with high or very high susceptibility.

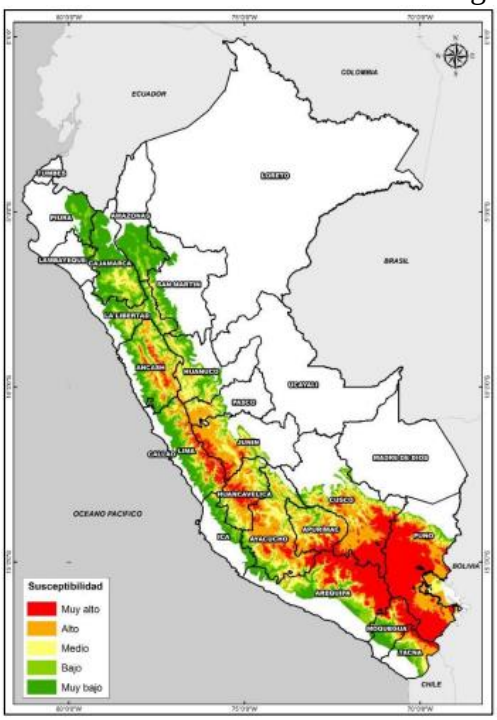


Fig. 1. Analysis of susceptibility to the occurrence of frosts [2]

According to data from the Peruvian government, the departments with the highest proportion of the population exposed to very high or high risk from the effects of frost are Puno (34.6%) and Cusco (22.3%). Similarly, the departments that concentrate a greater proportion of the population exposed to very high or high risk from the effects of cold weather are Ucayali (25.9%) and Junín (19.6%).

Peru is located in a privileged area for the development of solar energy due to its proximity to the equator, which allows it to have more hours of sunshine during most of the year compared to, for example, the Nordic countries. In almost the entire Peruvian territory there is an excellent availability of energy due to its abundance and uniformity throughout the year. In fig. 2 we can see that the regions that are subject to the effects of frost can take advantage of the solar potential to reduce the consequences of this weather phenomenon.

For the Peruvian case, in fig. 3 the greatest wind potential, according to information from the 2016 Wind Atlas of Peru, is on the coast, especially in the regions of Piura, Lambayeque, La Libertad, Áncash, Ica and Arequipa, with average wind speeds of 6 and 12 m/s (at an average wind turbine height of 100 m) for the development of both terrestrial and marine wind energy. But in the high Andean region, the wind speed is between 6 and 9 m/s, Cajamarca being the most outstanding because it has a similar potential to the coastal regions.

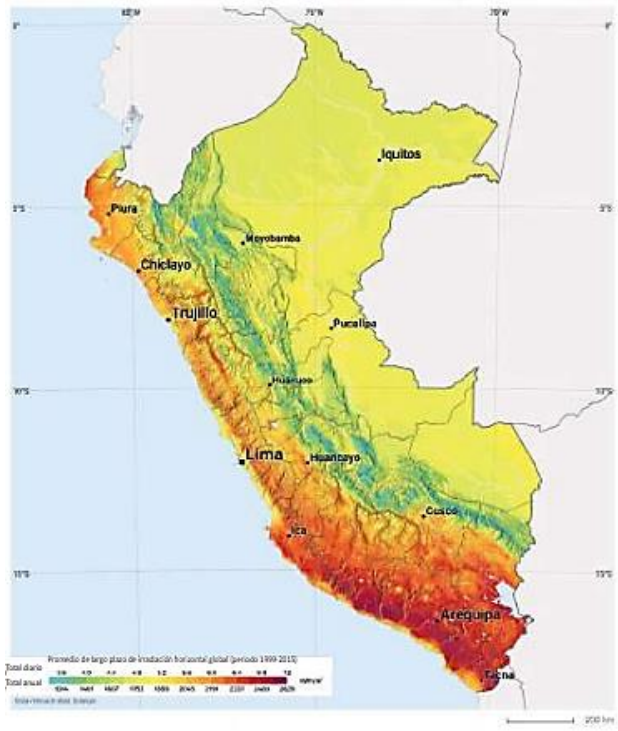


Fig. 2. Global Horizontal Irradiation Map (2019) [3]

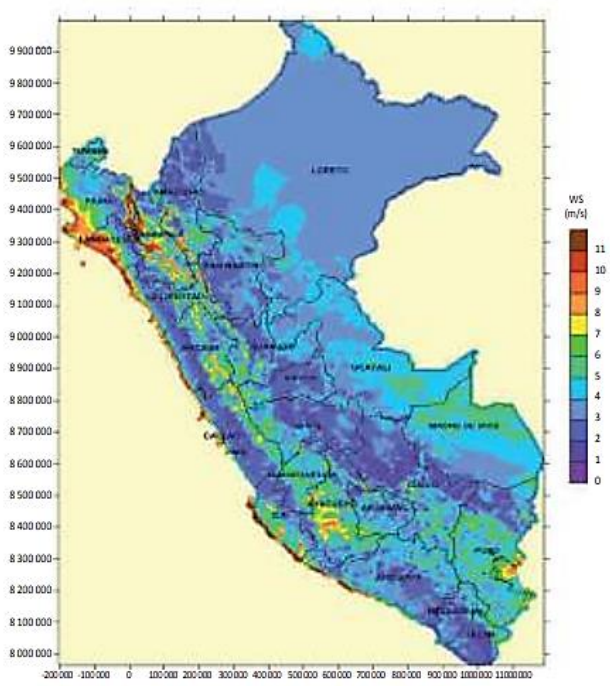


Fig. 3. Map of the average annual wind speed at 100 m [3]

To achieve optimal use of renewable energy, it is important to consider energy efficiency in buildings, without this meaning losing performance and comfort, as well as contributing to the reduction of CO2 emissions and other greenhouse gases. Among the most important measures of thermal insulation is the improvement of the façade and the roof [4].

In Peru, the EM standard was approved in 2014. 110 Thermal and Light Comfort with Energy Efficiency. However, it is a norm of little knowledge, and most of the constructions in the high Andean regions continue to be carried out through traditional methods without considering the national construction norms [5].

Conclusions:

The first solution for increasing access to electricity in rural areas of high land is to extend the national electrical grid. However, due to the extensive and complex geography of Peru and the dispersed nature of its small villages, the extension of the national electrical grid to reach all rural households would be economically prohibitive. This difficulty does not allow the inhabitants of the high Andean regions to have an adequate quality of life.

Electrification systems based on the use of renewable energy sources are suitable for providing electricity to isolated communities autonomously. Specifically, electrification by wind power and solar are ones of the technological options that have been used recently in projects implemented in the Andean highlands of Peru.

Thus, it is also important to disseminate the importance of using thermal comfort standards according to the characteristics of each climatic region.

REFERENCES:

1. Campodónico H. and Carrera C. Energy transition and renewable energies: Challenges for Peru, Energy Policy, vol. 171, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.enpol.2022.113261.
2. PCM – Gobierno del Perú, Plan Multisectorial ante Heladas y Friaje, 2022.
3. Osinergmin. Energías renovables experiencia y perspectivas en la ruta del perú hacia la transición energética, 2019.
4. MVCS, Norma em.110 confort térmico y lumínico con eficiencia energética í ndice, 2014. [Online]. Available: https://waltervillavicencio.com
5. García J., Torres C.E., Fiorella R., and Navarro G. Guía para la mejora de la implementación del Programa ‘Mi Abrigo’, 2021. [Online]. Available: http://www.iadb.org

УДК 69.697: 697.7

М.А. Карташов, К.И. Стрелец, А.Е. Радаев

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Комфорт в частных домах остается причиной, по который все больше людей предпочитают проживание в пригороде. Энергообеспечение и экономия становятся одной из важнейших причин обращения к альтернативным источникам энергии, в частности использование солнечных панелей для частного малоэтажного строительства [1, 2].

Цель работы – оценка эффективности использования солнечной энергии для малоэтажного строительства. Задачей исследования является методика расчета экономической эффективности и целесообразности объекта с учетом использования солнечной установки.

Для проведения исследования был выбран участок жилой малоэтажной застройки, находящейся в поселке Дятлицы, города Санкт-Петербурга, Ленинградской области. Поселок находится на юго-западе города (59.686166, 29.636634). Взят жилой дом с площадью жилых помещений 165 м^2 с подключением к сетевому энергообеспечению, с постоянным проживанием семьи из трех человек.

Произведем анализ энергетических характеристик, а именно энергопотребление малоэтажного частного здания. Для этого составляется таблица со всеми энергопотребителями. После получения данных о потреблении в сутки обратимся к СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий» для корректировки данного значения с нужным коэффициентом [3]. Исходя из полученного расчетного значения мощности, выбирается мощность энергокомплекса, в зависимости от

желаемого процента замещения. Месячные и годовые показатели солнечной радиации сведены в специальные таблицы, но также, существует довольно простая методика, позволяющая рассчитать количество электроэнергии, выдаваемое солнечной батареей [4]. Результат расчета позволит получить среднее значение количества энергии вырабатываемой солнечной электростанцией за год.

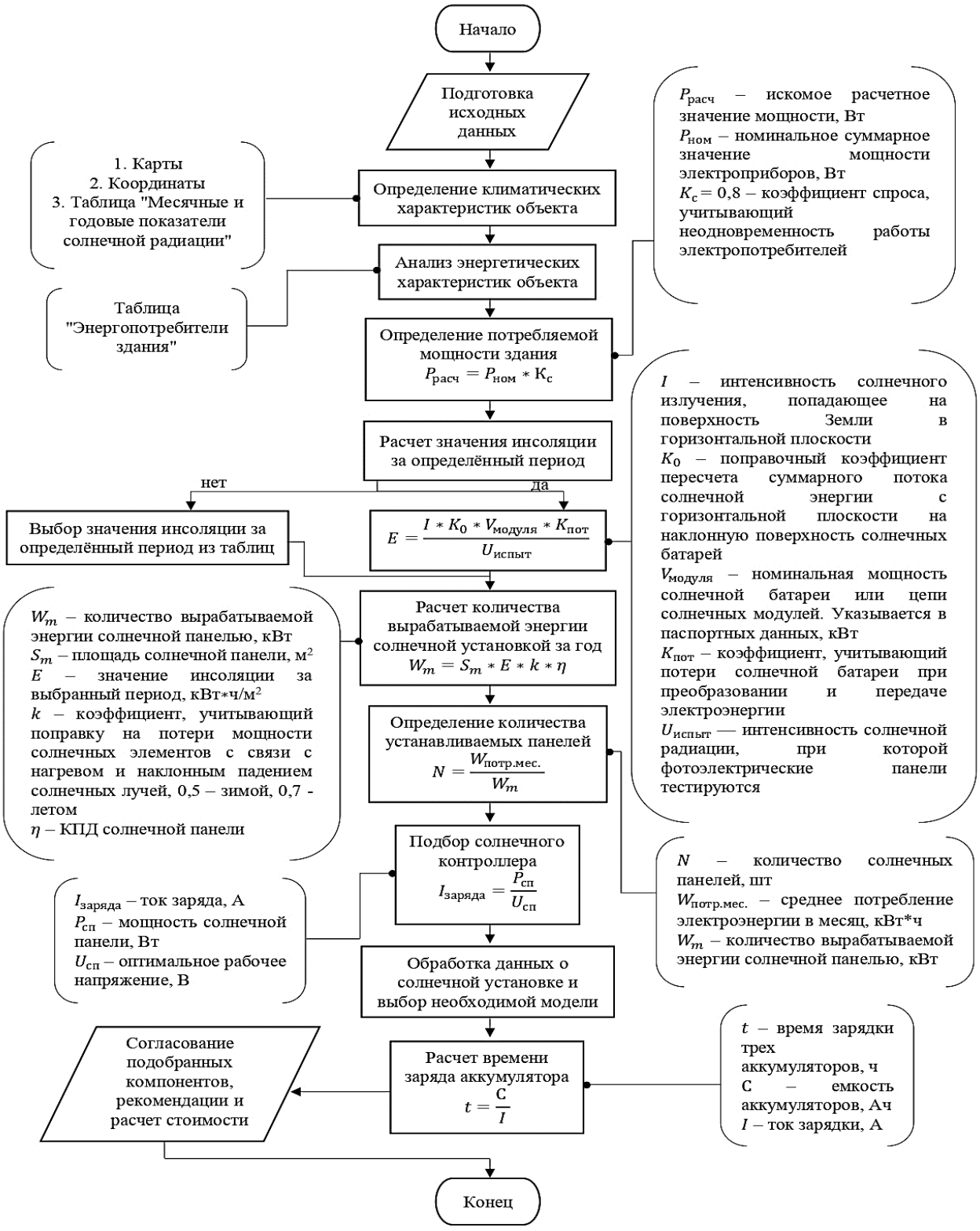


Рис. 1. Блок-схема методики оценки эффективности применения солнечных панелей

Рассчитаем среднее значение количества энергии вырабатываемой солнечной электростанцией за год, воспользовавшись специальной формулой, представленной в блок-схеме (рис. 1). Оценим потенциал солнечного излучения объекта, воспользовавшись таблицами «Месячные и годовые показатели солнечной радиации на горизонтальную поверхность» [5]. Следующим шагом является определение количества устанавливаемых солнечных панелей. Произведем проверку получившихся результатов по солнечному калькулятору и выберем оптимальное количество [6]. Подберем солнечный контроллер по формуле, указанной в блок схеме. После обработки данных о солнечных панелях, их мощности и рабочем напряжении, осуществим выбор необходимой модели. Выбор инвертора основан на данных о максимальной потребляемой мощности, входном напряжении и его форме. Выше значение инвертора на входе напряжение, меньше потери. Существует три типа: 12 В, 24 В и 48 В. Время заряда аккумуляторов рассчитаем по формуле из блок-схемы.

Автономное энергообеспечение дома с выбранными параметрами установки, представленными ниже и на графике (рис. 2), возможно только в период с марта по сентябрь; в январе, феврале, октябре, ноябре и декабре придется прибегнуть к использованию дополнительного оборудования, в качестве которого был выбран генератор.

Проведем анализ стоимости выбранного оборудования и получены суммарные затраты на его приобретение, установку и технические расходы:

- солнечная панель SilaSolar 550Вт 10BB (Bifacial) – 20 шт. (408760 руб.);
- солнечный контроллер заряда Tracer-2210RN / 2215RN – 4 шт. (36560 руб.);
- сетевой солнечный инвертор SOFAR 5KTLM-G2 – 1 шт. (51000 руб.);
- аккумулятор AGM SunStonePower ML12-200 – 3 шт. (88395 руб.);
- бензиновый генератор DDE GG5500P – 1 шт. (42780 руб.);

Стоимость всего оборудования составляет 627495 руб.

По результатам расчета среднемесячного потребления энергии была определена стоимость годового потребляемого электричества, составившая 24170,4 руб. Просчитана окупаемость данной установки (19 лет) и динамика роста платежей, представленная на рис. 3. При сроке службы солнечных панелей (25 лет), инвертора (25 лет) и аккумулятора (12 лет), потребуется замена последнего и диагностика всех узлов системы, поэтому придется заложить сумму большую, чем изначально, а именно стоимость диагностики и актуальных цен на аккумуляторы.

Рис. 2. График выработки солнечной энергии 20 панелями

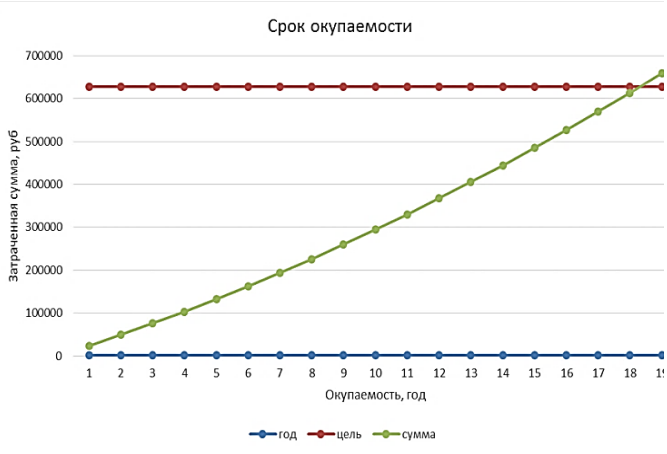


Рис. 3. Срок окупаемости солнечной установки с учетом роста цен на электроэнергию

Выводы: 1. Предложена методика, позволяющая определить эффективность использования солнечной установки для частного малоэтажного строительства. 2. Определено оптимальное количество солнечных панелей – 20 шт. 3. Срок окупаемости для объекта в Ленинградской области – 19 лет. Подобное решение может быть эффективно в условиях безальтернативности источников энергии или нахождении в удалении от общей линии электропередач, так как затраты на прокладку энергосети будут аналогичными данной установке без учета затрат на оплату электричества по тарифу.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Дворецкий А.Т. Солнечная энергия в энергоэффективных зданиях / Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2020 году. 2021. С. 61с73.
2. Соловьев А.К. Пассивные дома и энергетическая эффективность их отдельных элементов / Промышленное и гражданское строительство. 2016. С. 46–53.
3. Восход солнца в Дятлицах [Электронный ресурс]. URL: https://world-weather.ru/pogoda/russia/dyatlitsy/sunrise/ (дата обращения: 04.12.2021).
4. СП 31-110-200/3 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий;
5. Инсоляция на карте России [Электронный ресурс]. URL: https://realsolar.ru/article/solnechnye-batarei/kolichestvo-solnechnoy-energii-v-regionah-rossii/ (дата обращения: 04.12.2021).
6. Расчет производительности солнечных батарей и установок URL: https://solarsoul.net/raschet-solnechnoj-batarei (дата обращения: 18.12.2022).
7. Киричук Ю.Б., Ким А.А. Солнечные панели в архитектуре / Новые идеи нового века. 2017. С. 123–129.
8. Хохлов А.А. Пассивный дом как инструмент энергоэффективности / Инвестиции, строительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения. 2019. С. 996–998.

УДК 699.86

А.А. Дергалова, Е.Б. Заводнова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ОСТЕКЛЕНИЯ

Регионы с суровыми климатическими и природными условиями, ранее придерживавшиеся традиций минимального использования светопрозрачных конструкций в капитальном строительстве, сегодня все больше применяют новые материалы и осваивают передовые строительные технологии. Широкое применение светопрозрачных ограждающих конструкций в современной зарубежном и отечественном строительстве продиктовано актуальными тенденциями в архитектуре, а также техническими и технологическими возможностями производства.

Главной проблемой, с которой можно столкнуться при использовании большой площади светопрозрачных конструкций, являются теплопотери. Это натолкнуло ученых на разработку энергоэффективного остекления, созданного для уменьшения утечки тепла, всё более распространённого и изучаемого в последние десятилетия.

Актуальность работы обусловлена необходимостью повышения энергоэффективности конструкций зданий за счет уменьшения теплопотерь через ограждающие конструкции.

Цель работы – определить самый оптимальный вариант стеклопакета.

Статистика показывает, что наибольшая доля теплопотерь обычного жилого дома приходится на окна – до 40%. Энергоэффективность окон, а также витражей и витрин определяется, главным образом, теплозащитными и светопропускающими свойствами стекла, а также энергосберегающими качествами и паропроницаемостью оконного профиля [1].

По типу конструкции энергоэффективное остекление можно разделить на несколько основных групп:

– с увеличенным количеством стеклопакетов и межстекольным расстоянием;
– низкоэмиссионные с особыми покрытиями;
– с заполнением межстеклного пространства инертными газами и другими веществами;
– с использованием инновационных фасадных систем и материалов стекла (стекла с фотоэлектрическим эффектом, стеклопакеты с электронагревом, электрохромные стекла и др.);
– комбинированнные с применением сразу нескольких технологий.

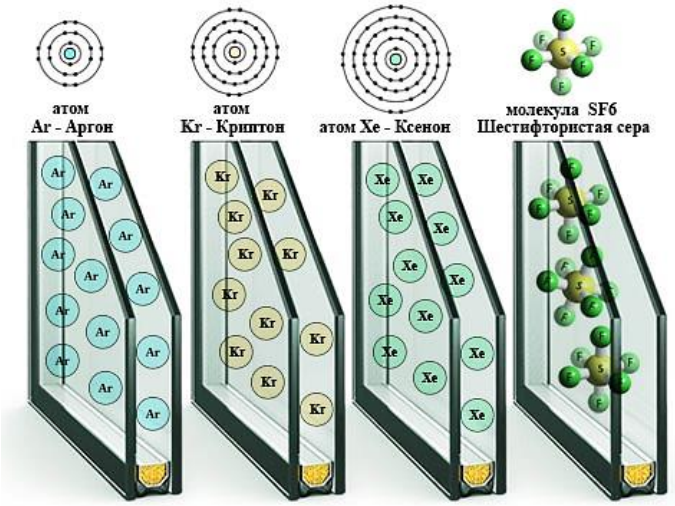


Рис. 1. Варианты заполнения межстекольного пространства газами

Повысить тепло- и шумоизоляционные характеристики стеклопакета помогает заполнение промежутка между стеклами инертными газами (рис. 1). Для данных целей широко используется аргон, криптон, а также, помимо первых двух перечисленных, ксенон и шестифтористая сера [2].

Ещё одна не менее популярная и эффективная технология – низкоэмиссионные стёкла. Технологию низкоэмиссионных стекол с применением двух типов покрытий: твердого (*k*) из тонкослойной окиси металлов и мягкого (*i*) из оксидов металлов. Механизм действия этих стекол заключается в отражении длинноволнового спектра теплового излучения от теплоотражающего покрытия [3], которое наносится на внутреннее стекло стеклопакета (рис. 2).

Рис. 2. Принцип действия низкоэмиссионного покрытия

Относительно новой технологией в сфере энергоэффективного остекления является инновационный материал – аэрогель, изготавливаемый на основе диоксида кремния. Зарубежные учёные активно проводят испытания свойств материала, как в условиях сурового холодного климата, так и в условиях жаркого, для предотвращения проникновения излишнего тепла в помещения. Однако остекление с аэрогелем всё же имеет недостатки. Конструкции получаются не идеально прозрачными, что ограничивает в увеличении межстекольного пространства и приводит к ухудшению видимости [4]. Стеклопакет с аэрогелем имеет

большой потенциал в строительстве, но технология всё ещё нуждается в доработках для эффективного применения.

Наиболее распространенными вариантом в данный момент являются комбинированные стеклопакеты с применением низкоэмиссионных покрытий и заполнением межстекольного пространства вакуумом или инертным газом.

Чем меньшее сопротивление теплопередаче создают конструкции здания, тем быстрее происходит потеря энергии и тем больше ее требуется на поддержание комфортных условий. Поэтому основным критерием энергоэффективности остекления является значение сопротивления теплопередаче.

Согласно СП 50.13330 2012 «Тепловая защита зданий» теплозащитная оболочка здания должна отвечать следующему требованию: приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должно быть не меньше нормируемых значений. Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции $R_0^{норм}((м \cdot °C)/Вт)$, следует определять по формуле:

$$R_0^{норм} = R_0^{тр} m_р$$

где $R_0^{тр}$ – базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции ((м·°С)/Вт); следует принимать в зависимости от градусо-суток отопительного периода (ГСОП), (°С·сут)/год; $m_р$ – коэффициент, учитывающий особенности региона строительства.

Для Санкт-Петербург значение сопротивления теплопередаче светопрозрачных ограждающих конструкций должно быть не менее 0,49 (м·°С)/Вт.

В табл. 1 представлены характеристики нескольких распространенных вариантов остекления, где в формуле стеклопакета Ar – аргон, Xe – ксенон, Kr – криптон, Airgel – аэрогель, И – низкоэмиссионное покрытие.

Таблица 1 – Характеристики вариантов остекления

№	Вариант остекления (формула стеклопакета)	Фактические значения приведенного сопротивления теплопередаче, ($м^2 \cdot °С$)/Вт
1	4М1-16-И4	0,32
2	4М1-10-4М1-10-4М1	0,47
3	4М1-Ar16-4М1	0,59
4	4М1-Ar16-4И	0,66
5	4М1-Ar12-4М1-Ar12-4М1	0,52
6	4М1-Ar16-4М1-Ar16-И4	0,8
7	4М1-Xe16-4И	0,83
8	4М1-Kr10-4М1- Kr10-И4	1,0
9	4М1-Airgel25-4М1	2,0

Однокамерный стеклопакет с низкоэмиссионным покрытием (№ 1) и обычный двойной стеклопакет (№ 2) не удовлетворяют необходимому значению 0,49 (м·°С)/Вт. Добавление к двойному стеклопакету низкоэмиссионного покрытия или замена воздуха на аргон повышает сопротивление теплопередаче до необходимого, и уже позволяет использовать его в Санкт-Петербурге.

Выводы:

1. Использование ксенона, криптона и аэрогеля значительно повышают сопротивление теплопередаче до показателей выше необходимого в два и более раз, но использование данной технологии может быть нецелесообразно из-за стоимости конструкции.

2. Самым оптимальным вариантом является использование аргона, низкоэмиссионного покрытия или комбинация этих технологий.

ЛИТЕРАТУРА:
1. Голованова Л.А. Особенности энергоэффективных светопрозрачных ограждающих конструкций / Л.А. Голованова, А.С. Ерошенко / Ученые заметки ТОГУ. 2014. Т. 5, № 4. С. 63–70.
2. Стеклопакеты с аргоном, криптоном, ксеноном, шестифтористой серой / МАКРОМЕР: сайт. – URL: https://makromer.ru/steklopakety-s-argonom-kriptonom-ksenonom-shestiftoristoj-seroj.html (дата обращения: 10.03.2023)
3. Низкоэмиссионное (энергосберегающее) стекло / ПРИОРГЛАСС: сайт. – URL: https://priorglass.ru/stat-i/nizkoemissionnoe-steklo/ (дата обращения: 10.03.2023)
4. Optical and thermal performance analysis of aerogel glazing technology in a commercial building of Hong Kong / C.K. Leung, L. Lu, J. H. Tse, H.S. Cheng / Energy and Built Environment. 2020. Т. 1, № 2. С. 215–223.
5. Зарипова П.Р. Формула энергоэффективного остекления / П.Р. Зарипова, О.С. Гамаюнова / Неделя науки ИСИ: Сборник материалов Всероссийской конференции. 2022. Ч. 2, С. 181–184.

УДК 625.855.3

А.А.Ж. Капингана
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СОСТОЯНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ АНГОЛЫ И ОЦЕНКА РЕСУРСОВ ВИЭ

Цель работы – изучение современного состояния энергетического комплекса Анголы и оценка потенциала возобновляемых источников энергии.

Компания, ответственная за производство энергии – Общественная компания по производству электроэнергии (PRODEL-EP) – отвечает за эксплуатацию и техническое обслуживание объектов по производству энергии, принадлежащих стране.

В 2022 г. общая установленная мощность для производства электроэнергии составила 6130,19 МВт, из которых 3676,12 МВт (60%) приходилось на гидроэлектростанции, 2169,07 МВт (35%) на Тепловые электростанции (ТЭС) и 285,00 МВт (5%) на солнечные электростанции [1]. Гидроэнергетика занимает ведущее место в энергетике Анголы. Ангола имеет 9 ГЭС мощностью более 25 МВт. В табл. 1 приведены наиболее крупные ГЭС.

Таблица 1 – Крупные гидроэлектростанции Анголы [3]

ГЭС	Локализация (Провинция)	Мощность, МВт	Ввод в эксплуатацию
Лаука	Маланже	2 070	04/08/2017
Камбамбе 2	Северная Кванза	700	06/10/2017
Капанда	Маланже	520	08/11/2005
Камбамбе 1	Северная Кванза	260	29/06/1963

ГЭС Лаука (рис. 1) в настоящее время является крупнейшей электростанцией в Анголе. ГЭС Лаука I вырабатывает электроэнергию, используя шесть турбин по 334 МВт каждая, общей мощностью 2004 МВт. Лаука II, существующая для обеспечения минимального стока реки Кванза, имеет турбину мощностью 66 МВт. Обе в сумме имеют 2070 МВт. В целом теоретический потенциал гидроэнергетических ресурсов Анголы оценивается в 18,7 ГВт, что соответствует среднегодовому производству энергии 72 ТВт-ч [2].

Все тепловые электростанции в Анголе газотурбинные и почти все используют в качестве топлива дизельное топливо, а некоторые используют авиационное топливо.

Таблица 2 – Тепловые электростанции действующих в Анголе [3]

ТЭС	Локализация (Провинция)	Мощность, МВт	Ввод в эксплуатацию
Сойо	Заире	750	30/06/2018
Казенга	Луанда	140,4	01/06/1975
Бовишта	Луанда	131,2	02/04/2011
ЖД Луанды	Луанда	125	25/02/2012
Малембо	Кабинда	95	30/01/2012

Парогазовая электростанция Сойо является крупнейшей тепловой электростанцией в Анголе с производственной мощностью 750 МВт. На станции установлено 6 газовых турбин мощностью 125 МВт каждая.

В настоящее время в Анголе есть два крупных солнечных парка общей мощностью 285 МВт. СЭС коммуны Биопио (рис. 2) в настоящее время является крупнейшим проектом солнечной энергетики в Анголе с установленной мощностью 188,8 МВт, на которой установлено 509040 солнечных панелей. Еще одна фотоэлектрическая станция расположена в муниципалитете Байя Фарта и имеет установленную мощность 96 МВт, с 261 тыс. солнечных панелей.

Рис. 1. Гидроэлектростанция Лаука [6]

Рис. 2. Солнечный парк Биопио

Глобальная солнечная радиация на горизонтальную поверхность в Анголе колеблется от 4,4 до 6,8 кВт-ч/м^2 в течение дня и от 1607 до 2483 кВт-ч/м^2 в течение года. Южный и прибрежный регион обладает большим солнечным потенциалом, а именно провинции Намибе, Уила и Кунене [4].

Общий валовый потенциал солнечной энергии на горизонтальную поверхность территории Анголы определяется по формуле:

$$Э^{сэ}_{сум.в} = \sum Э_{i.B} S_i,$$

где $Э_{i.B}$ – средняя солнечная радиация в горизонтальной плоскости в i-ой провинции Анголы и S_i – площадь территории i-ой провинции Анголы. Для расчета теоретического потенциала солнечной энергии Анголы был рассчитан потенциал солнечной энергии 18 провинций страны отдельно, а затем была рассчитана общая сумма. Таким образом, общий валовый потенциал солнечной энергии на горизонтальную поверхность территории Анголы составляет 2 733 687 ТВт-ч/год.

Общий технический потенциал солнечной энергии на горизонтальную поверхность территории Анголы определяется по формуле:

$$Э^{сэ}_{сум.т} = \eta_{ФЭС} q Э_{i.B},$$

где $\eta_{ФЭС}$ – общий КПД модулей СФЭС, который принимается 22% [7], q – доля территории, необходимая для установки СФЭС: q = 0,09% (1 122 км²) [8].

Расчётный технический потенциал солнечной энергии на горизонтальную поверхность территории Анголы при необходимой площади q = 0,09% составляет 500,52 ТВт-ч/год или в единицах мощности 312,065 ТВт (табл. 3).

Таблица 3 – Потенциал солнечной энергии Анголы

Валовый теоретический, ТВт-ч/год	Технический, ТВт-ч/год	Мощность, ТВт
2 733 687	500,52	312,065

Общий валовый потенциал ветровой энергии территории Анголы на высоте 100 м определен по формуле:

$$Э^{вэ}_{сум.в} = \sum Э_{i.B} = \sum N_{ср.i} \frac{S_i}{20} 8760,$$

где $Э_{i.B}$ – валовый (природный) потенциал ветровой энергии каждой зоны; $N_{ср.i}$ – средней удельной мощности ветрового потока на высоте 100 м; S_i – площадь в каждой провинции страны.

Таким образом, общий валовый потенциал ветровой энергии территории Анголы на высоте 100 м составляет 106 481 ТВт-ч/год (табл. 4).

Для расчета технического потенциала ветровой энергии на высоте 100 м территории Анголы учтены следующие допущения: расстояние между ВЭУ принято равным 10-ти диаметрам ветроколеса; общий КПД ВЭУ $\eta_{вэу}$= 0,3; площадь, необходимая для строительства ВЭС, равна части q от общей площади территории Анголы.

Общий технический потенциал ветровой энергии территории Анголы определяется по формуле:

$$Э^{вэ}_{сум.т} = \eta_{вэу} \frac{S_i}{20} N_{ср.i} \cdot 8760,$$

где $\eta_{ВЭС}$ – общий КПД ВЭУ, который принимается 0,3; q – доля территории, необходимая для установки ВЭУ: q = 7,5% (93,503 км²)

Расчётный технический потенциал ветровой энергии Анголы с учетом допущений при необходимой площади q = 7,5% составляет 2 395,83 ТВт-ч/год (табл. 4).

Таблица 4 – Потенциал ветровой энергии Анголы

Валовый теоретический потенциал, ТВт-ч/год	Технический потенциал, ТВт-ч/год
106 481	2 395,83

Выводы:

1. Ангола обладает высоким потенциалом для производства энергии ветра благодаря высокогорному рельефу со скалами вдоль побережья Атлантического океана и юго-западному району на границе с Намибией, где скорость ветра достигает 5,88 м/с на высоте 100 м от поверхности [5].
2. В 2022 г. общая установленная мощность электрических станций Анголы составила 6130,19 МВт, из которых 75% приходилось на ГЭС, 35% на ТЭС и 5% на СЭС. Производство электроэнергии составило 16429 ГВт-ч. Текущий уровень электрификации составляет 42% (постоянный за последние 4 года) и потребление электроэнергии на душу населения 421,9 кВт-ч [2].
3. Правительство Анголы поставило цель к 2025 г. достичь общей установленной мощности в 9900 МВт, из которых 800 МВт придется на СЭС и ВЭС [1].
4. Теоретический потенциал солнечной энергии в Анголе оценивается в 2 733 687 ТВт-ч/год, а технический потенциал в 500,52 ТВт-ч/год. Общий валовый потенциал ветровой энергии территории Анголы оценивается в 106481 ТВт-ч/год, а технический потенциал оценивается в 2395,83 ТВт-ч/год.

Работа выполнена под руководством д.т.н., профессора В.В. Елистратова.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Renewable Energy in Angola: National Status Report. July 2022, отчет Министерства энергетики Анголы. 2022. https://www.aler-renovaveis.org/contents/activitiesdocuments/aler-relatorio-angola.pdf
2. Angola Power sector long term strategy – 2025, Программа развития энергетического сектора Анголы. 2015, http://www.ucm.minfin.gov.ao/cs/groups/public/documents/document/zmlu/mjiy/~edisp/minfin222664.pdf
3. Relatório final 2018 – Projecto Ministério da energia e águas, отчет Министерства энергетики Анголы, 2018. 248c https://www.minea.gov.ao/index.php/projectos-2/projectos-4
4. Global Solar Atlas: https://globalsolaratlas.info/map?c=-11.297802,17.875,6&r=AGO
5. Globalwindatlas: https://globalwindatlas.info/en/area/Angola
6. https://www.google.com/search?q=barragem+do+lauca&hl=ru&sxsrf=AJOqlzU2Vef8QyY
7. https://www.portal-energia.com/recorde-eficiencia-solar-celula-silicio-multicristalino-147965/
8. Амер Р. Обоснование параметров систем энергоснабжения на основе ВИЭ для условий Сирии, Автореферат. СПб, Изд. Политех-Пресс, 2020.

УДК 620.92

Д.А. Кирсанов, А.В. Лысенко, Я.А. Олехнович
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СРАВНЕНИЕ РАСЧЁТНЫХ РЕСУРСОВ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ГОРОДОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ХАБАРОВСК И СОЧИ

Цель работы – определить наиболее благоприятную местность для использования солнечной энергии.

Для достижения поставленной цели был рассмотрен физический принцип преобразования солнечного света в электричество с помощью солнечных батарей [1], проблемы при их использовании и существующие решения этих проблем по повышению энергоэффективности фотоэлементов [2]. А также были рассмотрены приведённые примеры использования электрогенерирующей системы для преобразования солнечной энергии в архитектуре [3].

Далее было произведено изучение местности для городов Санкт-Петербург, Хабаровск и Сочи, а именно таких параметров как:

– число ясных, облачных и пасмурных дней при учёте нижней облачности для регионов;
– средний уровень солнечной инсоляции;
– солнечная активность в России.

Следующим этапом был произведён расчёт ресурсов солнечной энергии за май для ранее указанных городов по методике [4], где наблюдаемые месячные суммы потоков прямого и диффузного солнечного излучения на горизонтальной поверхности были взяты из базы данных PVGIS [5].

Реальные значения плотностей потоков прямого, диффузного и полного солнечного излучения для рассматриваемого светового дня изображены на графиках (рис. 1-3).

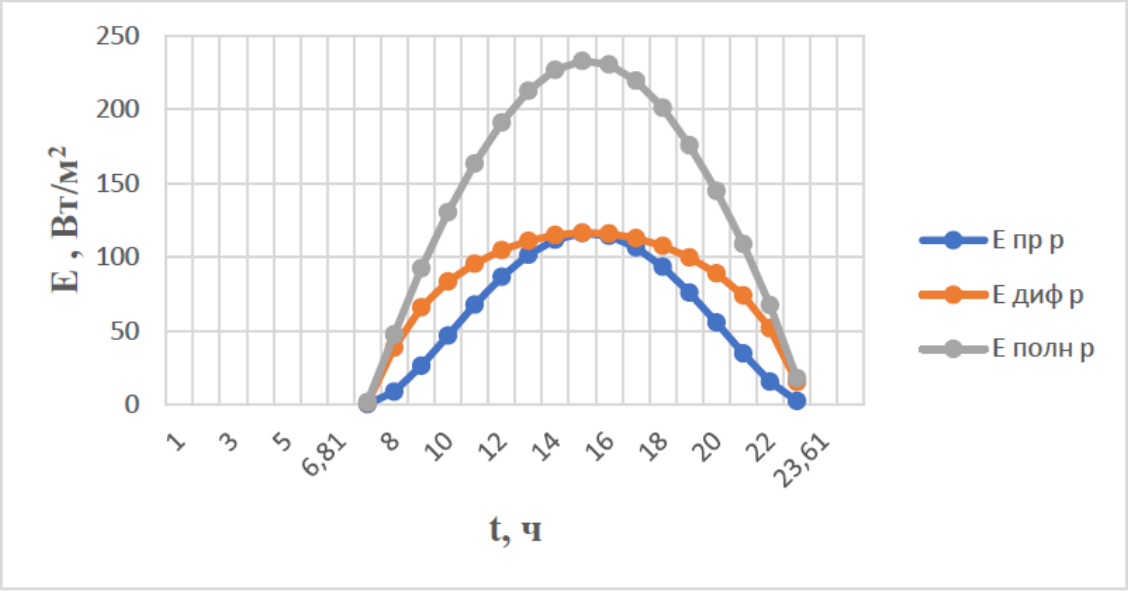


Рис. 1. График изменения $E_{\text{гор}\,i}^{\text{полн р}}$, $E_{\text{гор}\,i}^{\text{пр р}}$ и $E_{\text{гор}\,i}^{\text{диф р}}$ в течение светового дня в Санкт-Петербурге

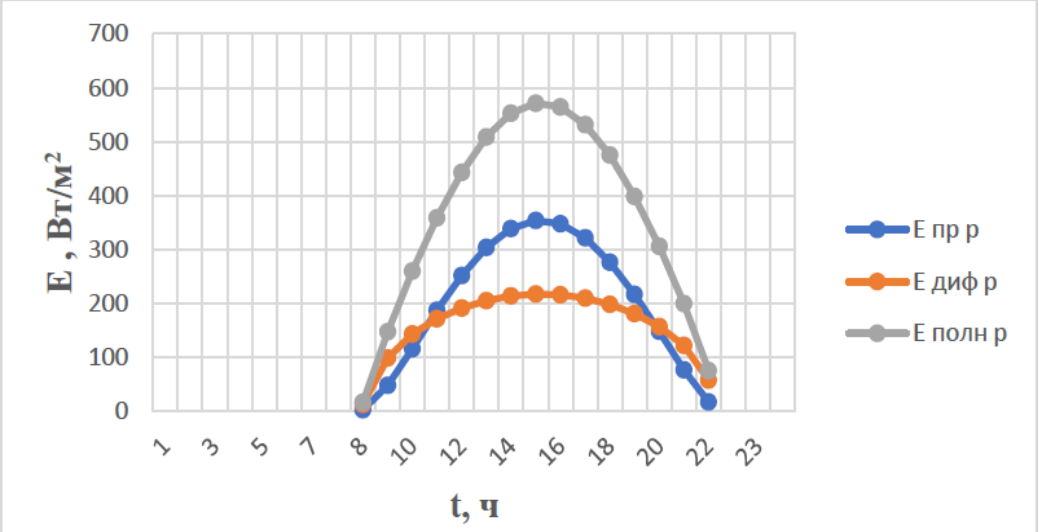


Рис. 2. График изменения $E^{\text{полн р}}_{\text{гор } i}$, $E^{\text{пр р}}_{\text{гор } i}$ и $E^{\text{диф р}}_{\text{гор } i}$ в течение светового дня в Хабаровске

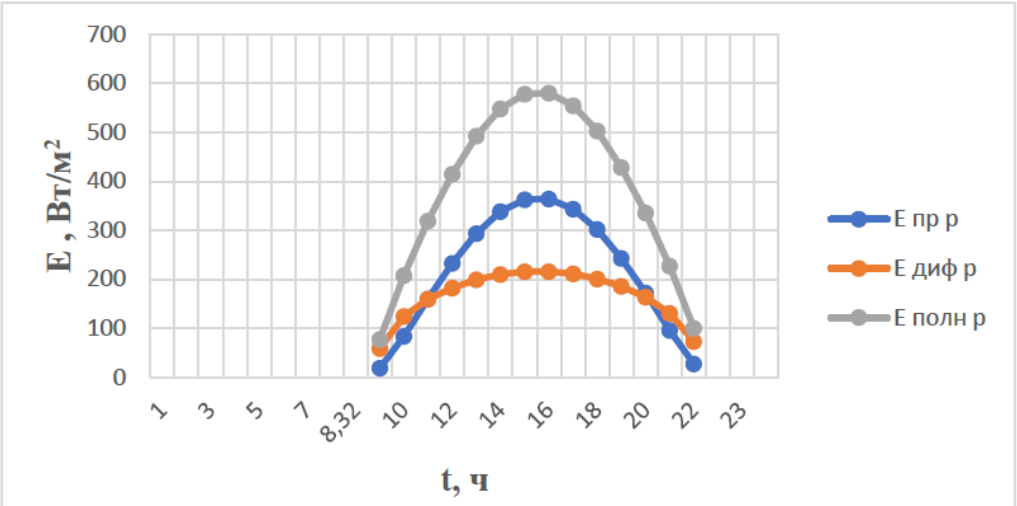


Рис. 3. График изменения $E^{\text{полн р}}_{\text{гор } i}$, $E^{\text{пр р}}_{\text{гор } i}$ и $E^{\text{диф р}}_{\text{гор } i}$ в течение светового дня в Сочи

Произведено сравнение солнечной энергии для рассматриваемых городов (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнение ресурсов солнечной энергии

Ресурсы	Ед. из.	Санкт-Петербург	Хабаровск	Сочи
$W^{0}_{\text{гор j}}$	МДж/м²	1161.818	1228,359	1248,362
$W^{\text{полн ч}}_{\text{гор j}}$		796.297	863,342	884,658
$W^{\text{полн р}}_{\text{гор j}}$		274.97	604	619

В таблице $W^{0}_{\text{гор } j}$ – поступающая энергия солнечного излучения на горизонтальную поверхность при отсутствии атмосферы за май; $W^{\text{полн ч}}_{\text{гор } j}$ – суммарная энергия потока солнечного излучения на горизонтальную поверхность при чистой (безоблачной) атмосфере, поступающей в течение мая; $W^{\text{полн р}}_{\text{гор } j}$ – количество энергии, поступающей на горизонтальную поверхность за май в условиях реальной облачности.

Таким образом, при сравнении расчётных ресурсов солнечной энергии для городов Санкт-Петербург, Хабаровск и Сочи было определено, что наиболее благоприятной местностью для использования солнечных батарей является Сочи. Санкт-Петербург, напротив, имеет малое количество энергии, поступающей на горизонтальную поверхность в условиях реальной облачности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Колесников А.В. Перспективы развития энергоэффективных фасадных систем / Сб. статей Международного учебно-исследовательского конкурса. Петрозаводск, 2020, С. 404–414.
2. Bukhteev A.D., Balzhieva V.B., Tarasova A.R., Gasanova F., Agasieva S.V. Manufacturing of energy efficient solar panels / Collection of selected articles of the Int. Scientific Conf. St. Petersburg (2020).
3. Шамурова А.С. Преобразователи солнечной энергии в архитектуре / Сб. статей XXII Междунар. научно-исследовательского конкурса, 2019, С. 247–252.
4. Елистратов В.В. Солнечные энергоустановки. Оценка поступления солнечного излучения: учеб. пособие / В.В. Елистратов, Е.С. Аронова. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012.
5. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). [Электронный ресурс]: http://re.jrc.ec.europa.eu

УДК 699.865

С.А. Цвигун, Я.А. Олехнович
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМАХ СЕРИИ 1-ЛГ600А

В современном мире мы все чаще сталкиваемся с вопросом реновации, и важно учитывать не только объемно-планировочные решения, а также и внешнюю облицовку уникальных зданий. Благодаря быстрому развитию строительной отрасли с каждым годом появляются усовершенствованные варианты облицовки фасадов. Фасады исполняют не только архитектурно-дизайнерскую функцию, но и защищают здание от влияния внешней среды, будь то температура, осадки, пыль и прочего. Согласно ФЗ№261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [1] пользователи помещений в многоквартирных домах обязаны обеспечивать соответствие зданий, строений, сооружений, многоквартирных домов установленным требованиям энергетической эффективности. Также, согласно региональному закону «О капитальном ремонте» [2] предполагается выделение экономических средств, направленных на капитальный ремонт зданий, в том числе на утепление фасада.

В целях подтверждения возможности соответствия старых ограждающих конструкций текущим требованиям после некоторой модернизации необходимо было провести расчет на теплотехнические характеристики и на потери тепла через конструкцию. Для расчета были выбраны ограждающие панельные конструкции серии домов 1ЛГ-600А [4]. Дома серий 1ЛГ-600А-1 – 1ЛГ600-А-70 были построены в г. Санкт-Петербурге в количестве 493 зданий, в городах-спутниках в количестве 31 здания, в Ленинградской области в количестве 168 зданий.

Данная серия домов является во многом типовой для промежутка времени с конца шестидесятых – середины восьмидесятых годов прошлого века. Панель состоит из офактуренного пенобетона с предустановленными закладными деталями, необходимыми для установки и закрепления в конструкции посредством проведения монтажных сварочных работ. Для упрощения расчета модели наличие таких элементов было проигнорировано. На данный момент также опущены подробные варианты закрепления дополнительных конструкций на пенобетонные панели здания, а также возможные архитектурные элементы, несущие в себе

элементы дизайна. Был проведен расчет характеристик тепловой защиты стеновой панели без комплекта навесных деталей и с комплектом. Расчет велся по СП50.13330.2012 [3]. Параметры расчета взяты для г. Санкт-Петербург и представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Параметры теплотехнического расчета согласно СП

Температура холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92, ˚С	-24
Продолжительность отопительного периода, сут.	211
Средняя температура воздуха отопительного периода, ˚С	-1,2
Условия эксплуатации помещения	Б
Количество градусо-суток отопительного периода (ГСОП), °С·сут.	4473
Требуемое сопротивление теплопередаче, (м^2·°С)/Вт:	
Санитарно-гигиенические требования [*R*с]	1,26
Нормируемое значение поэлементных требований [*R*э]	1,87
Базовое значение поэлементных требований [*R*т]	2,97

Результаты расчета двух вариантов стены представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты расчета изначального и рекомендуемого пирога стены

	Проектная конструкция	Рекомендуемая конструкция
Состав пирога стены:	Газобетон D1000 – 240 мм	Газобетон D1000 – 240 мм; Алюминиевая фольга – 0,1 мм; Замкнутая воздушная прослойка – 15 мм; Алюминиевая фольга – 0,1 мм; Плита из пеностекла – 100 мм; Эмалированная стальная пластина – 3 мм
Термическое сопротивление ограждающей конструкции, (м^2·°С)/Вт	0,82	2,86
Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции [*R*], (м^2·°С)/Вт	0,92	3,02
Потери тепла за отопительный сезон, кВт·ч	109,82	35,55
Потери тепла на 1 м^2 за час при температуре самой холодной пятидневки, Вт·ч	45,01	1,57

По результатам расчета можно судить о том, что характеристики сопротивления теплопередачи и термическому сопротивлению выросли почти в три раза, в то время как потери тепла через конструкцию уменьшились примерно в три раза. На рис. 1 мы можем наблюдать итоговый пирог ограждающей стены, состоящий из стены газобетонной панели и навесного фасадного блока, состоящего из обработанной стальной оболочки с пеностеклом внутри и алюминиевым покрытием между стеной и капсулой.

На рис. 2 изображен график зависимости потерь тепла от сопротивления теплопередаче с пояснениями. Из графика также видно, что новая конструкция стены позволяет пройти все требования к ограждающей стене по сопротивлению теплопередаче.

Несмотря на то, что для МКД возможны и другие мероприятия по обеспечению энергоэффективности, такие как замена стеклянных изделий (окон, витражей) на современные или работы по утеплению кровли и прочее, утепление фасадов является одним из наиболее влияющих на итоговую энергоэффективность типом мероприятий. В случае установки навесного модуля данного наполнения сопротивление теплопередаче общей конструкции

выросло в три раза, а потери тепла через ограждающую конструкцию в три раза были уменьшены. Площадь неостекленного фасада в многоквартирных домах постройки 1960–1980 гг. больше площади остекленного фасада и много больше площади крыши.

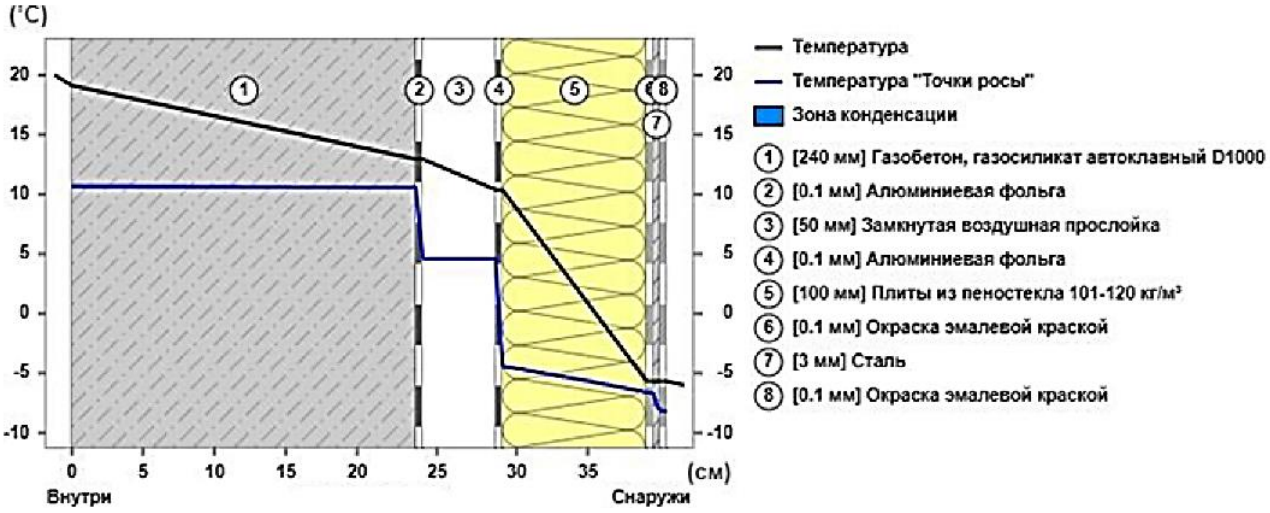


Рис. 1. Пирог стены с установленным навесным модулем

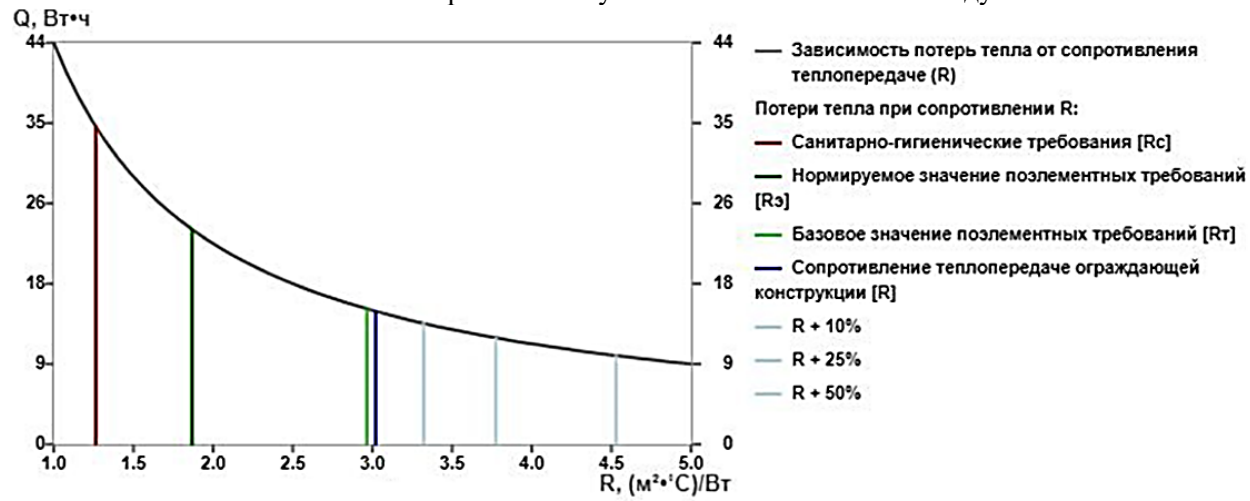


Рис. 2. График зависимости потерь тепла от сопротивления теплопередаче

Таким образом, путем установки массово произведенных дополнительных навесных конструкций будут выполняться мероприятия по утеплению фасадов зданий, что приведет к повышению энергоэффективности зданий одной серии, что, в свою очередь, высвободит большое количество энергии ввиду большого числа однотипных зданий в относительно ограниченном регионе.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 11.06.2021) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» / Собрание законодательства РФ. 23.11.2009. № 48. ст. 5711.
2. Закон Санкт-Петербурга от 11.12.2013 (ред. от 9.04.2020 года) «О капитальном ремонте общего имущества в многоквартирных домах в Санкт-Петербурге» N 690-120. Законодательное собрание Санкт-Петербурга. 11.12.2013.
3. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий, Минстрой РФ. М. 2012.
4. Крупнопанельные жилые дома. Серия 1ЛГ-600А. Монтажно-архитектурные строительные чертежи на блок секцию. Альбом 1-1. Л.: ЛЕННИИПРОЕКТ. 1969.
5. Кулябин А.С. Классы энергоэффективности гражданских зданий / А.С. Кулябин, А.Б. Чаганов / Всерос. научно-практ. конф. Вятский гос. ун-т, Киров. 04.2017. С.1397–1401.

УДК 691.6

Е.М. Скуртул, З.А. Гаевская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ХРОМОГЕННОГО ФАСАДНОГО ОСТЕКЛЕНИЯ

Одной из основных целей современного строительства является экономичность, что означает минимальные затраты как при строительстве, так и при дальнейшей эксплуатации здания. По этой причине повышение энергоэффективности все более актуально среди застройщиков, и с введением в действие Федерального закона № 261-ФЗ обеспечение энергетической эффективности зданий стало обязательным мероприятием, согласно пункту 7 статьи 11 [1].

С архитектурной точки зрения фасадное остекление имеет ряд преимуществ, включающих гарантию максимального доступа солнечного света в помещения и, безусловно, эстетический внешний вид здания. По этим причинам использование полного остекления фасадов является наиболее популярным решением при проектировании зданий, особенно высотных. Однако, рассматривая светопрозрачные конструкции со стороны теплотехнических характеристик, выявлено, что эти конструкции являются наиболее слабыми элементами, на которые приходится около 50% всех теплопотерь [2].

Строительная отрасль претерпевает изменения и, развиваясь, предлагает все новые пути решения проблем. К технологическим новинкам относятся адаптивные фасады, способные подстраиваться под различные внешние и даже внутренние условия.

Цель работы – выявление целесообразности использования хромогенного фасадного остекления. Задачи, решаемые в процессе исследования: выбор систем для сравнения, сравнительный анализ по требованию энергоэффективности и окончательное решение возможности применения хромогенных фасадов. Методы исследования – теоретический анализ.

Предметом исследования служат светопрозрачные ограждающие конструкции на примере высотного здания бизнес-центра. Важно отметить, что здание располагается в Санкт-Петербурге, следовательно, необходимо учесть климатические особенности города, а именно преобладание облачной погоды на протяжении большей части года, но и наличие солнечной, в том числе периода под названием «белые ночи».

Хромогенные фасады представляют собой вид адаптивных фасадных систем, которые разработаны в целях контроля поступления солнечной радиации [3]. Многими исследователями было выявлено, что такие системы остекления являются одним из лучших путей улучшения комфортной внутренней среды сотрудников и посетителей офисов [4]. Как известно, в будний день человек проводит 8–9 часов на работе, по этой причине особенно необходимо правильно организованное освещение для обеспечения нормального зрительного восприятия рабочей области.

Основными видами хромогенного остекления являются фотохромное, термохромное и электрохромное стекла, имеющие свои особенности работы (табл. 1).

Таблица 1 – Особенности видов хромогенного остекления [5]

Вид хромогенного стекла	Описание работы системы
Фотохромное	Изменяет свою прозрачность при определенной интенсивности света
Термохромное	Изменяет свою прозрачность при определенной температуре
Электрохромное	Изменяет свою прозрачность при определенном приложенном напряжении

Для определения возможности использования таких видов остекления необходимо сравнить их с системами с обычным стеклом и светотеплозащитным (тонированным в массе) по требованию энергоэффективности и комфорта. Стеклопакет с обычным стеклом – наиболее

дешевая и простая конструкция, обладающая при этом большой светопропускной способностью; а светотеплозашитное стекло подразумевает окрашивание по всей массе и достижение тем самым эффекта тонирования, а также предотвращение просматриваемости офисного пространства. Стоит отметить, что выбор конкретного вида хромогенного фасада не ставится целью исследования.

Стандартное стекло способно пропускать до 92% солнечного света, обладая при этом теплопроводностью 1 Вт/(м·К), согласно [6]. Однокамерный стеклопакет подразумевает два стекла и воздушную прослойку между ними. Теплопроводность воздуха составляет около 0,025 Вт/(м·К), что улучшает термоизоляционные свойства, но лишь незначительно. По этим данным можно сказать, что обычное стекло хорошо проводит тепло и обладает малой энергоэффективностью, так как требуются большие затраты на кондиционирование в летний период и отопление в холодный.

Светотеплозащитное стекло может обладать различной светопропускной способностью, что зависит от цвета, в который его окрашивают. Данная величина может достигать 50%. При изготовлении таких стекол вводятся специальные добавки, понижающие теплопроводность, что позволяет снизить энергопотребление на то же кондиционирование: происходит снижение тепла, которое поступает в помещение, примерно в 1,3 раза (3–5°) [7]. Однако, во время эксплуатации нет способов повышения светопропускной способности, в связи с чем, например, в темные времена суток необходимо использование большого количества искусственного освещения, а это в свою очередь влечет траты на энергопотребление. То есть такая система работает эффективно в случаях только солнечной погоды.

Все три вида хромогенного стекла обладают энергосберегающим эффектом, схожим с ранее рассмотренным типом, – уменьшение теплопоступлений летом и снижение затрат на кондиционирование. Однако, они способны менять величину светопропускания, что делает их применение рациональным и в пасмурную/облачную погоду. Использование хромогенного стекла позволяет снизить затраты на освещение и на кондиционирование почти в два раза, а также опустить пиковые нагрузки в сети до 16%.

Выводы. Было выявлено, что хромогенные фасады сочетают в себе достоинства обычного стекла, т. е. способны пропускать большой процент солнечного света, и достоинства светотеплозащитного стекла, что позволяет повысить уровень энергоэффективности. При полном остеклении высотного здания бизнес-центра с точки зрения комфорта и энергоэффективности целесообразно использовать хромогенные фасады, вид которых стоит определять, учитывая еще экономическую сторону.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 14.07.2022). Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации.
2. Мулюкова А.Ф. Повышение энергоэффективности светопрозрачных конструкций /Точная наука. 2019. №. 67. С. 6–21.
3. Стрюкова Н.В. Теоретические основы анализа энергосберегающих характеристик современных светопрозрачных ограждений / Наука и мир. 2016. Т. 1. №. 6. С. 62–66.
4. Сычева Ю.С. Динамическое стекло как инжиниринговое решение для офисов и торговых центров / Синергия наук. 2018. №. 23. С. 1246–1257.
5. Мелех К.Б., Кушнарёв А.А., Дорожкина Е.А. Обзор типов стекла для светопрозрачных конструкций фасадов гражданских зданий / Наука и инновации в строительстве. 2022. С. 118–122.
6. ГОСТ 111-2014. Межгосударственный стандарт. Стекло листовое бесцветное. Технические условия.
7. Попова Е. М. Стекло как светопрозрачный материал / Colloquium-journal. Голопристанский районный центр занятости, 2019. №. 12-3 (36). С. 10.

УДК 697.1

А.А. Торбов, Л.С. Усманова, А.В. Мишакова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АРГОНА В КАЧЕСТВЕ ЗАПОЛНЕНИЯ КАМЕР СТЕКЛОПАКЕТОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В современном мире энергоэффективность является одним из наиболее важных и стремительно развивающихся направлений в строительстве. На стадии проектирования разумно выбрать энергоэффективную ограждающую конструкцию, так как количество энергии, требуемое на обогрев помещения, напрямую зависит от тепловых потерь [1].

При эксплуатации светопрозрачных конструкций (например, окон) различают несколько путей потери тепла. Потери тепла через установленные в стене окна можно разделить на вентиляционные и трансмиссионные (излучательные). Трансмиссионные потери (инфракрасное излучение непосредственно через площадь стекла), составляющие до 70% потерь тепла, возможно снизить применением энергосберегающих стекол [2].

Цель работы – сравнение конструкций стеклопакетов с заполнением камер аргоном и воздухом с точки зрения энергоэффективности. Для достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи: выбор систем для сравнения, теплотехнический расчет, экономический анализ. Метод исследования – теоретический анализ.

Объектом исследования является анализ характеристик различных систем остекления. Предмет исследования – светопрозрачные ограждающие конструкции на примере бизнес-центра в Санкт-Петербурге.

Основным методом повышения энергоэффективности светопрозрачных ограждающих конструкций является применение низкоэмиссионных стекол. Оно бывает двух видов: твердое низкоэмиссионное стекло (К-стекло) и мягкое низкоэмиссионное (I-стекло). Для придания теплосберегающих характеристик K-стеклу при изготовлении на его поверхность при высокой температуре методом химической реакции (пиролиз) из окислов металлов наносится тонкий слой, который является прозрачным, но в то же время обладает электропроводностью. Для придания теплосберегающих характеристик I-стеклу при изготовлении вакуумным напылением создается трехслойная (или более) структура из чередующихся слоев серебра диэлектрика [3]. Однако, так как стекло само по себе не является теплоизоляционным материалом, то применяют заполнение камер стеклопакетов инертными газами: аргоном, криптоном и ксеноном.

Для анализа были выбраны следующие системы остекления: 1. Двухкамерный стеклопакет с I-стеклом и заполнением камер сухим воздухом; 2. Двухкамерный стеклопакет с I-стеклом и заполнением камер аргоном.

Все расчеты были произведены в соответствии с СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» по следующим формулам:

$$R_0 > R_0^{\text{тр}}\ , \qquad (1)$$

где R_0 – фактическое значение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, м^2·°С/Вт, $R_0^{\text{тр}}$ – базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, (м^2 ·°С) /Вт.

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + R_{\text{к}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, \qquad (2)$$

где $\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м^2 °С); $R_{\text{к}}$ – значение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, м^2 ·°С/Вт; $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м^2 °С).

$$R_{\text{к}} = R_1 + R_2 + \ldots + R_n\ , \qquad (3)$$

где $R_{1,2..n}$ – значение сопротивления теплопередаче *i*-го слоя ограждающей конструкции, м^2·°С/Вт

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (4)$$

где δ – толщина *i*-го слоя ограждающей конструкции, м; λ –коэффициент теплопроводности материала *i*-го слоя конструкции, Вт/(м·°С).

Согласно таблице 1 СП 50.13330.2012, при температуре внутреннего воздуха здания $t_в$ = 20 °С и относительной влажности воздуха $\varphi_в$ = 45% влажностный режим помещения устанавливается, как нормальный.

$$R_0^{тр} = a \cdot ГСОП + b, \quad (5)$$

где ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, °С·сут/год, для конкретного пункта; *a, b* – коэффициенты, значения которых следует принимать по данным СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».

Для ограждающей конструкции вида – окна и балконные двери, витрины и витражи, и типа здания – общественные: *a* = 0,00005; *b* = 0,2.

$$ГСОП = (t_в - t_{от})\, z_{от}, \quad (6)$$

где $t_{от}$, $z_{от}$ – средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность, сут./год, отопительного периода; $t_в$ – расчетная температура внутреннего воздуха здания, °С.

В результате расчета было выявлено, что минимальное значение сопротивления теплопередаче стеклопакета для бизнес-центра в г. Санкт-Петербурге, должно составлять не менее 0,416 м^2· °С/Вт.

Расчет трансмиссионных потерь произведен по формуле:

$$Q^г_{огр} = 0{,}024 \cdot ГСОП \sum \left(\frac{A_i}{R_i}\, n\right), \quad (7)$$

где A_i – площадь поверхности конструкции, м^2; R_i – значение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, м^2·°С/Вт; *n* – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций к наружному воздуху (*n* = 1).

При определении затрат на отопление по теплопотерям на период с 01.12.2022 г. по 31.12.2023 г. был принят тариф 2111,40 руб./Гкал [4]. Все расчеты сведены в табл. 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ стеклопакетов

№ п/п	Характеристика	Двухкамерный стеклопакет с I-стеклом и заполнением камер сухим воздухом	Двухкамерный стеклопакет с I-стеклом и заполнением камер аргоном
1	Формула	4М1-12-4М1-12-И4	4М1-16-Ar-4М1-14Ar-И4
2	Сопротивление теплопередаче, (м2·°С/Вт)	0,82	0,95
4	Общие потери, кВт·ч/год	75 932	95 542
5	Общие потери, Гкал/год	65	56
6	Общая стоимость тепловой энергии, руб./год	137241,0	118238,4

Таким образом, можно сделать вывод, что применение аргона в качестве заполнения стеклопакетов позволяет значительно сэкономить затраты на отопление. В бизнес-центре, расположенном в г. Санкт-Петербург, при одинаковых площади остекления и его ориентации экономия расходов на тепловую энергию составляет порядка 19 тыс. руб., что подтверждает энергоэффективность данной конструкции: чем выше уровень теплоизоляции ограждающих конструкций здания, тем меньше оказываются потери тепловой энергии на его отопление в течение отопительного периода [5].

ЛИТЕРАТУРА:
1. Васильева И.Л., Немова Д.В. Энергоэффективные материалы нового поколения в строительстве / Экология и строительство. 2018. № 4.
2. Давыдова Е.И., Гнам П.А., Тарасова Д.С. Светопрозрачные конструкции и методы повышения их энергоэффективности / Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 5. С.113–122.
3. Подковырина К.А., Подковырин В.С. Светопрозрачные ограждающие конструкции (методы снижения тепловых потерь и мировой опыт применения) / Архитектура и дизайн. 2018. № 1.
4. Комитет по тарифам Санкт-Петербурга / Распоряжение Комитета по тарифам СПб от 16.11.2022 № 101-р О внесении изменения в распоряжение Комитета по тарифам Санкт-Петербурга от 31.08.2018 № 94-р.
5. Ватин Н.И., Немова Д.В., Рымкевич П.П., Горшков А.С. Влияние уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величину потерь тепловой энергии в здании / Инженерно-строительный журнал. 2012. № 8(34). С. 4–14.

УДК 692.432

А.А. Торбов, Л.С. Усманова, А.В. Мишакова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ В КОНСТРУКЦИЯХ КРОВЕЛЬ

Известно, что тепловые потери в зданиях в теплоэнергетике и строительстве играют значительную роль. Энергоэффективное здание включает в себя совокупность архитектурных и инженерных решений, отвечающих целям минимизации затрат тепла на отопление здания [1].

Наибольшего суммарного эффекта энергосбережения в зданиях можно достичь путем применения разнообразных архитектурно-строительных и инженерных решений. Большая часть теплопотерь в здании осуществляется через ограждающие конструкции (стены, окна, кровлю). Поэтому целесообразно именно для таких конструкций применять энергоэффективные решения.

Конструктивные решения в части энергосбережения в здании направлены, как правило, на повышение теплозащитных свойств его наружных ограждающих конструкций. Такие решения могут иметь множество различных вариантов, отличных по виду материала слоев, толщине и теплотехническим характеристикам, что вызывает необходимость вариантного проектирования энергосберегающих систем [2]. Для теплоизоляции в ограждающих конструкциях используют различные виды утеплителей, однако выбрать оптимальный вариант для определенной местности достаточно сложно, так как у каждого материала существуют свои достоинства, уникальные свойства и область применения.

Целью исследования является определение наиболее эффективного утеплителя кровли на примере высотного здания гостиницы в г. Санкт-Петербург путем проведения технико-экономического сравнения различных готовых решений конструкций кровли от производителя ТЕХНОНИКОЛЬ. Объектом исследования является анализ характеристик различных систем кровли. Предмет исследования – кровля по железобетонному основанию 26-этажного здания гостиницы.

В статье [3] рассмотрена эффективность применения конструкций «зеленых» кровель на территории Российской Федерации. В результате анализа автор выделил 4 зоны эффективности: наиболее эффективные территории, территории средней эффективности, низкоэффективные территории и неэффективные территории. Из-за климатических условий г. Санкт-Петербург попадает в зону низкоэффективных территорий, поэтому вариант исполнения «зеленой» кровли рассматриваться не будет.

Наиболее широко в кровлях применяются классические утеплители: минеральная вата, пенопласт, пенополистирол, пеноплекс, вспененный пенополиэтилен, пенополиуретан. Для сравнения были выбраны следующие конструкции:

1. ТН-КРОВЛЯ Эксперт PIR – система неэксплуатируемой крыши по железобетонному основанию с клеевым методом крепления кровельного ковра из полимерной мембраны и утеплителя из пенополиизоцианурата (утеплитель – плиты теплоизоляционные LOGICPIR CXM/CXM);
2. ТН-КРОВЛЯ Стандарт КВ – система неэксплуатируемой крыши по бетонному основанию (утеплитель – ТЕХНОРУФ Н ПРОФ из каменной ваты);
3. ТН-КРОВЛЯ Стандарт КМС – традиционная система неэксплуатируемой крыши по бетонному основанию [4] (утеплитель – экструзионный пенополистирол ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO).

Сравнительный анализ утеплителей из PIR, каменной ваты и пенополистирола приведен в табл. 1.

Таблица 1 – Сравнение характеристик утеплителей

№ п/п	Показатель	LOGICPIR CXM/CXM	ТЕХНОРУФ Н ПРОФ	ТН CARBON ECO	Вывод
1	Теплопроводность, Вт/ (м·К)	0,025	0,037	0,030-0,033	Теплопроводность PIR-плит наименьшая
2	Плотность, кг/м^3	35	120	28	Плотность PIR-плит наименьшая
3	Водопоглощение, %	Не более 1	Не более 1	Не более 0,4	Плиты из пенополистирола наименее водопоглощающие
4	Группа горючести	Г4	НГ	Г4/Г3	PIR и пенополистирол горючие
5	Прочность на сжатие, кПа	120	45	100-200	Пенополистирол наиболее прочный
6	Срок службы	Более 50 лет	Более 50 лет	Более 50 лет	Все материалы долговечны
7	Экологичность	В состав PIR-плит не входят формальдегидные смолы и стирол	Содержание органических веществ (не более 4,5%)	Не выделяет вредных веществ, токсичность Т2	PIR-плиты не токсичны и безопасны

Основным расчётным параметром при теплотехнических расчётах является сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции – способность материала не допускать пропускание тепла через свою толщу. Чем больше сопротивление теплопередаче конструкции, тем лучше ее теплоизолирующая способность [5].

Теплотехнический расчет конструкций произведен согласно СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» и сведен в табл. 2. Для всех конструкций в расчетах были приняты следующие коэффициенты:

- при расчете требуемого сопротивления теплопередаче: a = 0,0005; b = 2,2 (для ограждающей конструкции вида – покрытия и перекрытия над проездами и типа здания – жилые, гостиницы и общежития); коэффициент, учитывающий особенности региона строительства принят равным 1;
- при расчете ГСОП: продолжительность отопительного периода – 211 суток; средняя температура отопительного периода -1,2 ℃; температура внутри помещения 20 ℃; влажность 55%.

Таблица 2 – Теплотехнический расчет конструкций ТН-КРОВЛИ

Показатель	Эксперт PIR	Стандарт КВ	Стандарт КМС
Стоимость 1 м^2, руб.	2575,32	2459,6	3165,2

По результатам теплотехнического расчета было выявлено, что при одинаковых внешних условиях для эффективной теплоизоляции кровли в разных конструкциях потребуется 165 мм утеплителя из PIR, 260 мм утеплителя из каменной ваты и 210 мм утеплителя из пенополистирола. Для оценки стоимости 1 м^2 покрытия были сложены стоимости всех компонентов конструкции кровли, исходя из примерного расхода материалов. Стоимость указана по состоянию на февраль 2023 г. с веб-сайта производителя материала.

Таким образом, применение системы ТН-КРОВЛЯ Эксперт PIR будет наиболее эффективным, поскольку некоторое увеличение затрат на материалы является менее существенным фактором, чем значительное преимущество в эксплуатационных характеристиках (жесткость, устойчивость к влаге и старению). Также особенностью PIR является то, что при горении или воздействии пламени материал обугливается, образуя слой из углерода, называемый «пористой» матрицей. Данная матрица препятствует горению внутренних слоев, останавливая распространение пламени на поверхности [6].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Иванова Е.А., Жороев Б.У. Определение экономии тепловой энергии с использованием энергоэффективных материалов для наружных ограждающих конструкций / Наука, образование и культура. 2021. № 5 (60).
2. Крашенинникова А.Р., Масленников Д.Н. Применение высокоэффективных теплоизоляционных материалов как основа энерго- и ресурсосбережения на всех стадиях жизненного цикла объекта недвижимости: тенденции, анализ, расчеты / Российское предпринимательство. 2017. № 23.
3. Сысоева Е.В., Москвитина Л.В. Эффективность применения «зеленых» крыш на территории России / Инновации и инвестиции. 2021. № 10.
4. Каталог готовых решений ТЕХНОНИКОЛЬ. URL: https://nav.tn.ru/systems/ploskaya-krysha/filter/building_type-is-bdsncbyo/apply/ (дата обращения: 18.02.2023).
5. Акимов С.Ф., Акимова Э.Ш. Оценка технико-экономической эффективности устройства мягкого кровельного покрытия на плоской крыше / Экономика строительства и природопользования. 2018. № 4(69). С. 5–16.
6. Базарова Е.А., Лихонин Д.С. Принцип устройство гидроизоляции и теплоизоляции плоских кровель / Наука и образование: сохраняя прошлое, создаём будущее: в 3 ч. 2017. С. 115–118.

UDC 620.91

S.T. Elchieva, I.G. Kudryasheva
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

DEVELOPMENT OF A SOLAR PHOTOVOLTAIC INSTALLATION PROJECT FOR LOW-RISE SUBURBAN CONSTRUCTION

Due to the active growth of the world economy and scientific and technological progress in recent decades, there has been a sharp increase in energy consumption in modern society. In 1973, the world's energy supply was 6,100 million t.n.e., in 2022 it increased to 13,541 million t.n.e. [1]. At the same time, energy consumption has increased from 4667 million t.n.e. to 9301 million t.n.e., respectively [2].

Thus, the following prerequisites for the development of renewable energy sources can be identified:

- continuously increasing demand for electric and thermal energy;
- severe environmental consequences from the use of traditional fuels;
- limited reserves of fossil fuels.

This scientific article examines the rationality of the use of solar photovoltaic installations (SPES) for a two-storey country house in the city of Sevastopol.

Purpose of the work: development of a roof-type SFEU for a two-storey country house in the city of Sevastopol in order to increase energy saving and energy efficiency of the facility.

Tasks of the work:

– to design the SFEU in the PVSOL Premium 2023 program;
– to justify the choice of solar panels and their location on the roof of the object;
– determine the loss of electricity and the production of SFEU;
– calculate and evaluate the economic indicators of the object.

Research method: comparative analysis.

To achieve this goal, a network photovoltaic system with electrical appliances and battery systems was selected (fig. 1).

The design object is located in the city of Sevastopol, Republic of Crimea. The coordinates of the plot are 44.587094, 33.538272. Based on data from PV*SOL MeteoSyn's own metal depot, the value of the average annual arrival of SI on the horizontal surface is 1434 kW/m^2, and the average annual temperature is 11,7 ^{o}C [3].

To accurately determine the characteristics of the SFEU, it is necessary to analyze the electricity consumption for the house in question for one family of 4 people. The energy consumption is 4308 kWh per year [4]. The resulting graph of energy consumption as a function of time is shown below (fig. 2).

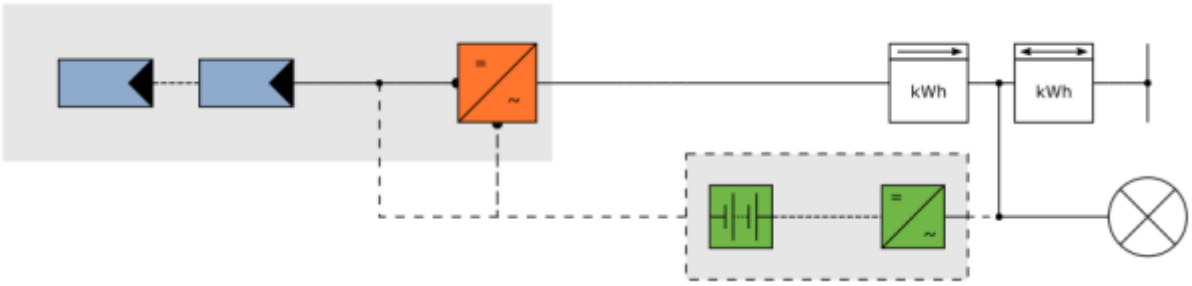


Fig. 1. The scheme of the network system in general form

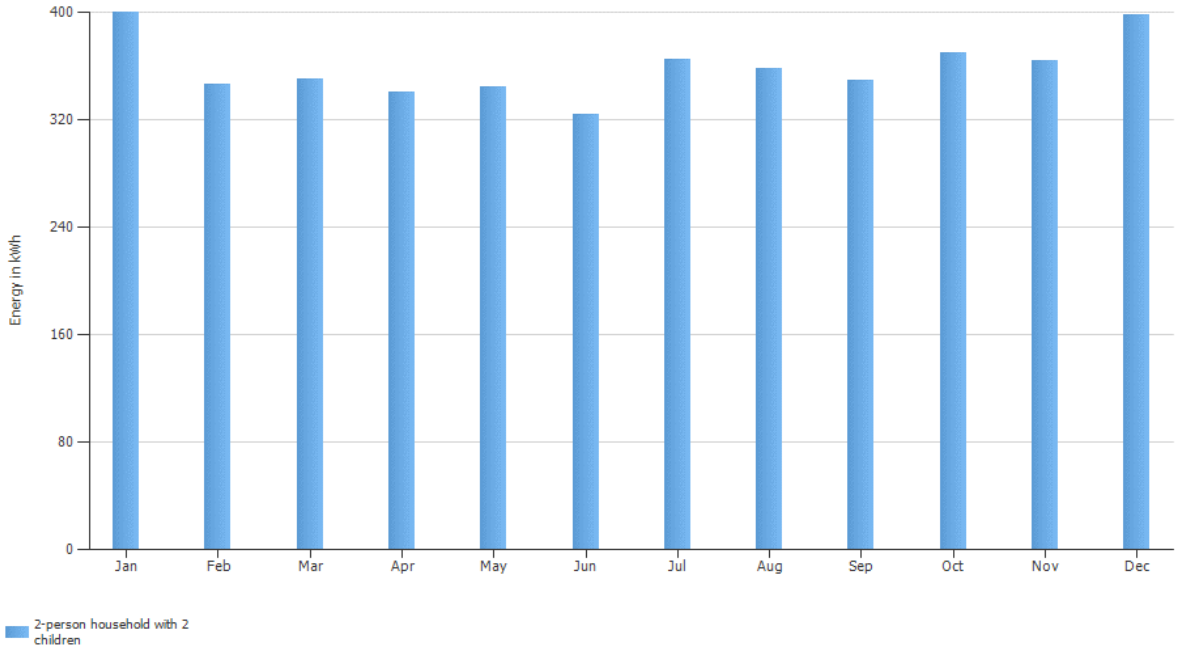


Fig. 2. Graph of electricity consumption in kWh by month

As can be seen from the graph (fig. 2), the maximum energy consumption is observed in the winter months of the year. This is due to the need to heat the room. At the same time, in the summer months there is an additional load on the power system due to the operation of the air conditioning system [5].

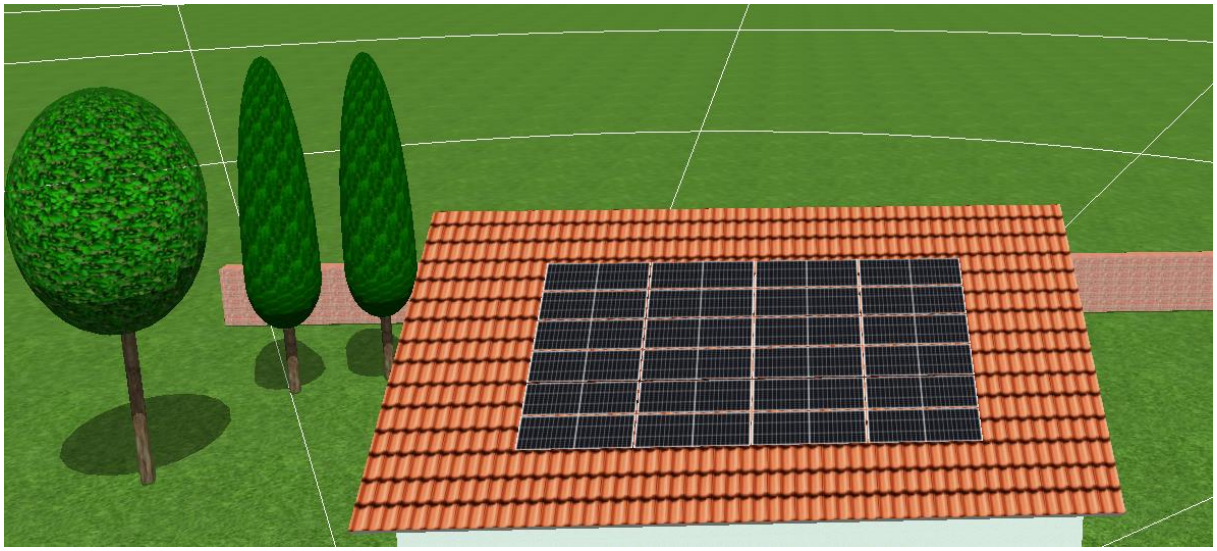


Fig. 3. Solar panels placed on the roof of the house

For installation, 24 modules of the PV flex Solar GmbH GC1-110 P 105 Wp model were selected, located with an inclination angle of 37 degrees. The total area is 21,8 m^2 (fig. 3). An SF2208-TL inverter and a Siemens June light Smart Battery SB – 3.3 battery was selected for solar panels). Wiring diagram of the panels to the network. The panels are connected in parallel.

The energy losses in the cable are calculated in PV*SOL. SF2200TL with a 2,5 mm cross section was chosen as a cable for solar panels. 32 m of cable will be required to connect the panels. At this length, the loss will be 0,41% (16.1 W).

As a result of the work, the following results were achieved:

- A 3D model of a country house has been built in the PV*SOL Premium software package, the installation location of solar panels on the roof with an inclination angle of 37° has been selected.
- Solar panels PV flex Solar GmbH GC1-110 P 105 Wp (24 pieces), an inverter of the SF2208-TL model, a Siemens Junelight Smart Battery SB battery have been selected – 3,3 with a nominal output power of 1,5 kW.
- As a result of the calculation in RVSOL, the output value was obtained taking into account all losses, including in the cable – 1346,64 kWh. The efficiency coefficient is 84,92%. The level of self-sufficiency is 58,9%. The work of the SFEU will reduce greenhouse gas emissions by 1513 kg/year.
- As a result of the calculation, the values of the economic indicators of the project were obtained: the simple payback period of the project is 8 years.

REFERENCES:

1. International Energy Agency – [Электронный ресурс] IEA Key World Energy Statictics 2015. – Access mode: http://iea.org.html. – Загл. с экрана.
2. Elistratov V.V., Kudryasheva I.G. Operating modes of installations and power complexes based on renewable energy sources. Training manual. Publishing House of the Polytechnic Institute, St. Petersburg, 2021.
3. Valentin Software – [Electronic resource] – PV*SOL Manual – Electron. dan. – Access mode: http://www.valentinsoftware.com/sites/default/files/downloads/handbuecher/en/manual-pvsol-en.pdf
4. Contreras V.M. The use of PV*SOL Expert software for the design of photovoltaic systems. Materials -5-17.
5. Kathleen L. Wolf Trees, Parking and Green Law: Strategies for Sustainability, 2004.

УДК 620.91

А.А. Сидякина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАСЧЕТ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ КОННОСПОРТИВНОГО КОМПЛЕКСА В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Проблема рационального использования побочной продукции сельского хозяйства активно обсуждается в Ленинградской области. Согласно исследованию Петростата [1] в 2022 г. поголовье крупного рогатого скота составило 174,6 тыс. голов, поголовье свиней – 176,8, овец и коз – 32,1 тыс. голов. В статистику не включаются субъекты малого предпринимательства и подсобные хозяйства несельскохозяйственных организаций.

Утилизация отходов в том числе для конноспортивного комплекса – важная задача с экологической, санитарной и экономической точек зрения. Во Всеволожском районе на 120 конюшнях содержится около 600 лошадей. Конноспортивный комплекс (КСК) – уникальный строительный объект, на котором содержат лошадей и предусматривают способы обращения с отходами.

Целью работы является определение возможностей использования биогазовых технологий для Ленинградской области.

Для проведения исследования поставлены следующие *задачи*:

- провести оценку объёмов отходов конноспортивного комплекса «Ветер»;
- разработать методику оценки выхода биогаза и определения параметров биогазовой установки (БГУ);
- рассчитать энергетический потенциал отходов животноводства с использованием биогазовых технологий,

Схема конноспортивного комплекса показана на рис. 1. Биогазовая установка проектируется на месте существующих контейнеров-навозохранилищ.

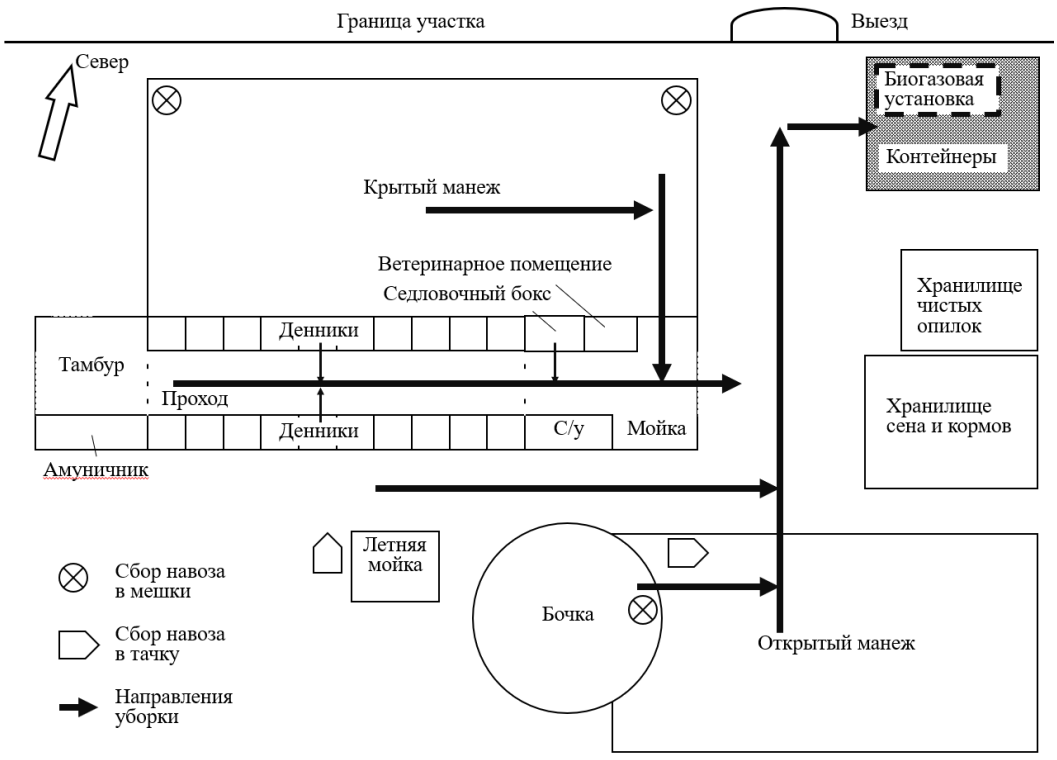


Рис. 1. Схема комплекса и проектируемое расположение биогазовой установки

Самый распространённый вариант утилизации навоза на конюшнях – строительство навозохранилищ открытого и закрытого типов. По мере заполнения резервуаров, отходы вывозят на переработку, либо используют в качестве удобрений.

С 1960-х годов в нашей стране разрабатываются системы переработки органических отходов в биогаз путём анаэробного сбраживания [2]. В отчёте REN21 за 2022 г. указывается, что в Европе функционирует 18 843 биогазовых установок, производящих 18,4 млрд м^3 биогаза [3]. Данный метод утилизации ценен тем, что технология анаэробного сбраживания биомассы приводит к значительному снижению выбросов парниковых газов. Применение биотехнологий утилизации навоза обеспечивает уменьшение требуемых объемов хранилищ [4].

Наблюдения в течение 6 месяцев показали, что в летне-пастбищный и в зимне-стойловый период два контейнера объёмом 18 м^3 заполняются целиком. На 75% отходы состоят из влажных и сухих опилок, на 25% – из навоза. В сутки в КСК «Ветер» накапливается 1 т навоза.

Выбран наиболее подходящий для средней полосы России мезофильный температурный режим сбраживания в биореакторе с температурой процесса 32-33 °С [5]. Нагрев сбраживаемой массы до температуры мезофильного брожения происходит за счет водяных теплообменников. Биомасса перемешивается шнеком с приводом электрического двигателя. Образовавшийся биогаз сжимается компрессором и проходит через ресивер в газгольдер. Затем, пройдя через газовый редуктор, биогаз используется в газовом двигателе.

Разработана методика, которая позволяет рассчитать производство биогаза для различных исходных данных и подобрать объём метантенка [6]. Для 1 т конского навоза, загружаемого в реактор, рассчитан метантенк объёмом 25 м^3, который заполняется на 80%. Принципиальная схема биогазовой установки представлена на рис. 2.

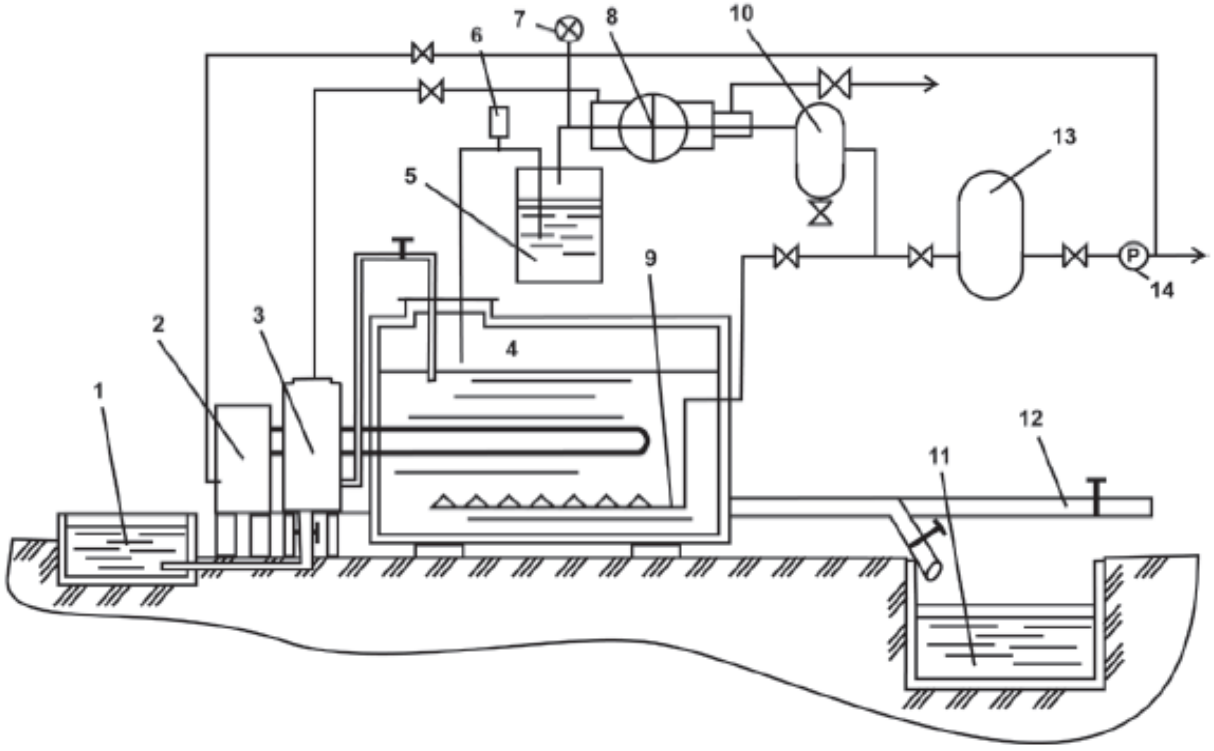


Рис. 2. Схема биогазовой установки с газгольдером, механической подготовкой, пневматической загрузкой и перемешиванием сырья, с подогревом сырья в реакторе: 1 – приемник навоза; 2 – водонагревательный котел; 3 – бункер загрузки; 4 – биореактор; 5 – водяной затвор; 6 – предохранительный клапан; 7 – манометр электроконтактный; 8 – компрессор; 9 – мешалка газовая; 10 – ресивер; 11 – хранилище для биоудобрений; 12 – отвод трубы для загрузки в транспорт; 13 – газгольдер; 14 – редуктор газовый

Планирование сооружения биогазовой установки начинается с определения потенциала производства биогаза на основании имеющегося количества сырья. Объём биогаза, получаемого с 1 кг биомассы принят для отходов влажностью 85% [6–8].

Для оценки общего потенциала животноводческого комплекса составлена табл. 1 на основе данных о поголовье скота в Ленинградской области. Для каждой категории скота рассчитан общий объём получаемого за год биогаза по формуле:

$$V_б = nm\ q \cdot 365, \text{м}^3/\text{год},$$

где n – общее поголовье, шт., m – выход биомассы с головы, кг/сут; q – объём биогаза, получаемого с 1 кг биомассы, $\text{м}^3/\text{кг}$.

Потенциальные запасы энергии биогаза $Q_{\text{вып}}$, получаемого в течение года, рассчитаны по формуле:

$$Q_{\text{вып}} = V_б H_б, \frac{\text{МДж}}{\text{год}} = \ 0{,}2778\ V_б H_б\ \ \frac{\text{кВт·ч}}{\text{год}},$$

где $H_б$ = 22 $\text{МДж}/\text{м}^3 = 6{,}11\ \text{кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$ – теплотворная способность биогаза.

В табл. 1 представлен энергетический потенциал биогаза животноводческого комплекса ЛО.

Таблица 1 – Потенциал производства биогаза с использованием отходов животноводства в ЛО

№	Источник	Общее поголовье n, голов	Выход биомассы m, кг/сутки/ единица	Объём биогаза, получаемого из 1 кг биомассы, q, м^3/кг	Общий объём биогаза, $V_б$, м^3/год	Энергия биогаза $Q_{\text{год}}$, $\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{год}}$
1	Крупный рогатый скот	174 600	45	0,04	114 712 200	700 891 542
2	Свиньи	176 800	9	0,06	34 847 280	212 916 881
3	Птица	30 800	0,17	0,07	133 780	817 395
4	Овцы, козы	32 100	4	0,06	2 811 960	17 181 076
5	Лошади	1 500	25	0,04	547 500	3 345 225
					Итого	935 152 118

Для КСК «Ветер», имеющем 40 лошадей, энергетический потенциал биогаза составляет 880 МДж/сут (244,4 $(\text{кВт} \cdot \text{ч})/\text{сут}$) или 89 206 $(\text{кВт} \cdot \text{ч})/\text{год}$. Теоретический потенциал (средняя мощность, которую может поддерживать БГУ на протяжении длительного времени) для КСК $P_{\text{ТеорБГУ}} = 10$ кВт. Технический потенциал равен 3,6 кВт и рассчитан по формуле:

$$P_{\text{ТехнБГУ}} = P_{\text{ТеорБГУ}} \eta_{\text{биодизеля}} \eta_{\text{электрич машины}}, \text{кВт},$$

где $\eta_{\text{биодизеля}} \approx 0{,}4;\ \eta_{\text{электрич машины}} \approx 0{,}9$.

Выводы:

- энергетический потенциал биогаза в Ленинградской области составляет 935 152 118 $(\text{кВт} \cdot \text{ч})/\text{год}$ для всех предприятий животноводческого комплекса и 3 345 225 $(\text{кВт} \cdot \text{ч})/\text{год}$ для конноспортивных комплексов;
- для КСК «Ветер» разработана биогазовая установка на основе мезофильного сбраживания навоза с объёмом метантенка 25 м^3 и загрузкой 1 т навоза в сутки;
- энергетический потенциал биогаза в КСК составил 89 206 $(\text{кВт} \cdot \text{ч})/\text{год}$. Технический потенциал составил 3,6 кВт электрической мощности.

ЛИТЕРАТУРА:
1. Агропромышленный комплекс Ленинградской области и Санкт-Петербурга в 2021 году. 2022. Р. 1–47.
2. Панцхава Е.С. Биоэнергетика. Мир и Россия. Биогаз. Теория и практика. М.: Изд-во «Русайнс», 2014.
3. EBA Activity Report 2022 | European Biogas Association [Electronic resource]. URL: https://www.europeanbiogas.eu/eba-activity-report-2022/ (accessed: 13.03.2023).
4. Plc M.S. Утилизация навоза / помета на животноводческих фермах для обеспечения экологической безопасности территории, наземных и подземных водных объектов в Ленинградской области.
5. Эдер Б., Шульц Х. Биогазовые установки. Практическое пособие. 1996.
6. Шерьязов С.К. Использование возобновляемых источников энергии в сельском хозяйстве: учебное пособие / Челябинск. ЧГАА. 2013.
7. Биогазовые технологии в Кыргызской Республике. «Полиграфоформление», 2006.
8. Производство Биогаза / Государственный департамент статистики Грузии. С. 113–224.

УДК 620.91

П.А. Пирогов, А.А. Сидякина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ПРИМЕРЕ НЕБОЛЬШОГО ЗАГОРОДНОГО ДОМА В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В связи с увеличение потребления традиционных энергоресурсов растут затраты на единицу производства данного вида энергии, а также нагрузка на окружающую среду. Таким образом, возникает острая необходимость в развитии альтернативных источников энергии.

Одним из наиболее перспективных и быстрорастущих направлений в сфере возобновляемых источников энергии является использование фотоэлектрических систем [1], представляющих собой систему электроснабжения, предназначенную для подачи полезной солнечной энергии с помощью фотоэлектрических элементов. Они состоят из нескольких компонентов, включая солнечные панели для поглощения и преобразования солнечного света в электричество, солнечный инвертор для преобразования постоянного тока в переменный, а также монтажные, кабельные и другие электрические принадлежности для настройки рабочей системы. Они приобрели важное значение на современных энергетических рынках во всех странах, которые стремятся к продвижению экологически чистых энергетических систем. На сегодняшний день доля использования солнечной энергии значительно меньше по сравнению с видами энергии из ископаемого топлива в большинстве стран [2], за исключением нескольких европейских стран.

По прогнозам отдела исследований Statista ожидается, что к 2030 г. доля рынка солнечных элементов из кристаллического кремния (advanced c-Si) составит 25,6% мирового рынка. C-Si является старейшей фотоэлектрической технологией и в значительной степени доминирует на рынке солнечной энергии [3]. Однако прогресс реализации проектов в области возобновляемых источников энергии может быть улучшен за счет внедрения информационных программных комплексов, раскрывающих технические, экономические и экологические преимущества их использования в долгосрочной перспективе. На каждой стадии разработки солнечной фотоэлектрической системы используются различные инструменты анализа технических характеристик.

Целью данной работы является разработка модели фотоэлектрической системы для двухэтажного загородного дома на одну семью из 4–5 человек в Ленинградской области.

Задачи работы:
1. Исследование солнечных ресурсов в районе проектирования.
2. Оценка потребления электроэнергии загородного дома на одну семью площадью 150 м^2.
3. Определение процента покрытия потребляемой мощности ФЭ энергией от установки площадью 19,8 м^2.

Для решения поставленных задач использованы следующие методы: обзор литературы, сравнительный анализ.

Проведена оценка солнечного потенциала для рассматриваемого региона. Продолжительность солнечного сияния зависит как от астрономических факторов, длины дня и высоты солнца, так и от циркуляционных, которые проявляются через облачность и прозрачность атмосферы. Согласно [4], годовое число часов солнечного сияния изменяется по территории от 1600 до 1900 ч., а годовой приход солнечной энергии на горизонтальную поверхность составляет ≈ 950 кВт·ч/м^2 в год.

Наиболее высокими значениями солнечного сияния (1700–1800) часов в год характеризуются районы, расположенные на северо-западе Ленинградской области (Выборгский, Лесогорский, Приозерский), побережье Финского залива, обширная территория, окаймляющая Ладожское озеро, а также самая южная часть области (Лужский район) [3]. Здание, рассматриваемое в качестве примера для моделирования, – загородный дом площадью 150 м^2, располагается на территории поселка Лисий Нос, координаты 60.006619:29.993124.

В рассматриваемом примере имеется подключение к электрической сети мощностью 8 кВт [5]. Согласно рис. 1, пиковая нагрузка в самом холодном месяце (январе) имеет значение 3,3 кВт, суточное потребление составляет ≈ 1600 Вт. Годовое потребление коттеджа составляет ≈ 5000 кВт·ч. В данном расчете учтена интервальность, а также сезонность работы для каждого потребителя.

Для снижения потребления электроэнергии от стационарной электрической сети разработан вариант солнечной фотоэлектрической установки. Солнечная электростанция мощностью 3кВт состоит из 12 фотоэлектрических модулей JAP60S09-285/SC (v1) мощностью 285 Вт общей площадью 19,8 м^2, установленных под углом 30º. Также в систему входит инвертор Sunny Boy 3.0-1AV-41 (v2) с максимальной эффективностью 97% и аккумуляторов Siemens Junelight Smart Battery SB с номинальной выходной мощностью 1,5 кВт в количестве 4 шт. Результаты расчета участия СФЭУ в графике нагрузки на электросеть представлены на рис. 2.

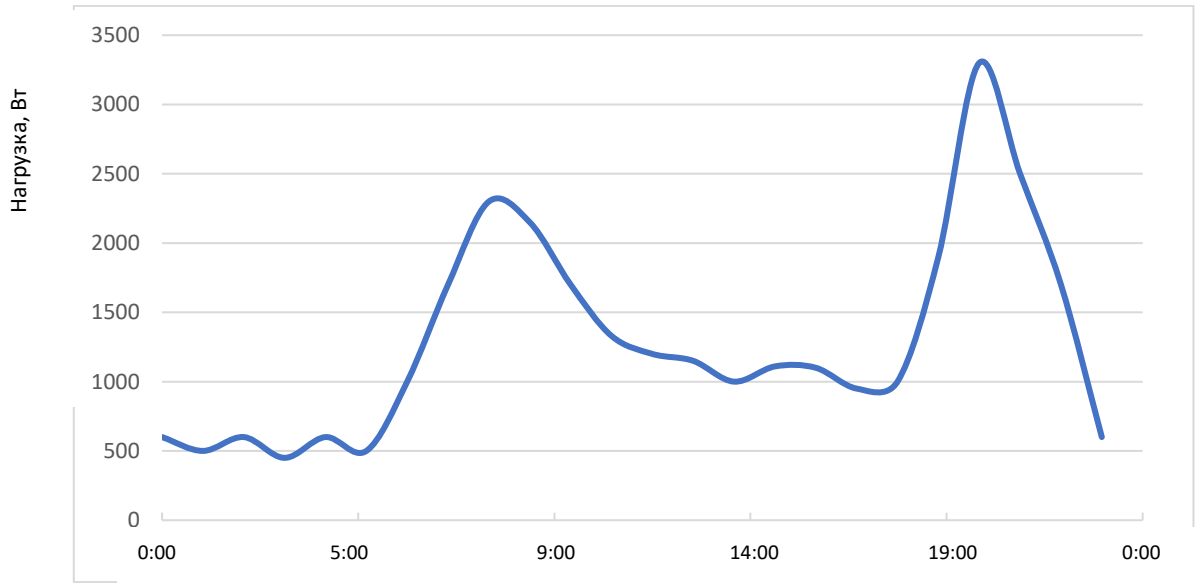


Рис. 1. Определение пиковой нагрузки на электросеть

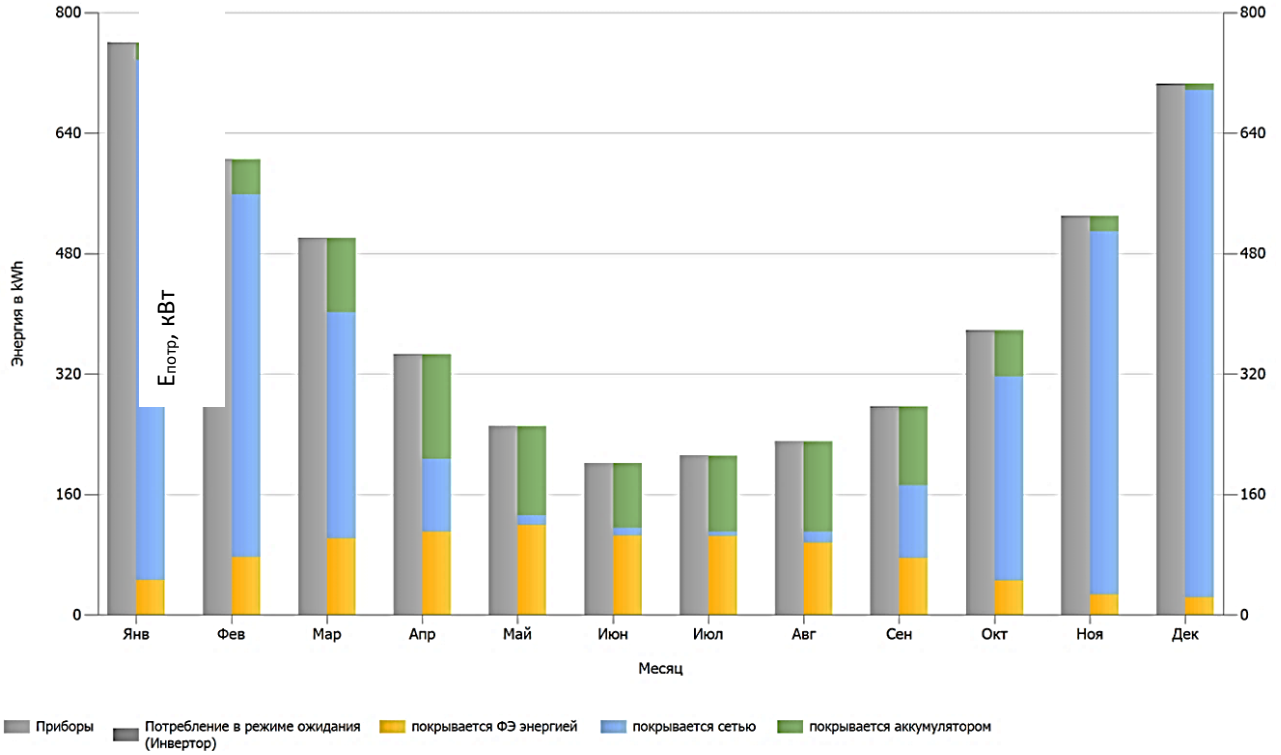


Рис. 2. График нагрузки на электросеть с участием СФЭУ

Выводы:

- в результате применения солнечной электростанцией покрывается 937 кВт·ч/год (18,7%) от годового потребления ЭЭ (4983 кВт·ч/год), а с учетом энергии аккумуляторов – 921 кВт·ч/год (18,5%), что в сумме составляет 1858 кВт·ч/год (37,2%) совокупного потребления;
- приведены данные по солнечным ресурсов для Ленинградской области, определено годовое потребление электроэнергии загородного дома площадью 150 м^2 на одну семью, а также предложен вариант СФЭУ мощностью 3 кВт, позволяющей снизить расходы на электроэнергию, а также избежать неудобств, связанных с непредвиденным отключением или перебоями в основной электросети/

ЛИТЕРАТУРА:

1. Orville Damaso Cota, and Nallapaneni Manoj Kumar/ Solar Energy: A Solution for Street Lighting and Water Pumping in Rural Areas of Nigeria. Proceedings of International Conference on Modelling, Simulation and Control (ICMSC-2015), vol. 2, pp. 1073-1077, October 2015, Coimbatore, India. https://doi.org/10.13140/rg.2.1.4007.8486
2. Kumar, Nallapaneni Manoj, Anup Kumar Singh, and K. Vinay Kumar Reddy. 2016. Fossil Fuel to Solar Power: A Sustainable Technical Design for Street Lighting in Fugar City, Nigeria. Procedia Computer Science, 93:956–66. https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.07.284
3. Global forecast of the market share of solar photovoltaic panels by technology 2030 // www.statista.com URL:https://www.statista.com/aboutus/our-research-commitment (дата обращения: 03.03.2023).
4. Пигольцина Г. Б. Ресурсы солнечной радиации Ленинградской области / Г. Б. Пигольцина. – Текст : непосредственный // Общество. Среда. Развитие. – 2009. – № 2(11). – С. 181–191.
5. Постановление Правительства РФ от 21 апреля 2009 г. N 334 "О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам совершенствования порядка технологического присоединения потребителей к электрическим сетям" (с изменениями и дополнениями). – Текст : электронный // Гарант : [сайт]. – URL: https://base.garant.ru/12166684/ (дата обращения: 10.03.2023).

УДК 69.032.2

Y.A. Batagova
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

INFLUENCE OF THE BUILDING SHAPE ON ENERGY EFFICIENCY

Aim of this work is to study the influence of shape of architectural elements on building energy efficiency.

The shape of a building may have a significant impact on its energy efficiency. One of the key factors is the building's surface area, which is affected by its shape. A building with a more complex shape, such as one with multiple angles and curves, will have a greater surface area than a building with a simple rectangular shape. This increased surface area can result in higher heat loss or gain between the interior and exterior of the building, which can lead to increased heating and cooling costs [1–4].

Building orientation is also an important consideration. The orientation of a building in relation to the sun can affect the amount of sunlight that enters the building and the amount of shading it receives. Buildings with long sides facing east and west receive more direct sunlight, which can increase cooling loads in the summer.

In addition, the shape of a building can impacts its natural ventilation. Buildings with simple, rectangular shapes are often better suited for natural ventilation strategies, such as cross-ventilation, which can reduce the need for mechanical cooling.

Finally, the shape and orientation of a building can impact the amount of natural light that enters the building. Buildings with a more complex shape may have more opportunities to bring natural light into the interior, but this can also create challenges in terms of controlling glare and heat gain.

While the shape of a building is just one of many factors that can impact its energy efficiency, it is an important consideration in the design process. By carefully considering the shape of a building, architects and engineers can help to optimize its energy performance and create a comfortable and sustainable environment for its occupants. Design strategy is to incorporate building features that can help to reduce the impact of the building's shape on energy efficiency. For example, using high-performance insulation and glazing can help to reduce heat transfer through the building envelope, while shading devices and window films can help to control the amount of solar radiation that enters the building.

In addition, building systems such as HVAC (Heating, ventilation, and air conditioning) and lighting can be designed to work in tandem with the building's shape and orientation. For example, an HVAC system can be designed to take advantage of natural ventilation opportunities provided by a building's shape, while lighting systems can be designed to maximize the use of natural daylight.

Another factor that contributes to the building performance is a building orientation. This is one of the efforts to control heat gains by blocking and filtering solar radiation from entering the building. The lower the radiation, the amount of energy needed to cool the indoor space will reduce. In order to control the amount of solar radiation entering the building, it is important to understand how it affects heat gains and losses in a building. Conducted research on three different climates and locations; temperate, sub-tropical and tropical. The impacts of building orientations were analysed based on the climate and solar path of the locations where the studies took place.

Figure 1 shows the solar path of the three different locations and climates. The solar path depends on the latitude where the building is located.

Saint-Petersburg is located in the northern hemisphere has more seasonal variations. The solar path during winter and summer are slightly different, but the south-facing orientation is the most critical to solar radiation. In comparison with, cities where it is located in the southern hemisphere, the North-facing orientation is the most extremely exposed to solar radiation. For seasonal climate, the exposure of building facades to solar radiation gives some advantages by allowing natural lighting and heat gain, which can reduce the heating and lighting energy used in the building.

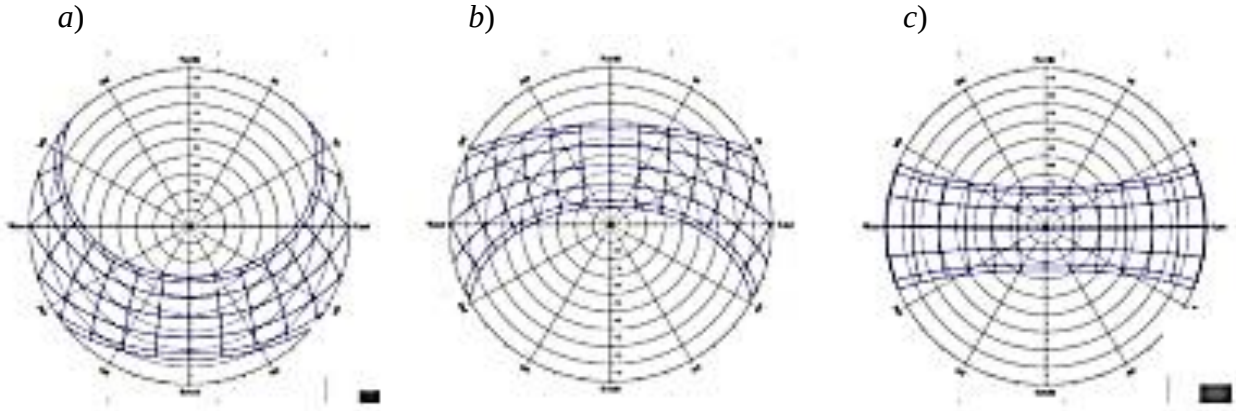


Fig. 1. Solar path in (*a*) temperate; (*b*) sub-tropical; (*c*) tropical

On the other hand, the excess of radiation during summer can be reduced by applying blind or overhangs. East-West facing is the critical orientation for sub-tropical as it is located near the Equator, where the solar path does not change much throughout the year. This similarity can be found in other studies conducted near the equator region such as Malaysia and Indonesia. These researchers suggested that the East-West orientation for buildings near the equator region should be avoided.

Selection and application of the appropriate building shape and its factors at the early stage of the design process will help in improving the building performance.

REFERENCES:

1. Habibi S., Obonyo E.A., & Memari A.M. (2020). Design and development of energy efficient re-roofing solutions. Renewable Energy, 151. https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.11.128
2. Chel A., Kaushik G. (2018). Renewable energy technologies for sustainable development of energy efficient building. Alexandria Engineering Journal, 57(2). https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.02.027
3. Dehghan M., & Pfeiffer, C. (2017). Modelling and control of collecting solar energy for heating houses in Norway. Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 5(3). https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d5.0147
4. Gholami H., Røstvik H. N., & Steemers K. (2021). The contribution of building-integrated photovoltaics (Bipv) to the concept of nearly zero-energy cities in Europe: Potential and challenges ahead. Energies, 14(19). https://doi.org/10.3390/en14196015

УДК 69.003.13

Е.В. Моисеева, Д.В. Немова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ АЭРОГЕЛЯ В ЗДАНИЯХ

В сравнении с традиционными теплоизоляционными материалами теплоизоляция на основе аэрогеля обеспечивает аналогичные изоляционные характеристики при этом толщина в 2,5-3,5 раза меньше [1–3]. Теплоизоляция на основе аэрогеля является инновационным материалом, производится в небольших количествах, поэтому стоимость высокая [4]. Однако использования теплоизоляции на основе аэрогеля в стенах позволяет создать дополнительную полезную площадь.

Цель исследования – разработать уравнение количественной оценки рациональности использования аэрогеля для теплоизоляции на основе анализа экономической эффективности (без учета дисконтирования различных объемов инвестиций, активов и альтернативных издержек). Полученное уравнение можно использовать на начальной стадии проектирования для оценки финансовых затрат на теплоизоляцию на основе аэрогеля. Разработаем уравнение

для оценки стоимости дополнительной площади здания, созданной за счет использования теплоизоляции на основе аэрогеля вместо традиционной теплоизоляции при достижении нормируемого значения теплопередачи [5].

Введем обозначения [6].

1. A_i – площадь утепления на 1 п.м фасада, за вычетом оконных проемов, м^2;
2. h – высота этажа здания, м;
3. f – доля оконных проемов в фасаде, безразмерная величина;
4. δ_1 – расчетная толщина теплоизоляции на основе аэрогеля, м;
5. δ_2 – расчетная толщина традиционной теплоизоляции, м;
6. c_1 – стоимость теплоизоляции на основе аэрогеля, руб./м^3;
7. c_2 – стоимость традиционной теплоизоляции, руб./м^3;
8. $c_п$ – затраты на создание 1м^2 дополнительной полезной площади, руб./м^2;
9. λ_1 – теплопроводность теплоизоляции на основе аэрогеля, Вт/(м·ºС) ;
10. λ_2 – теплопроводность традиционной теплоизоляции, Вт/(м·ºС).

Определим площадь A_i утепления 1 п.м. фасада:

$$A_i = h(1-f)\cdot 1\text{п.м.} \quad (1)$$

В обоих случаях, т. е. при обычной теплоизоляции или теплоизоляции на основе аэрогеля, должно быть достигнуто одинаковое значение сопротивления теплопередачи $R_0^{усл}$, которое рассчитывается следующим образом:

$$R_0^{усл} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_н}. \quad (2)$$

Из этой формулы получаем толщину теплоизоляционного слоя, как

$$\delta = \lambda\left(\frac{R_0^{норм}}{r} - \frac{1}{\alpha_в} - \frac{\delta_{жб}}{\lambda_{жб}} - \frac{1}{\alpha_н}\right). \quad (3)$$

Так как толщина всех неизолирующих слоев принимается одинаковой, а меняется только толщина и тип теплоизоляции, то получается, что толщина зависит только от λ и r, так как r незначительно отличаются, что не учитывается в расчете.

Примем:

$$\delta = \lambda\left(\frac{R_0^{норм}}{r} - \frac{1}{\alpha_в} - \frac{\delta_{жб}}{\lambda_{жб}} - \frac{1}{\alpha_н}\right) = \lambda. \quad (4)$$

Чтобы рассчитать стоимость создания 1 м^2 дополнительной площади, нужно вычесть стоимость утепления 1 м^2 фасада с традиционной изоляцией из стоимости утепления того же фасада с теплоизоляцией на основе аэрогеля и разделить на произведение разницы в толщине между двумя утеплителями и 1 п.м фасада. Стоимость 1 п.м утепления фасада определяется как площадь утепления, умноженная на толщину утеплителя и стоимость 1 м^3 утеплителя.

Следовательно, стоимость создания 1 м^2 дополнительной полезной площади равна:

$$c_п = \frac{A_i\,\sigma_1\,c_1 - A_i\,\sigma_2\,c_2}{(\sigma_2 - \sigma_1)\cdot 1\text{ п.м.}} = \frac{A_i\,(\sigma_1\,c_1 - \sigma_2\,c_2)}{(\sigma_2 - \sigma_1)\cdot 1\text{ п.м.}}. \quad (5)$$

Отметим, что $\lambda_1 < \lambda_2$, значит $\sigma_1 < \sigma_2$, так что знаменатель будет больше 0.

В формуле (5) подставим $A_i = h(1-f)\cdot 1$ п.м. и $\delta = \lambda$:

$$c_п = \frac{h(1-f)(\lambda_1\,c_1 - \lambda_2\,c_2)}{(\lambda_2 - \lambda_1)}. \quad (6)$$

Примем, что стоимость внутренней отделки дополнительной площади незначительна, поэтому данным значением пренебрегаем. Следовательно, что стоимость создания 1 м^2 дополнительной полезной площади определяется всего 6 переменными.

Построим график зависимости стоимости создания 1 м^2 дополнительной полезной площади от стоимости инновационной теплоизоляции (руб./м^3), где четыре параметра будут фиксированными, а два остальных – изменяемыми.

Исходные данные на базе офисного здания: аэрогелевая теплоизоляция – Almalen на основе стеклохолста (λ_1 = 0,014 Вт/(м·ºС); $c_1 = 176\ 119$ руб./м^3); теплоизоляция – ROCKWOOL ВЕНТИ БАТТС ОПТИМА (λ_2 = 0,038 Вт/(м·ºС); $c_2 = 2\ 784$ руб/м^3); теплоизоляция – Экструзионный пенополистирол ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF (λ_3 = 0,034 Вт/(м·ºС); $c_3 = 9\ 178$ руб./м^3); h = 3,3 м; f = 0,26.

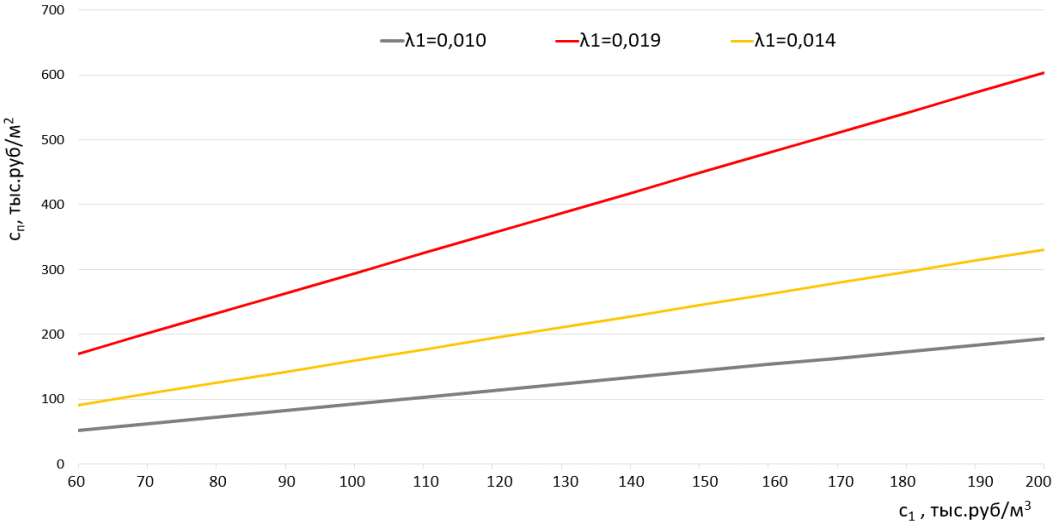


Рис. 1

На рис. 1 видно, что если цена на аэрогелевую теплоизоляцию станет равной 70 000–80 000 руб./м^3, тогда стоимость дополнительного 1 м^2 будет стоить 61 593–232 046 руб. (в настоящее время стоимость 176 119 руб./м^3). В этом случае для многих городов России использование теплоизоляции на основе аэрогеля будет выгодно: так в Якутске 1 м^2 стоит в среднем 129 607 руб., а в Санкт-Петербурге – 295 217 руб. Кроме того, чем меньше теплопроводность аэрогелевой теплоизоляции, тем выгодней ее использование.

Уравнение (6) позволяет рассчитать экономическую эффективность использования аэрогелевой теплоизоляции для строительных проектов на начальной стадии проектирования на основе исходных параметров. Данное уравнение оценивает экономическую эффективность использования теплоизоляции на основе аэрогеля в сравнении с традиционной теплоизоляцией на начальной стадии проекта.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, соглашение 21-79-10283 от 29.07.2021.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Zou F., Budtova T. Polysaccharide-based aerogels for thermal insulation and superinsulation: An overview / Carbohydrate Polymers. 2021. Vol. 266. Pp. 12–15.
2. Бушманова А.В., Виденков Н.В., Доброгорская Л.В., Семенов К.В., Федотов В.В. Инновационные материалы на основе аэрогеля в строительстве / Alfabuild. 2017. № 1 (1). С. 89–98
3. Мартынов П.Н., Асхадуллин Р.Ш., Юдинцев П.А. Аэрогель ALOOH: получение, свойства, применение / Нанотехника. 2006. №1(5). С.35–41.
4. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://xn--b1agyekgek.xn--p1ai/catalog/almalen/. (Дата обращения: 12.01.2023)
5. Иванова Е.С. Эффективность инвестиций в энергосбережение: магистр. дис.: 08.04.01. СПбПУ Петра Великого, СПб, 2016.
6. Солдатенко Л.В. Введение в математическое моделирование строительно-технологических задач. Учеб.-метод. пособие. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009.

СЕКЦИЯ «ГИДРАВЛИКА»

УДК 621.644, 621.22-225

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

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗАСОРЕННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Длительная эксплуатация трубопроводов неизбежно приводит к изменению состояния их внутренней поверхности независимо от назначения инженерных систем (системы водоснабжения и отопления, системы канализации, нефтегазоносные системы, элементы гидротехнических сооружений и др.).

Процесс изменения внутренней поверхности трубопроводов является сложным и многофакторным, поскольку существует множество причин, вызывающих эти изменения. При этом один негативный фактор может являться усиливающим для другого, а выявление границ и степени влияния каждого из факторов затруднительно.

Одной из причин снижения пропускной способности трубопроводов в ходе их эксплуатации является такой комплексный вид изменения их внутренней поверхности, как засорение, включающий в себя обрастание стенок трубопровода отложениями, осаждение и непредсказуемые перемещения разнородных взвешенных частиц, в том числе продуктов коррозии, если речь идет о металлических трубах.

Известны многочисленные исследования, подтверждающие изменение пропускной способности трубопроводов с течением времени и описывающих негативные последствия образования отложений на стенках трубопроводов [1–4]. Однако анализ работ, посвященных влиянию засорения на гидравлические характеристики трубопроводов, показал различие в подходах и критериях оценки, что делает проблематичным сравнение результатов исследований, полученных разными авторами. Имеющиеся работы отличаются по направлению исследования, т.е. ракурса, с которого текущая проблема рассматривается; по применяемым методам исследования; по назначению объектов, для которых полученные выводы могут быть справедливы и по некоторым другим категориям исследований. Таким образом, в существующей литературе отсутствует однозначный и всеобъемлющий ответ на вопрос о влиянии засорения на гидравлические параметры трубопроводов в виде удобных для применения на практике зависимостей с использованием сравнительно легко определяемых критериев. Данный факт непосредственно связан с проблемой возможного прогнозирования изменения гидравлических характеристик бывшего в эксплуатации трубопровода.

Цель работы – систематизация и расширение исследований в области засорения трубопроводов различного назначения.

Задачи работы – анализ имеющихся результатов исследований в области изношенных трубопроводов; экспериментальное определение гидравлических характеристик потока в искусственно засоренном трубопроводе; выбор универсальных критериев для оценки снижения пропускной способности трубопроводов.

На рис. 1 представлены и обобщены сведения по направлениям и задачам изучения бывших в эксплуатации трубопроводов. Данные установлены из анализа работ отечественных и зарубежных авторов, проводивших многолетние исследования в рассматриваемой области.

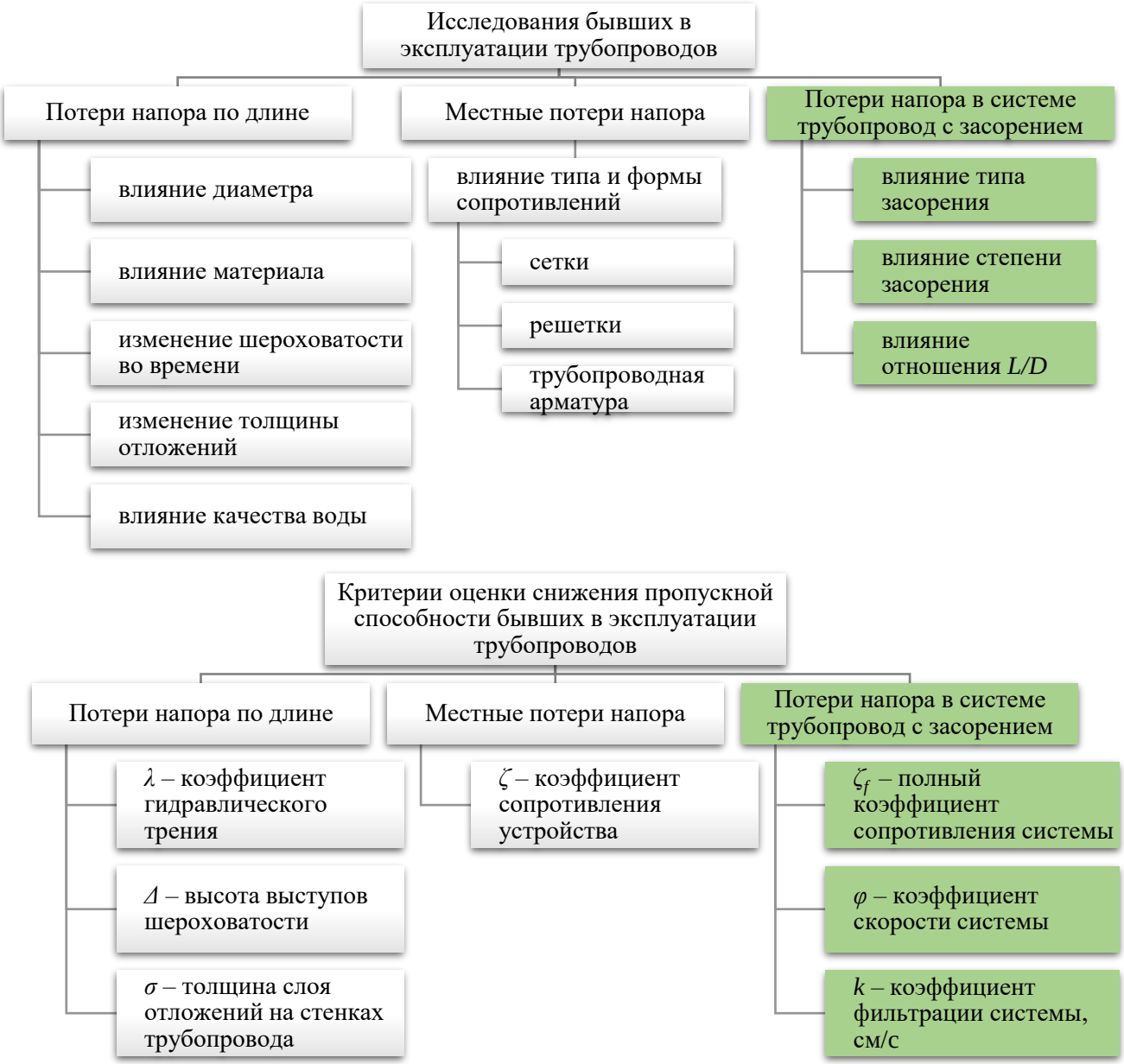


Рис. 1. Направления исследований и критерии оценки бывших в эксплуатации трубопроводов

Результаты, полученные авторами работы, выделены на схеме цветом, что позволяет выявить вклад в развитие критериев оценки снижения пропускной способности бывших в эксплуатации трубопроводов. Экспериментально исследовались трубопроводы, искусственно засоренные керамзитом и песком в разных долях от объема воды в трубе без засорения [5]. Кроме традиционных критериев, определяющих изменение гидравлических параметров напорного потока в трубопроводе (коэффициенты скорости, коэффициенты сопротивления, числа Рейнольдса), вводились коэффициенты фильтрации и проницаемости. Таким образом, осуществлялся переход к фильтрационным характеристикам, и движение жидкости в трубе с засорением рассматривалось как движение фильтрационного потока в пористой среде [6,7]. В ходе исследований также были сделаны попытки связать степень засорения трубопровода со временем его эксплуатации.

Для иллюстрации результатов на рис. 2 в качестве примера представлены графики зависимости относительных коэффициентов скорости $\varphi/\varphi_0 = f(n)$ и фильтрации $k/k_0 = f(n)$ от степени засорения трубопровода.

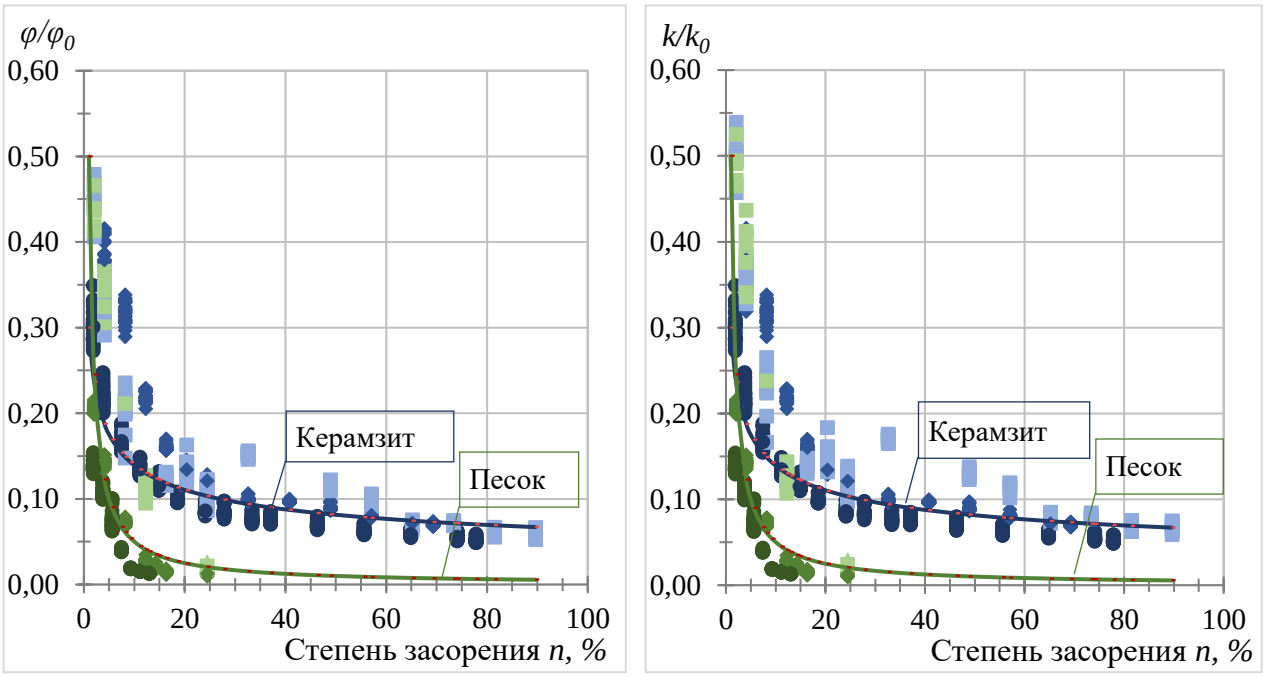


Рис. 2. Графики зависимости $\varphi/\varphi_0 = f(n)$ и $k/k_0 = f(n)$

Выводы:

Процесс снижения пропускной способности длительно эксплуатируемых трубопроводов разного назначения является сложным и многофакторным и не поддается описанию каким-либо одним универсальным критерием.

Идентичность графиков рис. 2 показывает допустимость расчета засоренных трубопроводов, как с помощью традиционных критериев, так и на основе законов теории фильтрации.

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. Продоус О.А., Шлычков Д.И., Якубчик П.П., Пархоменко С.В. Влияние толщины слоя внутренних отложений в трубопроводах систем водоснабжения и водоотведения на продолжительность периода их остаточной эксплуатации // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. Вып. 6. С. 738–746. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.6.738-746
4. Камерштейн А.Г. Мероприятия по сохранению пропускной способности водопроводных труб. М.: Стройиздат, 1950. 140 с.
5. Локтионова Е.А., Мифтахова Д.Р. Пропускная способность засоренных напорных трубопроводов // Инженерные исследования. 2022. №4 (9). С. 10–16. EDN: UEPVVP
6. 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.
7. 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.

УДК 693.98

Е.С. Бабурина, Т.А. Коряковцева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЫБОР ДОБАВКИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ БЕТОНА

Введение. Современные стеновые ограждающие конструкции уже не похожи на те, которые активно использовались в массовом жилищном строительстве с 1960-х годов. На данный момент большинство новостроек имеют монолитно-каркасную конструкцию, наружные стеновые конструкции представляют собой ненесущие многослойные стены, но они не всегда могут обеспечить комфортный микроклимат помещения.

Актуальность. При проектировании ограждающих конструкций для защиты помещений от атмосферных воздействий и поддержания необходимого микроклимата внутри здания должна быть обеспечена теплозащита здания. Поэтому сейчас рассматривают использование специальных добавок для создания теплоизоляционного бетона.

Метод исследования. Провести теплотехнический расчет однослойной стеновой конструкции из бетона, в составе которого будут использованы различные добавки, сравнить и проанализировать полученные теплотехнические свойства.

Цель и задачи работы. Подбор однослойного стенового ограждения, состоящего из теплоизоляционного бетона, имеющего повышенные теплотехнические характеристики. Необходимо рассмотреть различные добавки для бетонной смеси, рассчитать термическое сопротивление бетона толщиной 300 мм, рассчитать количество тепла, проходящего через стенку. Проанализировать полученные результаты, выбрать добавку.

Основная часть. Для повышения энергоэффективности здания начинают использовать стеновые панели с фазопереходным теплоаккумулирующим материалом. Принцип работы данной панели заключается в проникновении солнечной энергии через прозрачное покрытие, попадая на стенку из теплоаккумулирующего материала. Данная конструкция является эффективной мерой энергосбережения, ведь стеновая панель обеспечивает теплом помещения [1]. Но на практике, к сожалению, данные энергосберегающие мероприятия в строительстве и эксплуатации здания рассматриваются крайне редко, так как это экономически невыгодно [2]. Поэтому для уменьшения энергозатрат на отопление чаще используют теплоизоляционные бетоны, которые намного дешевле в изготовлении.

В первую очередь, необходимо рассчитать величину требуемого сопротивления теплопередаче для г. Санкт-Петербург согласно принятому нормативному документу СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»:

$$R_0^{\text{тр}} = a \cdot \text{ГСОП} + b = 0{,}00035 \cdot 4473{,}2 + 1{,}4 = 2{,}97\ (\text{м}^2 \cdot °\text{C})/\text{Вт}.$$

Теплоизоляционный бетон – это бетон, предназначенный для изготовления теплоизоляционных изделий, устройства теплоизоляции чердаков, кровель, теплоизоляции стен, строительных конструкций. Высокие теплотехнические характеристики бетона достигаются за счет малой плотности и высокой пористости бетонной смеси [3].

Для сравнения, термическое сопротивление бетона без добавок с плотностью 2400 кг/м^3, коэффициентом теплопроводности 1,2 Вт/(м·°С) рассчитывается по формуле (1):

$$R = \frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{ext}} = \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}3}{1{,}2} + \frac{1}{23} = 0{,}41\ (\text{м}^2 \cdot °\text{C})/\text{Вт} \geq R_0^{\text{тр}} = 2{,}97\ (\text{м}^2 \cdot °\text{C})/\text{Вт}. \quad (1)$$

Количество тепла, теряемое зданием через ограждающую конструкцию с термическим сопротивлением R, площадью S = 1 м^2, с температурным перепадом Δt (температура помещения + 20°С, температура снаружи – 24°С), в течение отопительного периода T (211 дней) для г. Санкт-Петербург рассчитывается по формуле (2):

$$Q = \frac{S\Delta tT}{R} = \frac{1 \cdot (20 - (-24) \cdot (211 \cdot 24)}{0{,}41} = 543{,}45 \text{ кВт} \cdot \text{ч}. \quad (2)$$

На данный момент существует множество различных органических добавок. Использование невостребованных опилок улучшает пожарную безопасность и экологическую обстановку. Опилкобетон – это уникальный теплоизоляционный материал, сочетающий в себе лучшие свойства камня и дерева. В ходе эксперимента плотность составила 449,6–582,8 кг/м^3 (результат зависел от количества опилок в составе бетона), коэффициент теплопроводности – 0,07–0,09 Вт/(м·°С) [4].

Термическое сопротивление опилкобетона: $R = 3{,}49$ (м$^2 \cdot$ °С)/Вт. Данная конструкция обеспечивает нормируемое сопротивление теплопередаче. Количество тепла для каждого вида бетона представлено в таблице 1.

Пемзобетон – легкий бетон, заполнителем в котором служит пемза (природная, шлаковая). Бетон становится пористым за счет добавления специальных заполнителей, например фракций обыкновенной пемзы. Объемная масса пемзобетона 500–1800 кг/м^3, коэффициент теплопроводности 0,15–0,7 Вт/(м·°С) [5]. Кроме данного заполнителя в состав бетона входят вода и портландцемент – их правильное соотношение влияет на удержание фракций пемзы между собой. Такой состав обладает хорошими теплоизоляционными свойствами из-за легкой, но прочной пористой горной породы. Строительство с применением пемзобетонной смеси необходимо производить только в теплый период года.

Термическое сопротивление пемзобетона: $R = 2{,}16$ (м$^2 \cdot$ °С)/Вт . Данная конструкция не обеспечивает нормируемое сопротивление теплопередаче.

Рассмотрим ещё один материал с пористой структурой – пеностекло. Пеностекло представляет собой застывший прочный вспененный материал, изобретен в первой половине 20-го века [6]. Данный материал экологически безопасен, поэтому его можно использовать в качестве заполнителя для бетона. Пеностекольный щебень – это инновационный сыпучий материал, представляющий собой вспененную стекломассу [6]. Легкий бетон с применением гранулированного пеностекла имеет плотность 400–800 кг/м^3, коэффициент теплопроводности в сухом состоянии – 0,09–0,15 Вт/(м·°С) [7].

Термическое сопротивление бетона с пеностекольным щебнем: $R = 3{,}49$ (м$^2 \cdot$ °С)/ Вт.Данная конструкция обеспечивает нормируемое сопротивление теплопередаче.

Применение отработанных угольных фильтров [8] в бетонной смеси позволяет утилизировать отходы (отработанные угольные фильтры); использование данных отходов в качестве вторичного сырья снижают количество вредных выбросов, уменьшают вес конструкции, а также улучшают теплоизоляционные свойства бетона. Коэффициент теплопроводности данного бетона равен 1,318 Вт/(м·°С) [9].

Термическое сопротивление бетона с углем: $R = 0{,}39$ (м$^2 \cdot$ °С)/Вт. Данная конструкция не обеспечивает нормируемое сопротивление теплопередаче.

Изображения каждого вида бетона показаны на рисунке 1.

а) *б*) *в*) *г*)

Рис. 1. Виды бетона с добавками:
а – опилкобетон; *б* – пемзобетон; *в* – бетон с пеностекольным щебнем; *г* – бетон с углем

Таблица 4 – Основные характеристики конструкционно-теплоизоляционных бетонов

Материал	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·°С	Термическое сопротивление, $м^2$·°С/Вт	Потери тепла, кВт·ч
Бетон без добавок	1,2	0,41	543,45
Опилкобетон	0,07-0,09	3,49	63,84
Пемзобетон	0,15-0,7	2,16	103,16
Бетон с пеностекольным щебнем	0,09-0,15	3,49	63,84
Бетон с углем	1,318	0,39	571,32

Выводы. Пемзобетон и бетон с добавкой из угля не достигают нормируемого значения термического сопротивления: данные стеновые ограждения можно использовать в многослойной конструкции в составе с тонким слоем утеплителя. Меньше всего потерь тепла наблюдается у опилкобетона и бетона с пеностекольным щебнем, данные материалы обеспечивают нормируемое сопротивление теплопередаче. Добавки из опилок и пеностекольного щебня являются самыми эффективными из рассмотренных образцов. Теплофизические свойства рассмотренных стеновых панелей могут отличаться от приведенных: это зависит от правильного соотношения цемента/заполнителя/воды/песка. Использование природных ресурсов или отходов производства в качестве заполнителей бетона способствует улучшению экологии – это один из оптимальных вариантов утепления здания. Расширение сырьевой базы способствует развитию строительной отрасли и удешевлению производства стеновых ограждений.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, соглашение 21-79-10283 от 29.07.2021 https://rscf.ru/project/21-79-10283/

ЛИТЕРАТУРА:

1. Зубарев К.П., Зобнина Ю.С. Анализ применения фазопереходных материалов для повышения энергосбережения зданий // Перспективы науки. 2022. №10 (157). С. 91–95
2. Гамаюнова О.С. Выбор оптимального варианта утепления жилых домов в различных климатических зонах. Строительство и техногенная безопасность. 2019. №16 (68). С. 89–97
3. ГОСТ 25820-2014/ Бетоны легкие. Технические условия.
4. Белых С.А., Плотников Н.П., Плотникова Г.П. Оптимизация состава теплоизоляционного бетона из вторичных ресурсов региона // Труды БрГУ. Серия: Естественные и инженерные науки. 2019. Том 2. С. 133–137.
5. Пемзобетон. Энциклопедия Руниверсалисс. [Электронный ресурс]. URL: https://руни.рф/index.php/Пемзобетон (дата обращения 03.03.23).
6. Стрельцов С.В., Погасай Н.Я. Левин Р.Н. Особенности применения пеностекольного щебня при строительстве зданий и сооружений // Современные прикладные исследования. Материалы пятой национальной научно-практической конференции. 2021. Том 1. С. 103–107.
7. Попов М.Ю. Легкий бетон на основе гранулированного пеностекла. Автореферат. 2015. 20 с.
8. Агрест М.М., Гомолицкий В.Н., Лавров В.В., Рейфман Л.С., Чечевичкин В.Н., Павленко И.В., Юркевич А.А., Медведев С.Л., Картель Н.Т., Стрелко В.В., Литвинская В.В., Бенедиктов А.П. Сорбционный фильтр // Авторское свидетельство SU 1567243 A1, 30.05.1990. Заявка № 4236488 от 27.04.1987.
9. Коряковцева Т.А., Заборова Д.Д., Гамаюнова О.С. Использование растительных и угольных отходов в качестве вторичного сырья в бетонных композитах // Строительство и техногенная безопасность. 2022. №27 (79). С. 27–37.

УДК 626-315.3

А. Тахерифард, В.В. Елистратов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭРОЗИИ В ТРУБОПРОВОДЕ ПРИ МНОГОФАЗНОМ ПОТОКЕ

В процессе добычи газа в газовых скважинах и транспортирующих трубопроводах часто возникают проблемы с эрозией из-за присутствия песка в добываемом продукте. В результате трубопровод может быть разрушен, что может привести к финансовым потерям и экологическим проблемам [1]. В многофазных газожидкостных потоках могут наблюдаться различные варианты развития потока, и это поведение может меняться по мере изменения многофазной состояния [2]. Поскольку поведение потока меняется, скорость и характер эрозии также изменяются. Для изучения эрозии в многофазном потоке используются различные методы исследования – экспериментальные, аналитические и численные [3]. Прогнозирование эрозии в многофазном потоке осложняется характером течения, соотношением скоростей между фазами потока, плотностью и вязкостью жидкой и газообразной фаз, формой твердых частиц, материалом и геометрией трубопровода и, кроме того, оно зависит от режимов течения.

Для более точного моделирования эрозии в многофазном потоке необходимо учитывать взаимодействия между частицами [4].

В исследовании использовано методы вычислительной гидродинамики в форме CFD анализа. CFD – это раздел инженерии и прикладной математики, который занимается численным моделированием течения жидкости и явлений теплопередачи, который можно использовать для прогнозирования поведения жидкостей в широком диапазоне инженерных применений [5]. С использованием метода CFD можно достичь хороших результатов в прогнозировании эрозии в многофазных потоках, с учетом фазовых взаимодействий и других физических параметров.

Целью работы является изучение механизмов взаимодействия между частицами песка, газа и жидкости со стенкой трубы для исследования эрозии в жестком трубопроводе на основе разработанной CFD модели движения турбулентного трехфазного потока, реализованной в программе Ansys 20.1.

На рисунке 1 показана форма расчетной трубы с двумя коленами. Поток жидкости идет вертикально вверх и поворачивает к горизонтальному направлению, а потом – вертикально вниз. Вертикальная и горизонтальная части трубы составляют по 1 м. Диаметр трубы во всех трех вариантах и радиус закругления составляют 200 мм, и 1,5 м, соответственно. Трубы были смоделированы в виде вертикальных и горизонтальных участков [6].

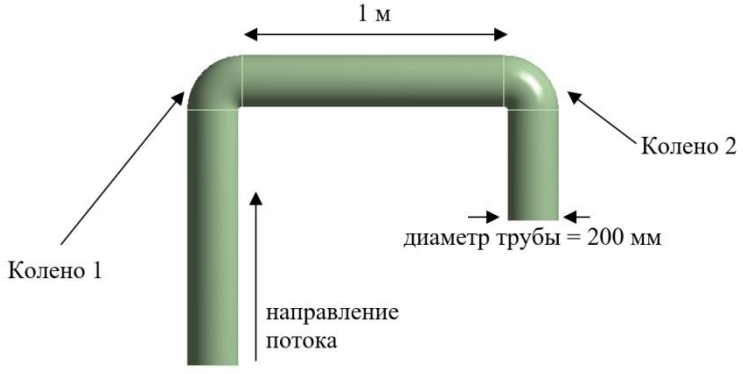


Рис. 1. Геометрическая модель трубопровода

Газ вводился в трубу из центра, а вода подавалась по периметру, твердые частицы впрыскивались по всей входной поверхности. Граничное условие на выходе было задано как давление на выходе, а давление на выходе было установлено равным нулю. Гравитационное воздействие на поток было учтено с помощью определения ускорения равным 9,81 м/с^2, обусловленного силой тяжести. Расчетная сетка в трубопроводе состоит из шестиугольных элементов, и количество ячеек составило 318728. Скорость жидкости $V_ж$ поддерживалась на уровне 0,3 м/с, а скорость газа $V_г$ составляла 0,8 м/с, 10,3 м/с и 20,3 м/с. Диаметр сферического песка принят равным 300 мкм, расход песка 0,0256 кг/с, скорость песка составляла 0,0022 м/с^3 при плотности песка 2650 кг/м^3 [7]. Проведены исследования по определению объемного содержания газа и воды за 10 с моделирования. На рисунке 2 показана структура течения и распределение содержания газа в расчетном поперечном сечении (красный цвет) и распределение воды (синий цвет) в предположении, что песок не влияет на структуру течения.

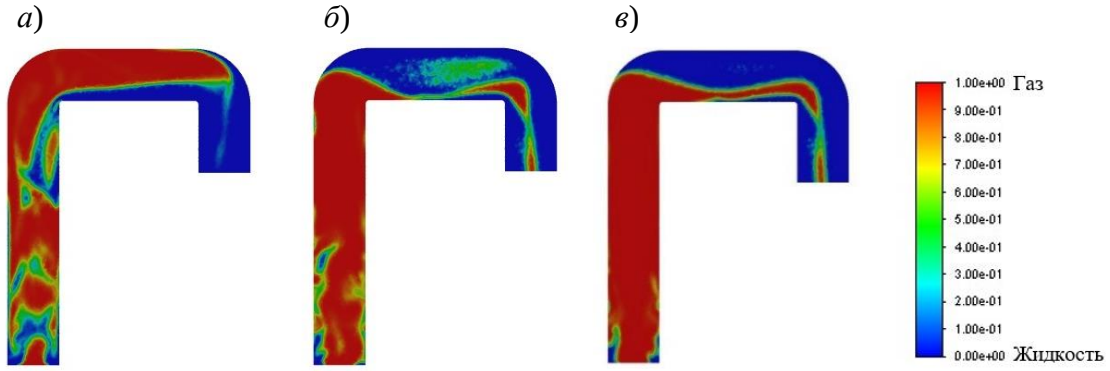


Рис. 2. Объёмное содержание водогазовой смеси при скорости газа:
а – 0,8 м/с; *б* – 10,3 м/с; *в* – 20 м/с

Можно наблюдать, что при скорости газа 0,8 м/с большая часть жидкой фазы (синее пятно) занимает нижнюю часть трубы, в то время как газовая фаза (красное пятно) остается в верхней части жидкости. Это эффект силы тяжести, действующей на жидкости, жидкость с более высокой плотностью будет течь на дно жидкости с меньшей плотностью. Жидкий осадок в нижней части трубы проходит через газовую фазу на разных участках, образуя газовые карманы, известные как пузырьки Тейлора точно так же, как в вертикальном участке перед коленом 1, хотя это более крупные газовые пузырьки, что указывает на то, что эта особенность характерна для типичных потоков пробки. При скорости газа 10,3 м/с очевидно, что объем содержания газа в многофазном потоке обладает различными характеристиками. Перед первым коленом поток выглядит как вспененный поток, который впоследствии переходит в кольцевой поток, характеризующийся огромными волнами. Однако после первого колена на горизонтальной части трубопровода газ занимает нижнюю часть трубы с массивной волной посередине, что свидетельствует о вспененном потоке на этом участке. Впоследствии, после второго колена, наблюдается вспененный поток.

При скорости газа 20 м/с поведение содержания газа заметно отличается. Перед первым коленом поток имеет кольцевую форму, тогда как после первого колена на горизонтальном участке наблюдается вспененный поток, характеризующийся огромными хвостами. Такое поведение продолжается после второго колена, где наблюдается другой вспененный поток.

Природа эрозии ведет себя по-разному при разных скоростях газа, и это поведение связано с различными типами потоков. На рисунке 3 показаны максимальные скорости эрозии в мм/год для всех изученных моделей с диаметром трубы 200 мм. На рисунке показано, что максимальная эрозия в колене 2 при скорости газа 0,8 м/с ниже, чем в других случаях, со значением 0,23 мм/год, в то время как эрозия в первом колене составляет 1,2 мм/год. Однако для

трубопровода с многофазным потоком при скорости газа 10,3 м/с скорость эрозии на колене 1 составляет 3,38 мм/год, а на колене 2,00 – 2,22 мм/год. Более того, скорость эрозии на трубе при скорости газа 20 м/с демонстрирует большую эрозию, при этом колено 1 испытывает эрозию 7,04 мм/год, а колено 2 испытывает эрозию 6,51 мм/год.

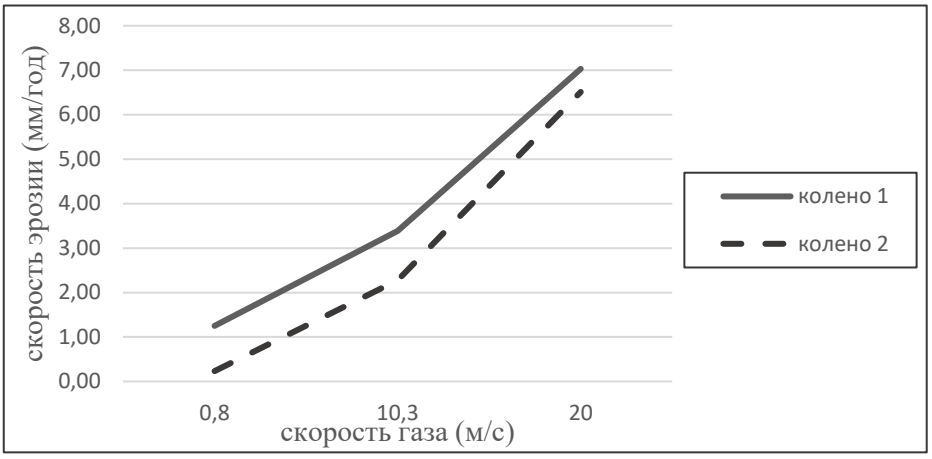


Рис. 3. Скорость эрозии в трубе

После анализа результатов этого исследования было сделано несколько важных выводов:

1. Было замечено, что эрозия происходит на входе в колено 2 в трубопроводе со скоростью газа 0,8 м/с. Этот вывод подчеркивает уязвимость этой конкретной области к эрозии и необходимость принятия мер по смягчению этого воздействия.
2. Исследование показало, что эрозия в первом колене более выражена, чем во втором колене при разных скоростях газа. Это открытие говорит о том, что конструкция первого колена нуждается в улучшении, чтобы уменьшить воздействие эрозии.
3. Результаты подчеркивают важность учета расхода жидкости и толщины пленки жидкости при прогнозировании эрозии в колене 1. Увеличение потока жидкости приведет к увеличению толщины пленки жидкости вокруг колена и, следовательно, соответствующему снижению скорости эрозии.
4. Результаты исследования дают ценную информацию о факторах, способствующих эрозии в трубопроводных системах, и могут послужить основой для разработки конструктивных решений по снижению ее последствий.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Parsi M., Kara M., Agrawal M., Kesana N., Jatale A., Sharma P., Shirazi S. CFD simulation of sand particle erosion under multiphase flow conditions. Wear. 2017. 376. Pp. 1176–1184.
2. Shoham O. Mechanistic modeling of gas-liquid two-phase flow in pipes. 2006.
3. Karami H., Torres C.F., Parsi M., Pereyra E., Sarica C. CFD simulations of low liquid loading multiphase flow in horizontal pipelines. Fluids Engineering Division Summer Meeting. 2014. 46261. Pp. V002T06A011.
4. Kang R., Liu H. A probability model of predicting the sand erosion in elbows for annular flow. Wear. 2019. 422. Pp. 167–179.
5. Ogunsesan O.A., Hossain M., Iyi D., Dhroubi, M.G. CFD modelling of pipe erosion due to sand transport. Numerical Modelling in Engineering. 2018. Pp. 274–289.
6. Тахерифард А., Елистратов В.В. Численное моделирование эрозии в трубе при многофазном потоке нефти и газа, Известия ВНИИГ. 2023, Vol. 307, с. 13. (в печати)
7. Тахерифард А., Елистратов В.В. Трехмерное моделирование эрозии трубопровода с двойным коленом в многофазной среде метан-вода-песок, журнал НИУ МГСУ, 2023, с. 12. (в печати)

УДК 628.311

М.В. Вернов, Д.Д. Заборова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СНИЖЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ДОЖДЕВОГО СТОКА С ПОМОЩЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЗЕЛЕНЫХ КРЫШ

В настоящее время при проектировании новых и реставрации существующих зданий и сооружений всё активнее внедряется технология зеленых крыш – тип эксплуатируемых кровель, которые частично или полностью покрыты растительностью, посаженной поверх водонепроницаемого слоя. Подобная крыша может располагаться на уровне земли, покрывая подземные сооружения, а также включать дополнительные защитные слои, дренажную и оросительную системы [1]. Использование зеленых крыш в строительстве является одним из способов рациональной организации городского пространства, повышения эксплуатационных характеристик зданий и сооружений, решения экологических проблем [2].

Актуальность рассматриваемой темы обусловлена:

- Изменением климата. В г. Санкт-Петербург расходы воды в периоды интенсивных ливней увеличились примерно на 26%, а ежегодный рост сил дождя составляет примерно 0,19% [3], что приводит к увеличению нагрузки на дождевую канализацию.
- Стремительной урбанизацией. Обилие непроницаемых поверхностей в городах приводит к нарушению водного баланса территорий, из-за чего появляется необходимость в отводе большого количества дождевого стока.

Таким образом, существует необходимость в определении целесообразности применения зеленых крыш для решения проблем перегруженности дождевой канализации.

Цель работы: количественно оценить влияние использования технологии зеленых крыш на снижение количества дождевого стока в условиях города Санкт-Петербург.

Задачи работы:

- Провести экспериментальное моделирование процесса инфильтрации осадков через лабораторную модель зеленой крыши.
- Сделать вывод об эффективности использования технологии зеленых крыш для уменьшения нагрузки на дождевую канализацию в г. Санкт-Петербург.

Рис. 1. Экспериментальная установка

При решении поставленных задач применялся метод лабораторного экспериментального исследования по сбору дождевого стока. Была создана установка (рис. 1), включающая в себя испытательных образец зеленой крыши размером 600×600×150 мм и уклоном 5°, систему орошения и водоотвода, емкость для сбора стока и электронные весы.

Способность зеленых крыш удерживать влагу описывает уравнение водного баланса зеленых крыш [4]:

$$ET = P - RR \pm \Delta SW,$$

где ET – эвапотранспирация – суммарное количество влаги, удаляемой в результате испарения с поверхности почвы и растений, мм; P – осадки, мм; RR – сток, мм; ΔSW – изменение содержания влаги в почве, мм.

Таким образом, чем большее количество влаги будет уходить на эвапотранспирацию и изменение влажности почвы, тем меньше будет объём стока.

Для определения необходимой интенсивности моделируемых осадков были проанализированы данные с метеорологической станции №26063, находящей в г. Санкт-Петербург [5]. Была составлена таблица повторяемости осадков разной интенсивности за период с 2020 по 2022 год и на ее основе построена кривая обеспеченности осадков по их интенсивности за теплый период года для г. Санкт-Петербург (рис. 2). На графике H_i – суммарный слой дождевых осадков за тёплый период года, %; h_{cpi} – величина максимального суточного слоя дождя, мм. Принято решение моделировать осадки интенсивностью 13 мм, что соответствует обеспеченности 0,98.

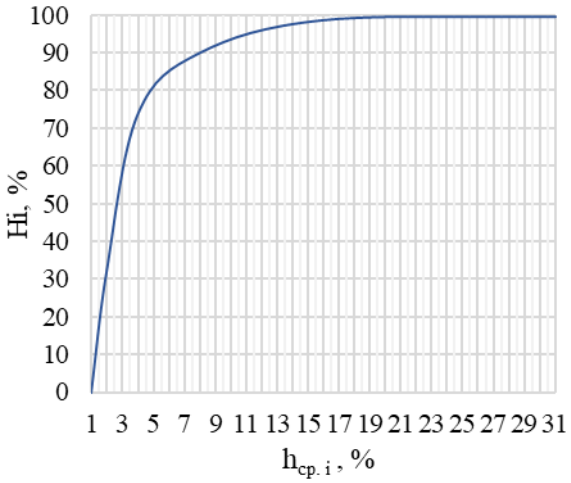


Рис. 2. Обеспеченности осадков по их интенсивности

Проведение эксперимента осуществлялось посредством моделирования 13 мм осадков с помощью оросительной системы на испытательный образец в течение 5 мин. Для образца размером 600×600 мм объём подавляемой жидкости составил 4,68 л, а расход – 0,94 л/мин. Сточная вода попадала в контейнер, который находился на электронных весах. С момента начала поступления воды из сопел запускался секундомер, и данные с весов записывались в журнал. Интервал измерений в первые 12 мин. составлял 30 с, затем, в связи с уменьшением расхода стока, увеличивался до 1 мин., а после 20 мин. увеличивался до 10 мин. Эксперимент проводился 3 раза с промежутком в 7 дней и 3 раза с промежутком в 1 день.

Данное решение продиктовано необходимостью в сравнении результатов для образцов с разным периодом предварительной засухи – одним из ключевых факторов, влияющих на способность зеленых крыш удерживать влагу [6]. В результате была получена зависимость объёма стока от времени (рис. 3) и зависимость расхода стока от времени (рис. 4).

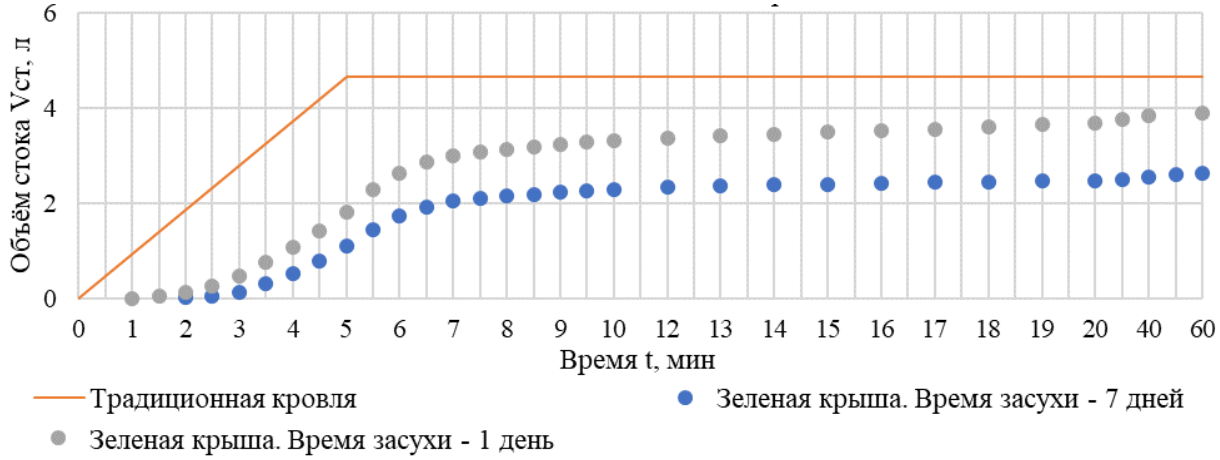


Рис. 3. Зависимость объема стока от времени

Моментальный расход $Q_{сті}$ вычислялся по следующей формуле:

$$Q_{сті} = (V_{сті+1} - V_{сті}) \times (t_{i+1} - t_i),$$

где i – порядковый номер измерения; $V_{сті}$ – объём стока, полученный в измерении i, л; t_i – время, прошедшее от начала подачи воды из оросительной системы до измерения i, мин.

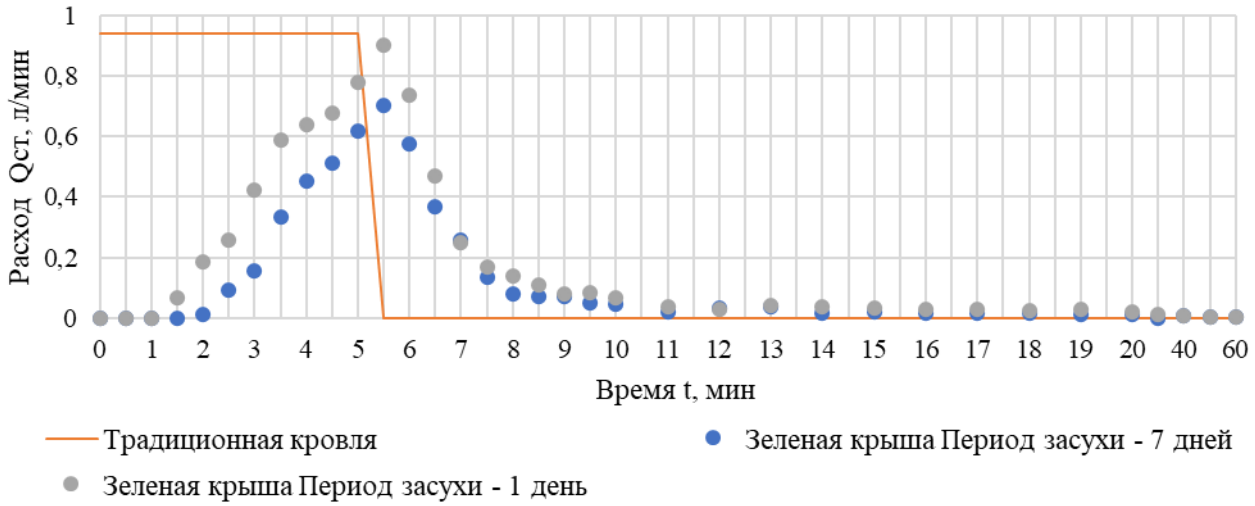


Рис. 4. Зависимость расхода стока от времени

Результаты, полученные для испытательного образца, сравнивались с расчетными данными для идеализированной версии традиционной кровли, количество стока с которой принималось равным количеству осадков.

Как показал эксперимент, зеленая крыша, предварительный этап засухи для которой составлял 7 дней, удержала в среднем 44% от всей поступающей жидкости, в то время как зеленая крыша с предварительным этапом засухи в 1 день удержала 16%. Эти данные сопоставимы с результатами других исследователей, которые определили, что зеленые крыши на 17–61% снижают количество сточных вод [7]. В результате подтверждается тезис о том, что использование технологии зеленых крыш в строительстве снижает нагрузку на дождевую канализацию и может применяться в качестве инструмента по противодействию подтоплений городских территорий во время затяжных ливней в г. Санкт-Петербург.

В это же время, кривая расхода стока для зеленых крыш меньше по модулю и отличается инерционностью, по сравнению с традиционными кровлями, что позволяет говорить об эффективности зеленых крыш и в краткосрочной перспективе, во время особо интенсивных и небольших по продолжительности ливней.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Cascone S. и др. The evapotranspiration process in green roofs: A review // Building and Environment. 2019. Т. 147. С. 337–355.
2. Корнева Е.Р., Сусоев И.С. Зеленая кровля как способ улучшения экологии в мегаполисах // Современные инновации. 2016. №6 (8).
3. Кузнецова Н.В. Гидравлическое моделирование для определения чувствительности систем водоотведения к условиям текущего изменения климата. Отчет по этапу № 3 по теме «Разработка рекомендаций по адаптации систем водоотведения Санкт-Петербурга к условиям изменяющегося климата и уровню благоустройства городской среды» 2020. С.87.
4. Hilten R.N., Lawrence T., Tollner E. Modeling stormwater runoff from green roofs with HYDRUS-1D // Journal of Hydrology. 2008. С. 288–295.
5. Архив погоды в Санкт-Петербурге. URL: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Санкт-Петербурге (дата обращения: 15.06.2022).
6. Shu-xiao Li, Huapeng Qin, Yue-nuan Peng, Soon Thiam K. Modelling the combined effects of runoff reduction and increase in evapotranspiration for green roofs with a storage layer // Ecological Engineering. 2019. С. 302-311.
7. Talebi A., Bagg S., Sleep B.E., O'Carroll D.M. Stormwater reduction by green roof technology: a comparison of Canadian climates.

УДК 620.91

П.К. Туровец[1], К.П. Зубарев[1,2,3]
[1]ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва
[2]ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук», г. Москва
[3]ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Цель работы: проведение сравнения возобновляемых источников энергии и установок на их основе.

Рассмотрена работа Б.В. Лукутина о принципах работы ветряных генераторов с описанием распределения Вейбула, геотермальных источников и солнечных станций. Представлен анализ исследования Т.Д. Комарова о волновых генераторах на базе гидропривода. Изучено применение комбинированной гелиосистемы теплоснабжения по данным Д.Р. Абсалямова, Р.Р. Хальметова и Д.В. Шаповалова.

Использование возобновляемых источников энергии – актуальная на сегодняшний день тема для изучения. Проблема энергодефицита, роста цен на рынке электроэнергии и ухудшения экологической ситуация вследствие загрязнения окружающей среды является одним из ключевых вопросов, в связи с этим актуально и экономически выгодно развитие автономных энергосистем возобновляемых источников энергии для областей как рассредоточенного, так и для централизованного энергоснабжения, что обуславливается увеличением стоимости на рынке электроэнергии, природоохранным и климатическим условием развития ВИЭ [1–2].

1. Ветровые генераторы

Ветер характеризуется быстротой, и представляет собой произвольный поток воздуха из областей с высоким давлением в зоны с низким. Чтобы провести анализ движения ветра на определенной территории используются большие измерения, произведенные за длительный промежуток времени: от суток до нескольких лет. Максимально точно хронологию чередующегося распространения воздушного потока описывает функция Вейбулла, представленная следующими формулами [3]:

Рис. 1

$$F(V) = e^{-\left(\frac{V}{c}\right)^k}; \quad (1)$$

$$f(V) = \frac{k}{c}\left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k}, \quad (2)$$

где коэффициент c, имеющий размерность скорости, характеризует масштаб изменения функции распределения по оси скоростей, а коэффициент k характеризует крутизну распределения [3].

2. Геотермальные источники

Согласно исследованиям Б.В. Лукутина, превращение энергии высокопотенциальных геотермальных вод в электрическую, не отличается от получаемой из углеводородного топлива. Механизм Сегнерова колеса основан на повышении давления

горячей жидкости в напорной части. Скорость движения воды увеличивается с приближением к узкой его части сопла Лаваля. Данное устройство является технически простым в использовании, имеет относительно высокую производительность и модернизированную систему изменения мощности турбины, а также менее подвержено эрозии. Схема гидропаровой турбины Сегнерова колеса представлена на рисунке 2 [3].

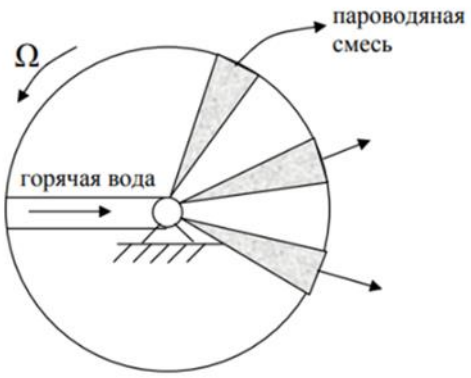


Рис. 2

3. Солнечные электростанции

Когда на фотоэлектростанцию падает свет, запускается процесс выработки энергии. Постоянный ток из панелей преобразуется в переменный за счет изменения величины напряжения контроллером. В случае отсутствия освещения батарея заряжается от аккумулятора. Защита системы от избыточного заряда и разряжения в темное время суток достигается за счет включенных диодов в цепи накопителя и самих панелей соответственно [3].

4. Волновой генератор на базе гидропривода

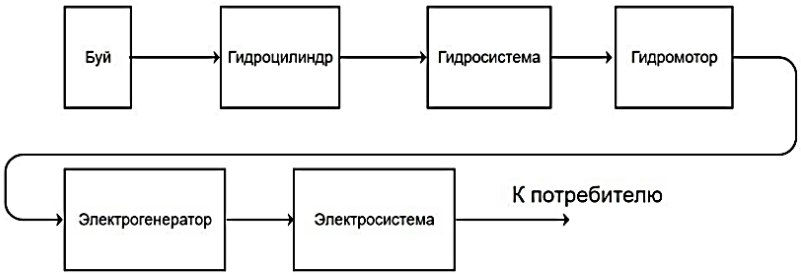


Рис. 3

Проанализировав процесс работы устройства, автор заключает, что понижение мощности волны приводит к нелинейному уменьшению мощности и на валу выхода гидравлической системы. Таким образом, разработанная установка обеспечивает потребителей электроэнергией, полученной на основе морских волн. Последующие разработки по модернизации системы следует направить на популяризацию её применения и роста эффективности генерируемой энергии [4].

5. Комбинированная гелиосистема.

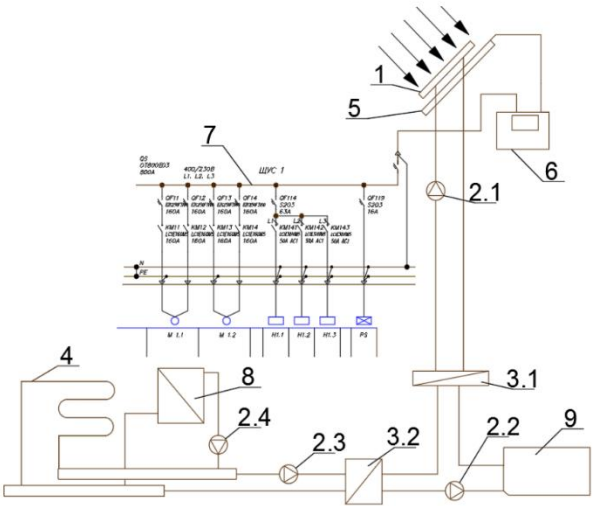


Рис. 4

Благодаря накопленному в наши дни в России и за рубежом теоретико-практическому опыту можно повысить эффективность отопления помещений с помощью автоматизации системы регулирования и комплексного использования гелиосистем теплоснабжения (ГСТС) с накопителями и коллекторами солнечной энергии. Пример подобной структурной схемы солнечно-топливной котельной представлен на рисунке 4. Благодаря комплексному использованию коллекторных полей теплоприемников, рассмотренная система позволяет управлять распределением тепла, оказывая влияние на величину потерь в контуре и впоследствии на саму эффективность солнечных коллекторов [5].

В ходе проведенного исследования были систематизированы наблюдаемые и прогнозируемые макроэкономические эффекты и тенденции модернизации энергообеспечения для технологически изолированных территорий страны. В результате проведенного анализа были предложены конкретные решения, что является вкладом в формирование осознания необходимости замещения органического топлива и высокомаржинальных генераторов традиционной энергетики, использованием солнечных станций, ветрогенераторов и электростанций, работающих на основе энергии морских волн, течений, приливов и океана, в сравнении с дорогостоящим дизельным топливом. следствием чего станет улучшение торгового баланса, сокращение средних цен на оптовом рынке и выбросов парниковых газов и CO_2.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Musorina T., Gamayunova O., Petrichenko M., Soloveva E. Boundary Layer of the Wall Temperature Field // Advances in Intelligent Systems and Computing, 2020, 1116 AISC, pp. 429-437.
2. Zaborova D.D., Kozinec G.L., Musorina T.A., Petrichenko M.R. Mathematical Model for Unsteady Flow Filtration in Homogeneous Closing Dikes // Power Technology and Engineering, 2020, 54(3), pp. 358–364.
3. Лукутин Б.В. Возобновляемые источники электроэнергии: учебное пособие //Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008, 187 с.
4. Комаров Т.Д., Свербилов В.Я. Волновой генератор энергии на базе гидропривода. // М.: ООО «Издательство «Мир науки», 2020, 264 с.
5. Абсалямов Д.Р., Хальметов Р.Р., Шаповалов Д.В. Совершенствование схемных решений гелиосистем, применяемых в составе энергокомплекса специальных технических систем объектов наземной космической инфраструктуры // Труды военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, 2020,сс. 145-151.

УДК 692.232.2

Ю.С. Зобнина[1], К.П. Зубарев[1,2,3]
[1]ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва
[2]ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук», г. Москва
[3]ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕШЕНИЙ ЗДАНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ СТРАНАХ МИРА

Цель работы – изучение и анализ энергосберегающих конструкций в сфере строительства.

Актуальность работы обусловлена отсутствием универсальных энергосберегающих конструкций и разнообразием климатических условий районов строительства, что требует особого подхода к выбору методов снижения тепловых потерь здания.

Для достижения цели были изучены различные научные материалы по усовершенствованию и внедрению строительных конструкций для удовлетворения задач энергосбережения [1–5].

Стена Тромба-Мишеля (рис. 1) является классическим примером энергосберегающей конструкции. Она представляет собой массивную стену, окрашенную в темный цвет, на расстоянии от которой располагается стеклянная перегородка. Сверху и снизу располагаются воздушные клапаны, которые обеспечивают вентиляцию конструкции.

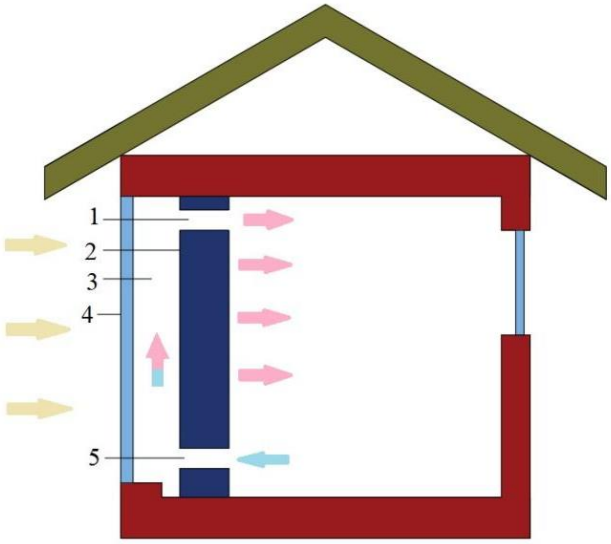


Рис. 1. Стена Тромба-Мишеля: 1 – верхний воздушный клапан; 2 – массивная стена; 3 – воздушная прослойка; 4 – стеклянная перегородка; 5 – нижний воздушный клапан

Солнечные лучи проникают через остекленную перегородку, нагревают темную стену, выделяется тепловой поток, который распространяется через верхний воздушный клапан в помещение.

Данная конструкция требует усовершенствования для использования ее в районах с различным климатом.

Бабаев Б.Д. в своей работе рассмотрел возможность использования материалов с фазовым переходом в стене Тромба-Мишеля. Принцип работы такого материала основывается на его способности менять агрегатное состояние, выделяя тепло, при этом, не разрушая строительную конструкцию. В качестве такого материала использовался парафин. Автор провел ряд расчетов, которые позволили сделать вывод об эффективности использования фазопереходных материалов в качестве теплоносителя и защиты от перегрева конструкции [6].

Итальянские исследователи провели анализ конфигураций воздушных клапанов стены Тромба-Мишеля (рис. 2).

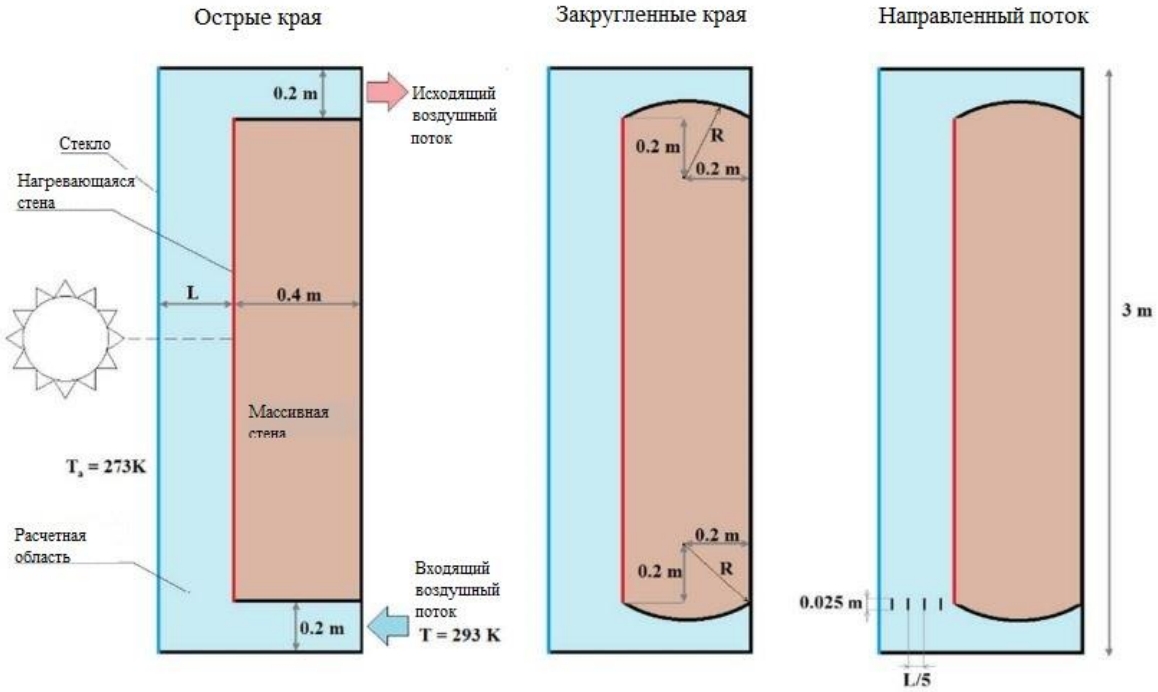


Рис. 2. Конфигурация воздушных клапанов [7]

Авторы использовали метод, в основе которого лежит гипотеза Буссинеска. Основное внимание уделялось тепловым потокам в конструкции. Анализ массового расхода и энергетический анализ позволили сделать вывод о том, что более равномерный нагрев и отсутствие значительных скачков температур достигается в варианте «Направленный поток» [7].

В работе рассмотрены варианты усовершенствования строительных конструкций для получения более высоких показателей энергоэффективности. Наличие различных вариаций и способов снижения теплового расхода позволяет использовать ту или иную конструкцию в регионах с разнообразным климатом. При выборе конструкции для удовлетворения целей энергосбережения следует руководствоваться детальным анализом климата района строительства и аспектами биоклиматической архитектуры. Применение материалов с фазовым переходом лучше всего использовать в регионах, где инсоляция ограничена, так как наличие такого материала позволяет увеличить время выделения теплового потока. Внедрение разделительных ребер напротив нижнего воздушного клапана приводит к усовершенствованию конструкции стены Тромба-Мишеля в целом, так как обеспечивает равномерность воздушных потоков и ограничивает диапазон скачков температур, что положительно сказывается на работе конструкции в любых регионах, но в особенности в районах с жарким климатом, таких как Ливия, Турция, Китай, Италия и Франция.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Лушин К.И. Анализ тенденций изменения эффективности использования источников тепловой энергии для теплоснабжения объектов ЖКХ в регионах центрального федерального округа Российской Федерации // Естественные и технические науки, 2014, 9-10(77), с. 394–396.
2. Gagarin V.G., Lushin K.I., Kozlov V.V., Neklyudov A.Yu. Path of optimized of HVAC systems // Procedia Engineering, 2016, 146, pp. 103–111.
3. Musorina T., Gamayunova O., Petrichenko M., Soloveva E. Boundary Layer of the Wall Temperature Field // Advances in Intelligent Systems and Computing, 2020, 1116 AISC, pp. 429–437.
4. Zaborova D.D., Kozinec G.L., Musorina T.A., Petrichenko M.R. Mathematical Model for Unsteady Flow Filtration in Homogeneous Closing Dikes // Power Technology and Engineering, 2020, 54(3), pp. 358–364.
5. Petrichenko M.R., Musorina T.A. Fractional differentiation operation in the Fourier boundary problems // St. Petersburg State Polytechnical University Journal: Physics and Mathematics, 2020, 13(2), pp. 41–52.
6. Бабаев Б.Д. Сравнительный анализ энергетической эффективности стеновой панели с фазопереходным теплоаккумулирующим материалом // Мониторинг. Наука и технологии, 2015, 4(25), с. 96–99.
7. Corasaniti S., Manni L., Russo F., Gori F. Numerical simulation of modifiedTrombe-Michel Walls with exergy and energy analysis // International Communications in Heat and Mass Transfer, 2017, 88 (2017), pp. 269–276.

УДК 699.865

Е.М. Батуева, О.Н. Столяров
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ТРУБОПРОВОДОВ

Цель работы – разработать универсальный подход для ускоренной оценки механических свойств теплоизоляции трубопроводов и прогнозирования их долговечности.

На сегодняшний день тепловые сети Санкт-Петербурга характеризуются высоким износом трубопроводов [1]. С течением времени на материалы изоляции оказывают влияние различные внешние факторы, снижая как механические, так и теплотехнические характеристики. Натурные исследования долговечности изоляционных материалов занимают длительное время, таким образом, усовершенствование методов оценки долговечности теплоизоляционных материалов является актуальной задачей для ускорения процесса оценки, не снижая точности прогноза. В течение срока использования на теплоизоляционные материалы воздействуют нагрузки от конструкции, а в холодном климате материалы подвергаются ежегодным циклам замораживание-оттаивание, приводящим к старению

материала [2]. Помимо этого, тепловые сети переносят теплоноситель под высокой температурой, длительное влияние которой также разрушает материал. На рис. 1а представлены схема трубопровода в нормальном состоянии (1 – защитное покрытие из оцинкованной стали, 2 – теплоизоляционный материал, 3 – стальная труба) и трубопровод на стадии полного износа рис. 1б. Поскольку теплоизоляционный материал защищен от внешних воздействий с помощью покрытия, то одним из ключевых воздействующих факторов является температура. Исходя из этого задачи работы включалианализ методов ускоренных испытаний и прогнозирования долговечности теплоизоляционных материалов трубопроводов.

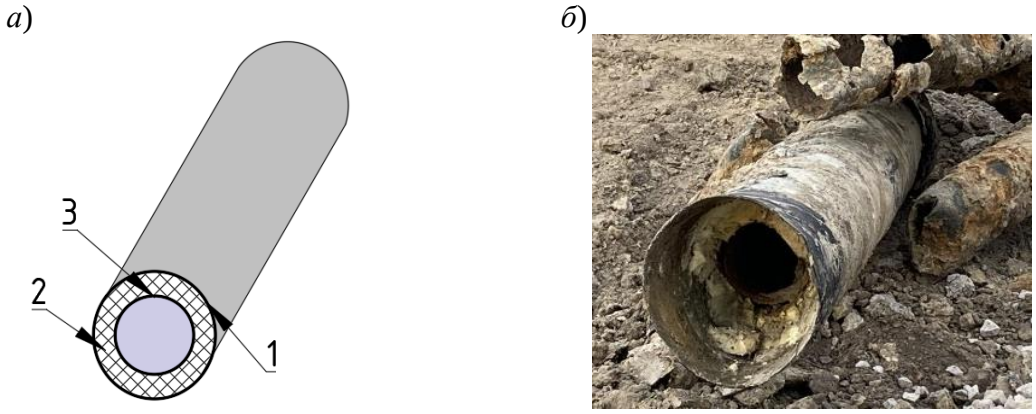


Рис. 1. Схема трубопровода (*а*) и трубопровод в изношенном состоянии (*б*)

Влияние статической нагрузки способствует развитию ползучести у вязкоупругих материалов, таких как тепловая изоляция, в нашем случае экструдированный пенополистирол. Для оценки ускоренного развития ползучести используют метод ступенчатых изотерм (МСИ) [3]. На испытуемый образец предварительно прикладывают напряжение при нормальных условиях, а затем материал подвергают шести изотермическим шагам с последовательным увеличением температуры на 7ºС. Между температурными шагами отсутствует время восстановления материала, таким образом, испытуемый образец накапливает напряжение от всех предыдущих ступеней. Результатом измерений является кривая ползучести, соответствующая стандартному методу [4].

По сравнению со стандартным методом, МСИ позволяет свести экспериментальные усилия к минимуму, сохраняя при этом ту же точность. Результаты свидетельствуют о том, что МСИ может быть полезным инструментом для ускоренного исследования поведения при длительной ползучести, особенно в сравнительных целях [5].Исследования других авторов показывают, что прочность материала на сжатие снижается с повышением температуры, однако наблюдается нелинейная зависимость при переходе, происходящем при 44ºС. Резкое изменение прочности при сжатии вызвано, вероятно, изменением скорости рассеивания воздуха и/или размягчением стенок твердых частиц. Согласно [6], деформации материала и ползучесть влияют на его теплотехнические характеристики, а именно на теплопроводность изоляционного материала. С увеличением равномерной деформации снижается теплопроводность материала. Следовательно, увеличиваются тепловые потери трубопроводов.

В настоящем исследовании проводились испытания пенополистирола при изменении температуры от 20 ºС до 62 ºС с шагом 7 ºС на универсальной испытательной установке Инстрон 5965. Были выбраны два уровня нагружения: минимальный и максимальный в 30 и 70% от $\sigma_т$. Диаграммы изменения деформации от времени (ползучести) по МСИ представлены на рис. 2. При уровне нагружения в 70% от $\sigma_т$ можно наглядно наблюдать увеличение скорости

ползучести (показано касательными к участку установившейся ползучести). Скорость ползучести начинает существенно возрастать при температуре 41 ºС, что подтверждается наблюдениями других авторов.

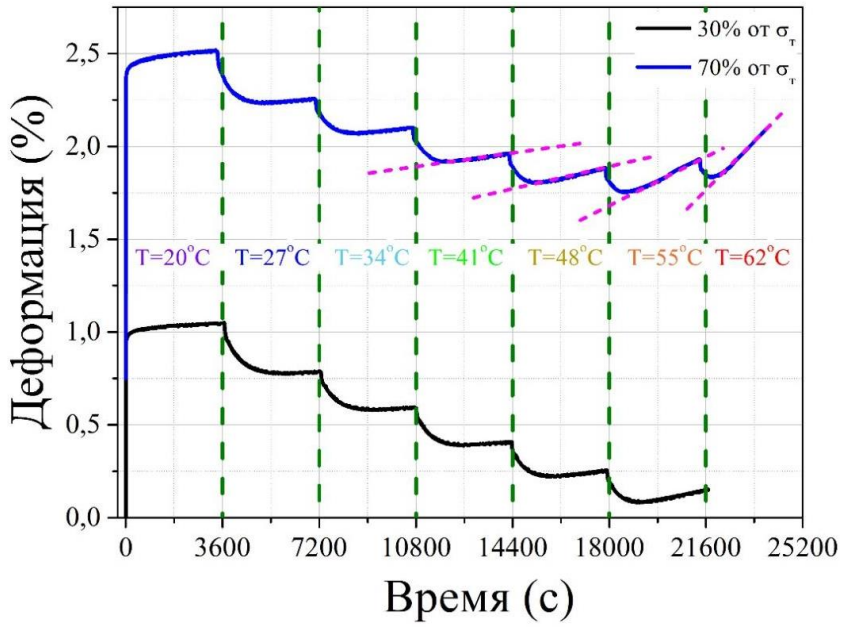


Рис. 2. Исходный график при ускоренном испытании ползучести МСИ

По полученным результатам можно судить, что имеется некоторый температурный переход. Термомеханические свойства теплоизоляции могут существенно меняться, что влияет на срок службы трубопровода. При проектировании трубопроводов горячего водоснабжения необходимо принимать во внимание наблюдаемый эффект. Результатом дальнейшей разработки является методика, которая позволит корректно оценить срок эксплуатации теплоизоляции трубопровода и оптимально подобрать материал с необходимыми свойствами.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Петраков Г.П., Слепченок В.С. Система теплоснабжения Санкт-Петербурга на современном этапе и возможности ее модернизации // Инженерно-строительный журнал, №7. 2009. С. 4.
2. Li L. и др. Freeze-Thaw Resistance of Thermal Insulating Materials Used in Cold Regions Engineering: A State-of-the-Art Review // Geofluids. 2022. Т. 2022. P. 1–11.
3. Yeo S., Hsuan Y. Comparing the creep behavior of high density polyethylene geogrid using two acceleration methods // Geotechnical special publication 140, 2015.
4. Yeo S., Hsuan Y. Effects of temperature and stress on the short and long-term compressive behavior of expanded polystyrene // Geosynthetics International, 2009, P. 16.
5. Achereiner F., Engelsing K., Bastian M., Heidemeyer P. Accelerated creep testing of polymers using the stepped isothermal method // Polymer Testing 32 (2013) 447–454.
6. Khan K., Muliana A. Fully coupled heat conduction and deformation analyses of visco-elastic solids // Mech Time-Depend Mater (2012) 16:461–489.

УДК 697.952.2

А.А. Воронков, О.В. Аверьянова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЛИЯНИЕ ЗОНЫ ВЕТРОВОГО ПОДПОРА НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Цель работы – определение границ зоны формирования ветрового подпора в зависимости от геометрических характеристик и взаиморасположения зданий.

В настоящее время в городах проживает около 3,5 миллиарда человек, причем число жителей городов увеличивается с каждым годом [1].

В связи с интенсивным ростом городского населения возникает необходимость в обеспечении необходимого жизненного пространства для людей. Для решения этой задачи застройщики сосредоточили свои усилия на разработке технологий для строительства экономически эффективных зданий за короткий период времени.

За последние годы требуемый объем строительства достигается не только за счет высотного строительства, но и за счет увеличения плотности жилых районов в городах.

Одной из тенденций современного строительства становится интеграция высотных зданий в малоэтажную застройку, таким образом, меняется аэродинамика и аэрация жилого квартала, что приводит к попаданию малоэтажных зданий в зону аэродинамической тени и существенного влияния на них ветрового подпора.

Зона ветрового подпора – пространство, расположенное ниже линии, проведенной под углом 45° от вершины препятствия. Высота здания определяет, как ветер обтекает его. Если низкое здание попадает в зону повышенного давления от более высокого, то возможен подпор в районе кровли, что приводит к обратной тяге в системах естественной вентиляции (рис. 1) [2].

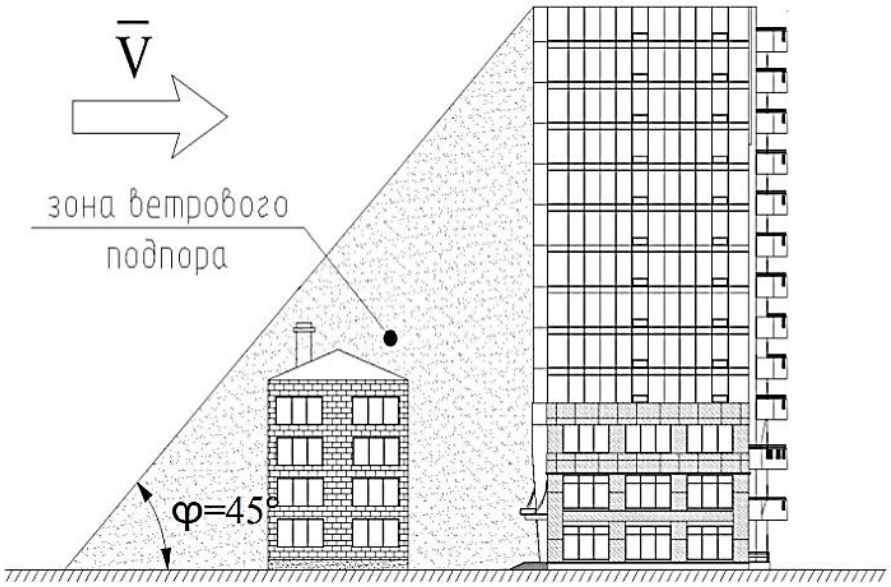


Рис. 1. Схема зоны ветрового подпора

Во многих зданиях для организации воздухообмена применяются системы естественной вытяжной вентиляции организованным естественным притоком воздуха посредством приточных устройств. Традиционный метод аэродинамического расчета данных систем выполняется при температуре наружного воздуха t = +5°С без учета ветровых воздействий [3].

Однако, как показывают результаты наблюдений, ветровые воздействия могут оказывать значительное влияние на работу систем вентиляции зданий.

Ветровой подпор характеризуется избыточным воздушным давлением, которое ухудшает естественную вентиляцию в низких зданиях, а с заветренной стороны создается разрежение, которое приводит к увеличению скорости воздуха в каналах и возникновению сквозняков в помещении.

Актуальным является вопрос о прогнозировании работы рассматриваемых систем в течение всего года (т.е. с учетом изменения температур, направления и скорости движения наружного воздуха) [4–6].

В данной работе рассматривается формирование границ зоны ветрового подпора в зависимости от габаритных размеров зданий и их взаиморасположения относительно друг друга.

Граница зоны ветрового подпора $l_{\text{п}}$, м определяется по формуле (1):

$$l_{\text{п}} = 1{,}5H\left\{1 - exp\left[-0{,}5\left(\frac{l}{H}\right)^{0{,}68}\right]\right\} exp\left[-0{,}3\left(\frac{\delta}{H} - 0{,}1\right)^{0{,}54}\right], \quad (1)$$

где l, H – длина (расстояние между разбивочными осями здания в поперечном ветру направлении) и высота здания (расстояние от поверхности земли до уровня кровли или до верха сплошного парапета при его наличии) соответственно, м; δ – толщина вытеснения пограничного слоя ветра, набегающего на здание, м [7].

Для определения размера области ветрового подпора производится расчет модели зданий в программе AnsysFluent. Полученные данные о границе этой зоны, а также углу формирования φ в зависимости от габаритных размеров зданий будут применены для определения воздействия повышенного давления в зоне ветрового подпора на функционирование естественной вентиляции.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Организация Объединенных Наций. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.un.org/ru/un75/shifting-demographics.
2. Павловский Р.Н. Работа вентиляционных систем пятиэтажного здания под влиянием высотного / Р.Н. Павловский, П.М. Виноградский, С.Г. Кузнецов, П.В. Артамонов // Зб. наук. праць Луганського національного аграрного ун-ту. – 2005. – № 45(68). – С. 107–115;
3. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – М.: Минстрой России, 2020. – 95 с.
4. Бороздин Е.Г. Влияние температурных и ветровых воздействий на работу естественных систем вентиляции зданий с организованным притоком воздуха // Наука XXI века опыт прошлого – взгляд в будущее. Материалы Международной НПК. Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия. 2015.
5. Hertwig D. et al. Variability of physical meteorology in urban areas at different scales: Implications for air quality // Faraday Discuss. Royal Society of Chemistry, 2021. Vol. 226. P. 149–172.
6. Hu Y., Xu F., Gao Z. A Comparative Study of the Simulation Accuracy and Efficiency for the Urban Wind Environment Based on CFD Plug-Ins Integrated into Architectural Design Platforms // Buildings. 2022. Vol. 12, № 9.
7. Лозинский Э.А. Ветровой подпор от высотного здания в условиях уплотнения существующей городской застройки //Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Вип. 2 (30). – 2011. – ПолтНТУ.

УДК 624.042.41

И.Н. Зетченко, А.А. Дудинская, О.С. Гамаюнова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАСЧЕТ АЭРАЦИИ РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ ОТКРЫТОГО ТИПА ВЫСОТНОГО ОФИСНОГО ЗДАНИЯ

Цель работы – рассчитать коэффициент расхода, влияющий на угол открытия створа аэрационного отверстия рекреационной зоны высотного офисного здания.

Задачами данного исследования является выбор методики расчета аэрации, вида створ, а также определение ветровой нагрузки для заданного высотного офисного здания.

В Российской Федерации одним из основных законодательных актов, регламентирующих архитектурно-планировочные решения в высотных зданиях, является СП 267.1325800.2016 «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования», который однако не определяет эргономичность пространства, которая может проявляться в удобстве и безопасности эксплуатации, уровне шума, ветровой нагрузке, освещенности, экологичности и гигиеничности, доступности информации возможностям восприятия потребителей, удобстве передвижения и транспортировки, удобстве ремонта и обслуживания [1–5].

Аэрация является процессом естественного обмена воздуха снаружи здания с внутренним. Воздухообмен является эффективным и экономичным способом поддержания нормального микроклимата помещения. В борьбе за чистоту атмосферы и сокращение вредных выбросов используется естественная энергия ветра, которая позволяет проводить аэрацию зданий.

Данная тема остается и будет актуальной в будущем, так как Концепция перехода РФ к устойчивому развитию (Указ Президента Российской Федерации от 1 апреля 1996 г. №440), отмечает необходимость улучшения качества жизни людей посредством хозяйственной емкости биосферы, которая не приведет к разрушению естественного биологического механизма регуляции окружающей среды и ее глобальным изменениям [6].

Рекреационная зона отдыха с естественной вентиляцией обеспечивает поддержание нормативных значений концентраций углекислого газа, кислорода, а также влажности.

В данном исследовании был проведен анализ источников, а также смоделировано высотное офисное здание в сателлите «ВЭСТ» программного комплекса «SCAD».

Расчет аэрации приводится обычно для двух периодов – холодного и теплого. В нашем случае был рассмотрен холодный период с наихудшими значениями метеоусловий в г. Санкт-Петербурге [7].

Зачастую расчет аэрации производится с целью нахождения площадей вытяжного и проточного аэрационного проемов. Такая задача называется прямой задачей аэрации [8, 9]. В данном исследовании была решена обратная задача по нахождению коэффициента расхода (с целью определения угла раскрытия одинарной среднеподвесной створки).

Разность давлений была рассчитана для наветренной и заветренной стороны высотного здания бизнес-центра с габаритными размерами 45,5×39 м на высоте рекреационного этажа 70 м. Участок расчета г. Санкт-Петербурга находится во втором ветровом районе, тип местности – В.

Нормативное значение ветровой нагрузки было использовано в программном комплексе «ВЕСТ». Полученные значения для наветренной и заветренной стороны 40 кг/м^2 и 25 кг/м^2, соответственно.

Данное исследование заключалось в расчете аэрации для одного этажа высотного офисного здания, на котором расположена рекреационная зона открытого типа.

В качестве исходных данных были взяты наихудшие условия ветровой нагрузки с наивысшим давлением для г. Санкт-Петербурга. Исходные данные для расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета

Давление наветренное, $p_н$ кг/м^2	Давление заветренное, $p_з$, кг/м^2	Объем помещения, V, м^3	Площадь аэрационного отверстия, F, м^2	Температура наружного воздуха, $t_н$, ºС	Температура внутреннего воздуха, $t_{вн}$ ºС	Плотность наружного воздуха, $\rho_н$, кг/м^3	Плотность внутреннего воздуха, $\rho_{вн}$, кг/м^3
40	-25	4433,12	20	-25	+20	1,4224	1,2041

1. Расчет разности давлений ΔP определяется по формуле (1):

$$\Delta P = p_н - p_з, \quad (1)$$

где $p_н$ – давление наветренное, кг/м^2; $p_з$ – давление заветренное, кг/м^2.

$$\Delta P = 40 - (-25) = 65 \text{ кг/м}^2.$$

2. Необходимый воздухообмен (расход воздуха) G_a определяется по формуле (2):

$$G_a = Vk, \quad (2)$$

где V – объем помещения, м^3; k – кратность воздухообмена (согласно СП 44.13330.2011, для помещений отдыха, административно-бытовых зданий k = 3).

– Приточный расход воздуха $G_{пр}$:

$$G_{пр} = 4433{,}12 \cdot 3 = 13299{,}36 \frac{м^3}{ч} = 18917{,}01 \frac{кг}{ч}.$$

– Вытяжной расход воздуха $G_{выт}$:

$$G_{выт} = 4433{,}12 \cdot 3 = 13299{,}36 \frac{м^3}{ч} = 16013{,}76 \frac{кг}{ч}.$$

3. Расчет коэффициента расхода μ определяется по формуле (3):

$$\mu = \frac{G_a}{3600 F_{пр/выт} \sqrt{2 \rho_{н/ух} \Delta P_{пр/выт}}}. \quad ((3)$$

– Приточный коэффициент расхода:

$$\mu_{пр} = \frac{18917{,}01}{3600 \cdot 20 \sqrt{2 \cdot 65 \cdot 1{,}4224}} = 0{,}019.$$

– Вытяжной коэффициент расхода:

$$\mu_{выт} = \frac{16013{,}76}{3600 \cdot 20 \sqrt{2 \cdot 65 \cdot 1{,}2041}} = 0{,}018.$$

4. Коэффициент расхода также возможно посчитать по формуле (4):

$$\mu = 0{,}62 \sin \alpha. \quad (4)4)$$

5. Угол раскрытия створа, исходя из формулы (4):

– Угол раскрытия приточного створа:

$$\alpha_{пр} = \sin^{-1}(0{,}019) = 1{,}76 \text{ град.}$$

– Угол раскрытия вытяжного створа:

$$\alpha_{выт} = \sin^{-1}(0{,}018) = 1{,}66 \text{ град.}$$

В результате исследования был получен угол раскрытия одинарной среднеподвесной створки при худших условиях нормативной ветровой нагрузки в г. Санкт-Петербурге в холодный период года.

Методика расчета, выполненная по аналогии с методическими рекомендациями по проектированию систем вентиляции жилых и общественных зданий, может быть применена для определения параметров раскрытия любого вида створ, времени года и метеоусловий. В дальнейшем эти параметры могут быть применены для программирования автоматической системы климат-контроля рекреационного этажа открытого типа [10].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Корсунцева А.А. Мировые тенденции строительства высотных зданий // Инженерные исследования. 2022. № 1(6). С. 27–32. EDN NNKDXD.
2. Мещихин А.А., Аверьянова О.В. Балансировочные устройства в системах вентиляции // Неделя науки ИСИ: материалы всероссийской конференции. 2021. С. 338–340. EDN RNSETA.
3. Филимонова В.Ю., Куколев М.И. Аккумуляторы холода в системах кондиционирования // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. 2019. С. 36-38. EDN ELXUFI.
4. Терещенков Д.А., Стрелец К.И., Аверьянова О.В. Энергоэффективность индивидуальной системы вентиляции с рекуперацией тепла в квартире // Неделя науки ИСИ: материалы всероссийской конференции. 2021. С. 203–206. EDN QCHHYT.
5. Куколев М.И., Кукис В.С., Вильдяева С.Н. Обобщенная методика оценки режимов работы теплового накопителя // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2013. № 2. С. 169–172. EDN RSMPDJ.
6. Григорьев В.А. Проблемы экологизации городов в мире, России, Сибири // Экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы. 2001. № 63. С. 1–152.
7. Агаханова К.М. Расчет аэрации сельскохозяйственного здания молочного производства в холодный период года // Аграрный научный журнал. 2020. № 1. С. 47–49. EDN TRRBWJ.
8. Сазонов Э.В., Шичкин В.В. Особенности расчёта естественной вентиляции помещений большого объёма // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2019. № 1(8). С. 46–53. EDN VULZPT.
9. Оленьков В.Д., Колмогорова А.О., Сапогова А.Е. Компьютерное моделирование аэрационного режима жилой застройки с целью проветривания и ветрозащиты // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2021. Т. 21, № 1. С. 5–12. EDN YJXEZG.
10. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Колубков А.Н., Миллер Ю.В., Миронова С.В., Шилкин Н.В., Шонина Н.А. Методические рекомендации по проектированию систем вентиляции жилых и общественных зданий: методические рекомендации. М.: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. 2018. 62 с.

УДК 697.1

А.С. Иванов, О.Н. Столяров
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПОВЫШЕНИЕ КЛАССА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ СТАРОЙ ЗАСТРОЙКИ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

Цель работы – анализ инженерных систем жилых зданий старой застройки для поиска возможностей по повышению класса энергоэффективности.

Энергоэффективность здания – это способность здания использовать энергию с минимальными потерями и максимальной эффективностью. Целью энергоэффективности здания является снижение потребления энергии и уменьшение негативного влияния здания на окружающую среду, также это позволяет снизить затраты на энергопотребление и улучшить комфортные условия для жильцов. Для достижения высокой энергоэффективности здания необходимо использовать современные технологии и материалы, которые обеспечивают максимальную изоляцию здания и уменьшают потребление энергии на отопление, кондиционирование и освещение. Также важно правильно проектировать и располагать здание, чтобы использовать максимально доступный естественный свет и тепло от солнца [1, 2].

Энергоэффективность зданий старой застройки часто намного ниже, чем у современных зданий. Это связано с тем, что в прошлом не уделялось достаточного внимания энергосбережению. Низкая энергоэффективность зданий старой застройки приводит к высоким затратам на энергию для отопления, кондиционирования воздуха и освещения, что снижает экономическую эффективность и увеличивает нагрузку на энергетическую систему. Повышение энергоэффективности зданий старой застройки может привести к значительной экономии энергии и уменьшению выбросов парниковых газов, что в свою очередь будет положительно влиять на экологическую обстановку. В целом, проблема энергоэффективности зданий старой застройки является актуальной и требует срочных мер для решения, включая модернизацию и реконструкцию зданий, использование экологически чистых материалов, повышение эффективности систем отопления, кондиционирования воздуха и освещения [2].

Ниже перечислены некоторые из наиболее эффективных способов решения проблемы энергоэффективности зданий старой застройки:

1. Улучшение теплоизоляции [4, 6]: Установка энергосберегающих окон, утепление стен и крыши, установка уплотнителей дверей и окон и т. д. могут значительно улучшить теплоизоляцию здания. Потенциальная экономия тепловой энергии в год может составлять от10-30%.
2. Установка системы теплового насоса: тепловой насос использует энергию из воздуха, воды или земли для обогрева здания, что может значительно снизить зависимость от традиционных источников энергии. Потенциальная экономия тепловой энергии в год может составлять до 50–70%.
3. Использование возобновляемых источников энергии [5, 6]. Этот метод включает в себя установку солнечных панелей, ветряных турбин и других устройств, которые могут генерировать энергию из возобновляемых источников. Потенциальная экономия тепловой энергии в год может составлять от 20–90%.
4. Улучшение систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха [3, 4]: замена устаревшего оборудования на более эффективное, установка автоматических регуляторов температуры и термостатов. Потенциальная экономия тепловой энергии в год может составлять до 20–30%.
5. Переход на светодиодное освещение: светодиодные лампы потребляют меньше энергии, чем традиционные лампы накаливания, что может существенно снизить затраты на электроэнергию. Потенциальная экономия электроэнергии в год может составлять до 70–80% [6].
6. Проведение регулярного технического обслуживания систем отопления и кондиционирования воздуха. Это также может включать в себя очистку и замену фильтров, проверку на наличие утечек, замену устаревших компонентов и другие работы по обслуживанию систем [5, 6].
7. Использование экологически чистых материалов: использование материалов, которые произведены без вреда для окружающей среды и не содержат опасных химических веществ, может снизить негативное воздействие на окружающую среду и уменьшить затраты на энергию.
8. Обучение и информирование жильцов: очень важно, чтобы жильцы понимали, как устройства в их доме влияют на потребление энергии и как они могут снизить свой вклад в глобальное потребление энергии(экономия ресурсов от 5–15%).

На рисунке 1 представлены доли возможной экономии тепловой энергии для рассмотренных способов.

Конечный процент экономии тепловой энергии при использовании каждого из этих методов может зависеть от многих факторов, включая степень износа здания, климатические условия, размер здания, его местонахождение и т.д. Замена устаревших систем отопления и кондиционирования на более эффективные системы может привести к существенному уменьшению потребления энергии в здании и улучшению комфортных условий для его жителей.

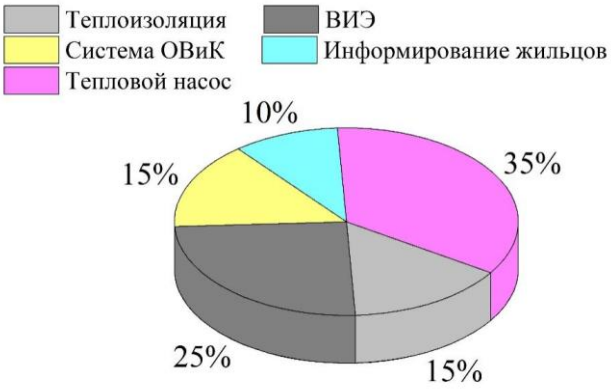


Рис. 1. Круговая диаграмма возможной экономии тепловой энергии

Однако замена системы отопления и кондиционирования может быть дорогой и сложной процедурой. Поэтому, прежде чем начинать работы, необходимо провести тщательный анализ энергопотребления здания, чтобы определить, какие системы следует заменить и какие новые системы наиболее подходят для конкретного здания. Также при замене системы отопления и кондиционирования необходимо учитывать возможность интеграции новых систем с уже установленными инженерными коммуникациями, чтобы избежать необходимости проведения дополнительных работ. В целом, замена устаревших систем отопления и кондиционирования на более эффективные является одним из самых эффективных способов повышения энергоэффективности зданий старой застройки. Однако перед началом работ необходимо провести тщательный анализ и определить оптимальный вариант замены, чтобы достичь максимального эффекта и избежать лишних затрат.

Таким образом, повышение энергоэффективности старых зданий при помощи модернизации инженерных систем является актуальной задачей, которая становится все более важной в связи с растущими затратами на энергию и растущей экологической проблемой. Применение различных технологий, таких как установка более эффективных систем отопления, вентиляции и кондиционирования, использование современных систем управления инженерными системами, а также установка солнечных панелей и других возобновляемых источников энергии, может значительно снизить потребление энергии и уменьшить вредное влияние на окружающую среду.

В целом все эти методы могут значительно повысить энергоэффективность зданий старой застройки и снизить затраты на энергию. Однако, для достижения максимальной экономии необходимо провести комплексную оценку здания, учитывающую его индивидуальные особенности и потребности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федеральный закон РФ от 23.11.2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ»
2. Котлярова В.В., Дулоглу Т.А. Пути повышения энергоэффективности имеющегося жилищного фонда в Российской Федерации в контексте эколого-экономической безопасности // Современные тенденции технических наук: материалы V Междунар. науч. конф. Казань: Бук, 2017. С. 70–73.
3. Практическое пособие по выбору и разработке энергосберегающих проектов /под редакцией О.Л. Данилова, П.А. Костюченко, Москва 2006. 668 с.
4. Методическое пособие «Рекомендуемые мероприятия по энергосбережению в государственных (муниципальных) учреждениях Санкт-Петербурга» [Электронный ресурс]. URL: https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2014/06/09/Metodichka-ENERGOSBER.pdf (дата обращения: 05.03.2023).
5. Методические рекомендации по расчету эффектов от реализации мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности / под редакцией Гашо Е.Г., М., 2016. 56 с.

УДК 772.96:697.1

К.О. Лобастов, О.Н. Столяров
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЫЯВЛЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ТЕПЛОВИЗИОННОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ

Цель работы – разработка рекомендаций по выявлению неисправностей систем отопления с использованием тепловизоров.

Своевременное выявление неисправностей систем отопления является актуальной проблемой, которое поможет избежать крупных аварий в системах отопления. Системы отопления зданий и сооружений представляют собой инженерные системы, предназначенные для поддержания в закрытых помещениях нормируемой температуры со средней необеспеченностью 50 ч/год. Следует отметить, что наличие протечек не всегда является единственной причиной поломки системы отопления. Для большинства систем отопления, характерной причиной неправильной работы, способствующей снижению теплового потока от отопительного прибора в помещение, является засорение их шлаком, окалинами и мелкодисперсными отложениями. Засоры возникают в результате попадания грязи в систему, при неисправных грязевиках, при отложении продуктов коррозии на внутренней поверхности труб. Чаще всего они возникают в изгибах труб, ответвлениях, нижних подводках к отопительным приборам, кранах, расположенных на горизонтальных участках, крестовинах и тройниках, в переходах. Возникновение воздушных пробок мешает циркуляции теплоносителя и происходит в результате того, что вода содержит растворенный воздух, который при нагревании выделяется в виде пузырьков. Пузырьки поднимаются в верхние участки трубопровода, где скапливаются, создавая воздушные пробки. Обычно воздух собирается в верхних точках системы.

В качестве объекта исследования был выбран Гидрокорпус СПбПУ. Была рассмотрена система отопления в учебном корпусе и выполнена тепловизионная съемка трубопроводов и отопительных приборов при помощи тепловизора [1–3]. На рис. 1 представлены термограммы секционных отопительных приборов в видимом и инфракрасном излучении [4, 5]. Все отопительные приборы расположены открыто под окном в коридоре здания.

На термограммах отчетливо видно изменение значений температуры поверхности отопительного прибора по удалённости от подключения подающей и обратной магистрали. Особенно хорошо эта зависимость наблюдается при сравнении отопительных приборов, состоящих из 6 (рис. 1,*а* и 1,*б*) и 9 секций (рис. 1,*в* и 1,*г*). Более длинные приборы прогреваются менее равномерно. Такое явление зачастую возникает из-за недостаточной циркуляции теплоносителя внутри отопительного прибора, которое возникает из-за образовавшегося за долгое время осадка. В дальнейшем область не прогрева отопительного прибора будет увеличивается, снижая теплоотдачу отопительного прибора. Результаты измерений занесены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты измерений

	Количество секций	Максимальная температура	Минимальная температура	Средняя температура
Тип 1	9	59,8	44,3	50,6
	9	60,8	34,1	49,6
Тип 2	6	52,7	41,9	48,1
	6	38,6	25,4	28,4

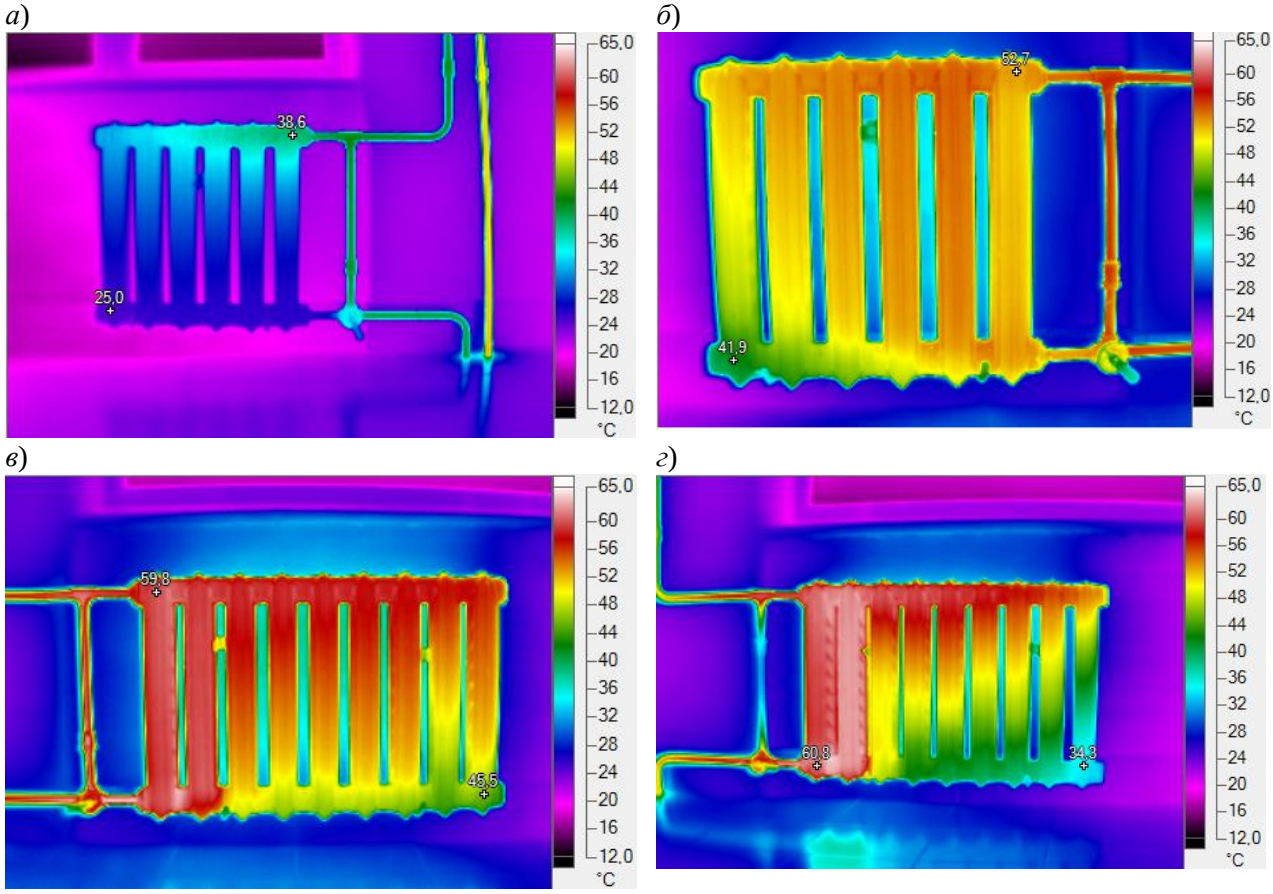


Рис. 1. Термограммы отопительных приборов по удалённости
от подключения подающей и обратной магистрали

Выводы. Рекомендуемые пути устранения данной проблемы могут заключаться в следующем:

– своевременное техническое обслуживание систем отопления, в том числе промывку отопительных приборов от образовавшегося осадка;
– полная замена секций при невозможности удалить осадок.

Таким образом предлагается проводить тепловизионную съемку для выявления неисправностей системы отопления.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Карпов Д.Ф. Тепловизионный метод определения расхода воды через отопительный прибор // Вологда: ВоГТУ. 2022.
2. Карпов Д.Ф. Варианты количественной оценки тепловых изображений // Вологда: ВоГТУ. 2019. № 2 (5).
3. Синицын А.А., Карпов Д.Ф., Павлов М.В. Теория и практика теплообмена // Учебное наглядное пособие – Вологда: ВоГТУ. 2016. С. 72.
4. Дорошин А.В., Давыдов И.Е. Современные тепловизионные системы // Учебное методическое пособие – Самара:СГАУ. 2013. С. 41.
5. Park O. Введение в термографию, American Technical Publishers Inc., Fluke Corporation, и The Snell Group / O. Park, 2009. 68 с.

УДК 772.96:696.12

Е.Л. Невзорова, О.Н. Столяров
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОБСЛЕДОВАНИЕ ВНЕШНЕЙ ВОДОСТОЧНОЙ СИСТЕМЫ ЗДАНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ТЕПЛОВИЗИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Цель работы – определение области намокания ограждающей конструкции при появлении дефектов и повреждений во внешней водосточной системе здания для определения возможности обследования водостоков при помощи тепловизионного оборудования.

Атмосферные осадки, попадающие на кровлю здания, должны отводиться самостоятельной системой водостоков за его пределы. Способ организации отвода талых и дождевых вод зависит от конструкции кровли: внешние водостоки применяются при скатной кровле. Такая система состоит из желоба, водосборной воронки, труб, а также из держателей и соединительных элементов.

Исправность системы водоотведения, которая защищает конструкции от переувлажнения, влияет на срок эксплуатации здания: появление дефектов и повреждений может значительно его уменьшить. Под дефектом понимают отдельное несоответствие конструкций какому-либо параметру, установленному проектом, под повреждением понимается неисправность, полученная конструкцией при эксплуатации(СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений). Для сохранения целостности здания необходимо разработать способ обследования водоотводящей системы, который предупредит значительное разрушение ограждающих конструкций от влаги.

Метод тепловизионного контроля дает возможность проводить в реальном времени температурные бесконтактные натурные обследования поверхности ограждающей конструкции [1, 2]. Тепловой контроль включает: анализ конструкторской и технологической документации; определение количественных значений температуры в точках поверхности контролируемого объекта; определение дополнительных характеристик состояния поверхности и окружающей среды; качественный и количественный анализ температурных полей на исследуемой поверхности; выявление зон с аномальной температурой, обусловленной наличием дефектов в контролируемом объекте; расчет на базе произведенных измерений теплотехнических параметров объектов контроля и сопоставление их с нормативными значениями; определение параметров дефектов; оценку качества объектов контроля [3, 4].

В работе рассматриваются различные случаи неисправности водосточной системы здания.

Первый случай – неудовлетворительная работа внешней водосточной системы. На рис. 1,*а* представлена термограмма ограждающих конструкций здания с неудовлетворительной работой внешней водосточной системой. Как результат стены не эффективно сохраняет тепло, являясь источником повышенных теплопотерь. В итоге это приводит к общему износу стены и сокращению срока службы конструкции.

Второй случай – повреждение водосточной трубы, а именно разрыв. Причинами возникновения такого повреждения могут быть: ошибки при монтаже, неверный расчет расхода воды, механические воздействия [5].Если разрыв водосточной трубы происходит со стороны наблюдателя, то его довольно просто обнаружить на этапе визуального обследования. Однако, если разрыв происходит со стороны стены здания, то заметить его уже намного сложнее, а иногда даже невозможно. Обнаружение данного дефекта возможно на этапе инструментального обследования (рис. 1, *б*).

При попадании влаги на ограждающую конструкцию и при её дальнейшем испарении, температура намокшего участка стены понижается. Благодаря разнице температур между

увлажненной и сухой областями, можно определить место избыточного увлажнения при помощи тепловизора.

а) *б*)

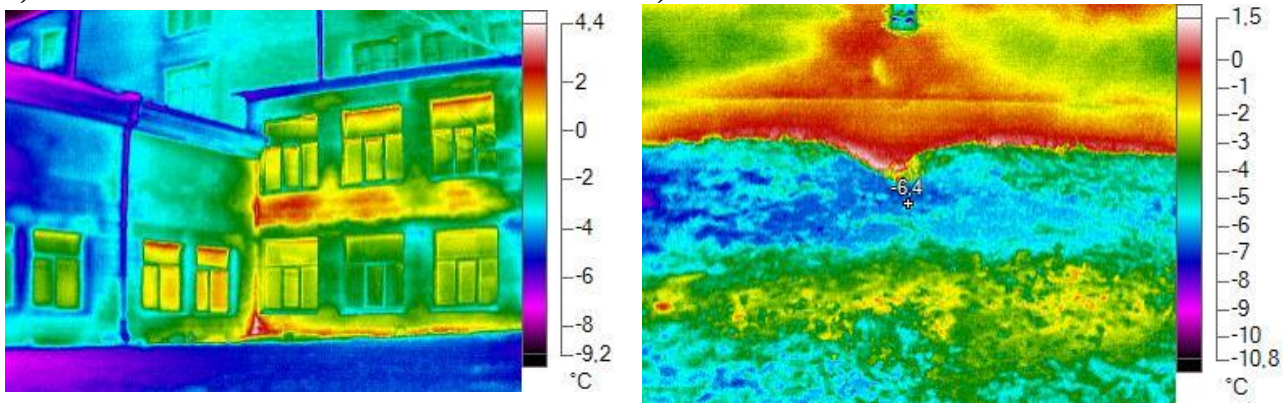


Рис. 1. Термограммы ограждающих конструкций здания
с неудовлетворительной работой внешней водосточной системы

Для определения размера области увлажнения стены вблизи разрыва трубопровода проводится расчет модели трубопровода с рассматриваемым дефектом в программе AnsysFluent. Полученные данные о размерах увлажненной части конструкции и её местонахождении относительно разрыва применяются для определения конкретной области тепловизионного обследования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Park O. Введение в термографию, American Technical Publishers Inc., Fluke Corporation, и The Snell Group / O. Park, 2009. 68 с.
2. Дорошин А.В., Давыдов И.Е. Современные тепловизионные системы // Учебное методическое пособие – Самара: СГАУ. 2013. С. 41.
3. Карпов Д.Ф. Варианты количественной оценки тепловых изображений // Вологда: ВоГТУ. 2019. № 2 (5).
4. Синицын А.А., Карпов Д.Ф., Павлов М.В. Теория и практика теплообмена // Учебное наглядное пособие – Вологда: ВоГТУ. 2016. С. 72.
3. Правила проведения ремонта водостоков [Электронный ресурс]. URL: https://m-strana.ru/articles/remont-vodostokov/ (дата обращения: 05.03.2023)

УДК 697.9

И.Ю. Рязанов, О.В. Аверьянова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРИМЕНЕНИЕ КОСВЕННО-АДИАБАТИЧЕСКОГО ОХЛАЖДЕНИЕ В ЦЕНТРЕ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ (ЦОД)

Цель работы – выяснить, возможно ли применение косвенно-адиабатического охлаждения в центре обработки данных и в чем его преимущества.

ЦОД является очень сложным инженерным сооружением, состоящим из ряда подсистем с единым управлением, в нем располагается дорогостоящее оборудование, такое как вычислительные системы, телекоммуникационное оборудование, системы хранения данных и т.д. Поэтому очень важным этапом является проектирование обслуживающих систем. В частности, систем охлаждения.

Система охлаждения – является наиболее энергоемкой инженерной системой дата-центра. Ее мощность, как правило, составляет 30–50% мощности ИТ-стоек. Исходя из этого

владельцы ЦОД стремятся минимизировать регулярные расходы на оплату затраченной электроэнергии, потребляемой системой охлаждения.

Снижение энергопотребления охлаждающего оборудования позволило бы при той же подведенной мощности установить больше ИТ-стоек. Если речь идет о коммерческом дата центре, то излишние затраты на электроэнергию – это упущенная прибыль.

Классическая система охлаждения ЦОД представляет собой чиллерную систему, как правило, двухконтурную. В качестве внутренних блоков выступают прецизионные кондиционеры (рис. 1). Потребляемая мощность чиллерной системы охлаждения обычно задает верхнюю планку указанного выше диапазона в 30–50% мощности ИТ-стоек.

Рис. 1. Классическая система охлаждения

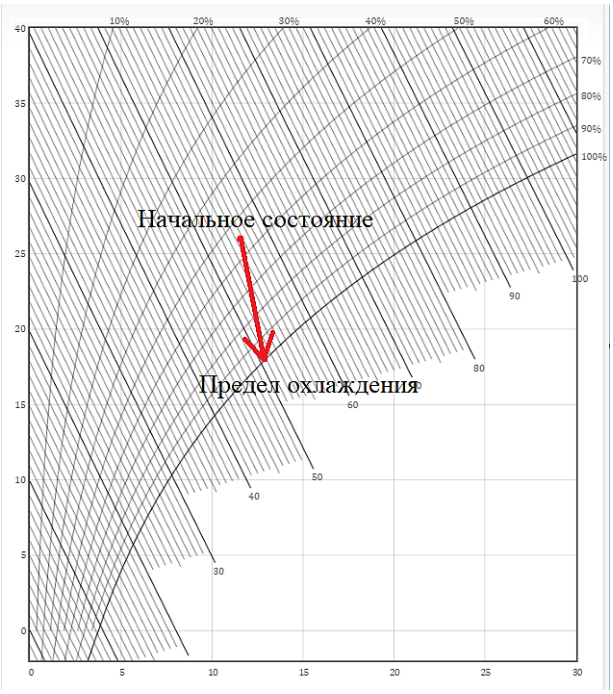


Рис. 2. Прямое адиабатическое увлажнение

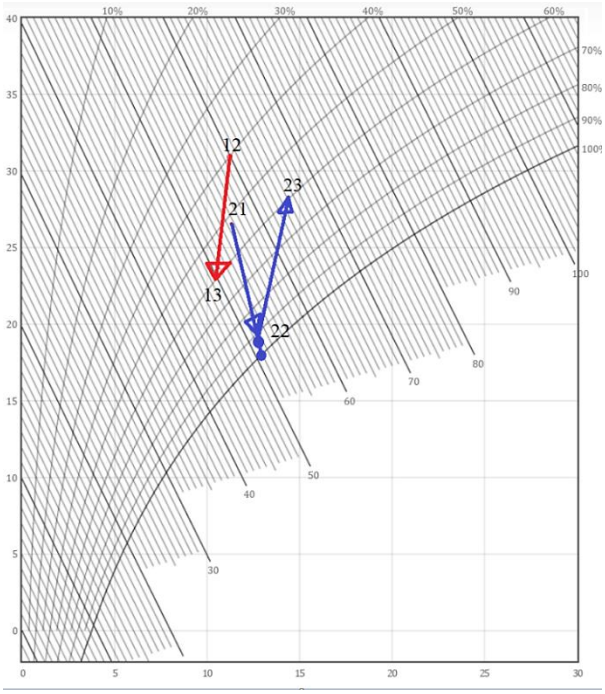


Рис. 3. Двухступенчатое косвенно-адиабатическое

Таким образом, высокая потребляемая мощность вынуждает подбирать менее энергозатратные решения и анализировать экономическую целесообразность их применения. Поэтому предлагается рассмотреть систему адиабатического охлаждения.

Адиабатическое охлаждение – это увлажнение воздуха в адиабатических условиях, так что тепловая энергия не добавляется и не отводится. Процесс происходит, когда воздух находится в контакте с водой. Тепло, необходимое для испарения, отбирается у воздуха, поэтому температура воздуха снижается, но содержание влаги увеличивается. Минимально возможная температура – это предел охлаждения на линии насыщения (температура влажного термометра). На ID-диаграмме адиабатический процесс охлаждения выражается прямой линией (рис. 2, 3)

Адиабатическое охлаждение может быть прямым или косвенным, схема типовой установки представлена на (рис. 4).

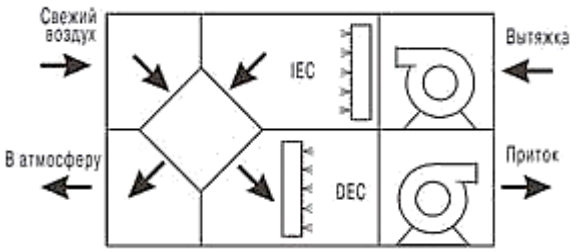


Рис. 4. Схема прямого (DEC) и косвенного (IEC)
адиабатического охлаждения воздуха

При прямом адиабатическом охлаждении наружный воздух, подлежащий охлаждению, увлажняется (см. рис. 2), что приводит к повышению влажности окружающей среды. Также необходимо учитывать возможное загрязнение приточного воздуха из-за увлажнения. Поэтому данный способ не подходит под условия ЦОД.

При косвенно-адиабатическом охлаждении вытяжной воздух увлажняется и охлаждается, а затем, через теплообменник, охлаждает внутренний воздух. Таким образом, приточный воздух не увлажняется, и возможное загрязнение исключается.

Эффективность адиабатической системы охлаждения — это “отношение между фактическим охлаждением приточного воздуха и теоретически максимально достижимым охлаждением в процессе”

Двухступенчатое косвенное адиабатическое охлаждение – это процесс, в котором увлажнение и передача холода разделены как в пространстве, так и во времени (рис. 3). Сначала вытяжной воздух увлажняется (см. рис. 3, процесс 21-22), а затем холод передается от вытяжного воздуха к наружному в теплообменнике (см. рис. 3, процесс 12-13, 22-23). В этом процессе адиабатический КПД достигает в среднем около 80%.

Рассмотрим основные «плюсы» и «минусы» данной системы. Главным преимуществом является высокая энергоэффективность, сокращение энергетических затрат на охлаждение позволит увеличить количество стоек с оборудованием, а, следовательно, и ИТ-мощность ЦОДа. Так же можно отметить более низкие эксплуатационные затраты по сравнению с чиллерной системой.

Основным недостатком косвенно-адиабатической системы охлаждения является внушительные размеры самих установок и воздуховодов. Следовательно, для реализации системы должны быть построены дополнительные помещения и шахты, выполнены иные архитектурные требования.

Анализируя вышеизложенную информацию, можно сделать вывод от том, что система охлаждения ЦОДа, основанная на косвенно-адиабатическом способе, является неплохой альтернативой, при условии, что нет ограничений в площади помещений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Economic analysis of data center cooling strategies / K. Cho, H. Chang, Y. Jung, Y. Yoon // Sustainable Cities and Society. – 2017. – Vol. 31.
2. Hwang J. Study on the design and operation of an outdoor air-cooling system for a computer room / J. Hwang, T. Lee // Energies. – 2021. – Vol. 14. – № 6. – P. 2022.
3. Energy-efficient operation of an indirect adiabatic cooling system for data centers/ A. Beghi, G. Dalla Mana, M. Lionello, M. Rampazzo, E. Sisti// 2017 American Control Conference. – 2017.
4. Ogawa M., Fukuda H., Kodama H., Endo H., Sugimoto T., Kasajima T. et al. Development of a cooling control system for data centers utilizing indirect fresh air based on model predictive control. Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT) 2015 7th International Congress. – 2015.
5. Dayarathna M., Wen Y. and Fan R. Data center energy consumption modeling: A survey. IEEE Communications Surveys Tutorials. – 2016.

УДК 532.595.2

С.В. Хоробров
Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого

ВЛИЯНИЕ ПРОНИЦАЕМОСТИ НА ОТРАЖЕНИЕ ВОЛНЫ ДАВЛЕНИЯ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ

Распространение волны давления в протяженных вертикальных скважинах – важная задача для нефтяной и газовой промышленности. При этом гидравлический удар, являющийся источником волн давления в слабо сжимаемой среде, может происходить как из-за отказа оборудования, так и в рамках проведения мероприятий по повышению отдачи скважины. Ранее было показано, что низкочастотные колебательные процессы, к которым можно отнести и гидравлический удар в протяжённых скважинах, могут увеличить отдачу скважины [4, 5]. Поэтому важно понимать механизм отражения волны давления при гидравлическом ударе для того, чтобы иметь возможность более эффективно проводить работы по повышению отдачи скважины. Ранее уже были рассмотрены подобные задачи, однако фокус этих работ чаще всего обращен либо на практические аспекты [2], волновое либо на уравнение для скважины и фильтрацию флюида через призабойную зону [3,4], либо на непосредственно призабойную зону [1], отходя немного в сторону от вопросов взаимодействия волны давления и призабойной зоны.

Рис. 1

Цель работы – рассмотреть влияние проницаемости призабойной зоны протяженной вертикальной скважины на отражение волны давления (волны гидравлического удара) в слабо сжимаемой среде. Для решения этой задачи была построена математическая модель. Скважина представлялась как двумерный осесимметричный плоский канал с диаметром 0,03 м и высотой 2 км (см. рис. 1, ПТ – пористое тело). Призабойная зона моделировалась с помощью пористого тела (в конце скважины) с постоянной пористостью. Проницаемость пористого тела варьировалась в пределах $5 \cdot 10^{-10} \ldots 5 \cdot 10^{-12}$ м^2. Движение жидкости и распространение волн давления описывалось уравнениями Навье-Стокса. Сжимаемость среды учитывается с помощью уравнения Тейта. Потери давления на пористом теле в случае ламинарного течения (а в данном случае течение считаем ламинарным) используется закон Дарси. Двумерные уравнения Навье-Стокса решены с помощью метода конечных объемов. В расчёте также учтена гравитация, которую учитывать

необходимо из-за большой вертикальной протяженности скважины и большой величины гидростатического давления.

В качестве граничных условий на входе в расчётную область (на верхней границе канала, см. рис. 1) задан профиль давления, соответствующий 1 с покоя, затем 0,5 с открытия задвижки и линейного роста давления с 0 атм. до 200 атм. и после этого, с 1,5 до 2 с – давление 200 атм. Затем (от 2 с и далее) на входной границе задана стенка (т.е. условие прилипания). Таким образом, моделируется неполный гидравлический удар. На левой границе расчётной области задано условие симметрии, на всех остальных границах – условие прилипания. Для расчёта построена структурированная конечно-объемная сетка размерностью 10 тысяч элементов.

В качестве основных результатов рассмотрим изменение давления во времени в точке, расположенной на пересечении входной границы и оси симметрии (рис. 2). На графике для всех значений проницаемости можно выделить три экстремума: первый – от 1,5 до 2 с, одинаковый для всех (т.к. обеспечивается граничным условием), второй – в промежуток с 4 до 6 с, соответствует первому приходу отражённой волны, третий – с 7 до 9 с, соответствует второму приходу отражённой волны. Наиболее сильно разница в поведении относительно проницаемости заметна на втором экстремуме. Всего можно выделить три зоны: с относительно большой проницаемостью (вплоть до $5 \cdot 10^{-10}$ м^2) – в этом случае пористое тело не оказывает существенного сопротивления волне гидравлического удара, и она отражается беспрепятственно; вторая зона – проницаемость от $2 \cdot 10^{-10}$ до $1{,}43 \cdot 10^{-10}$ м^2 – когда волна гидравлического удара отражается с другим знаком (и приходит уже волна разрежения), и третья зона – от $1{,}25 \cdot 10^{-10}$ м^2 и менее – волна гидравлического удара отражается с тем же знаком, и с уменьшением проницаемости наблюдается рост величины отраженного давления с 20 атм. в случае проницаемости $1{,}25 \cdot 10^{-10}$ м^2 вплоть до 370 атм. при проницаемости $5 \cdot 10^{-12}$ м^2, причем этот рост нелинейный. Кроме того, меняется еще и величина затухания волны – чем меньше проницаемость, тем меньше затухает волна гидравлического удара (в пределе будет только вязкое затухание).

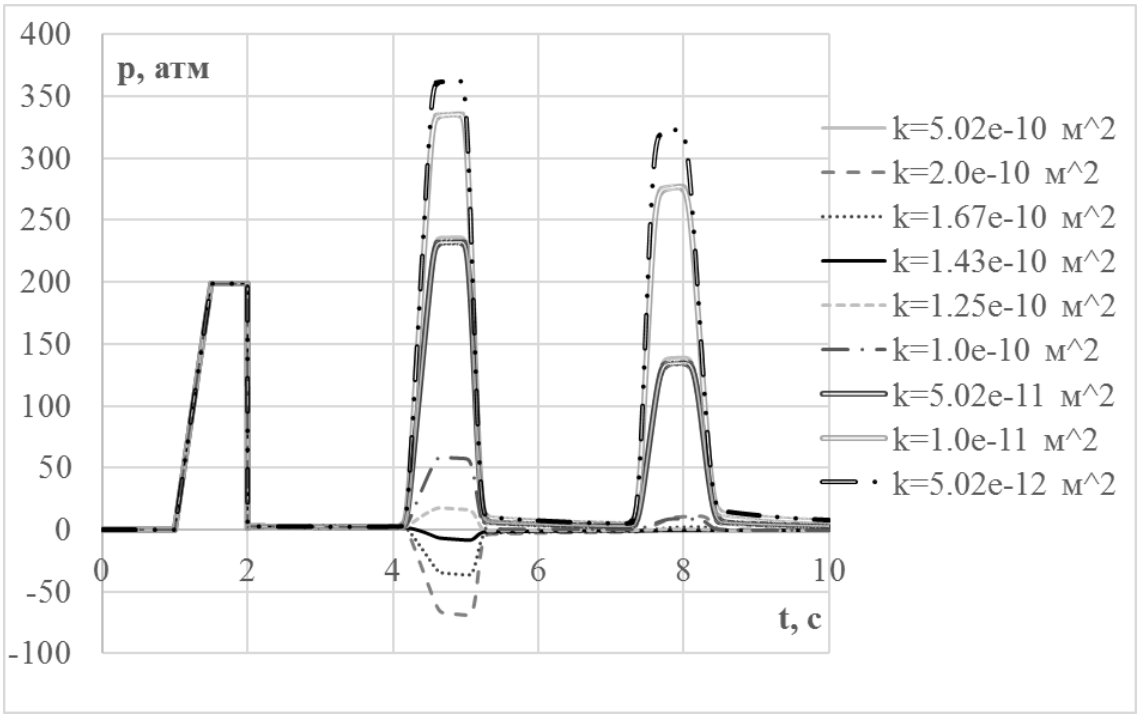


Рис. 2

Вывод. Проницаемость призабойной зоны очень сильно влияет как на качественные характеристики распространения гидравлического удара, так и на количественные. Показано существование точки бифуркации. Полученные результаты можно использовать для конструирования средств защиты от гидравлического так и для оценки проницаемости пласта при проведении гидравлических ударов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гималтдинов И.К., Ильясов А.М. Моделирование потерь давления на трение в призабойной зоне трещины ГРП // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. 2020. № 1. С. 91–103.
2. Коршунов Г., Шипулин А. Трещинообразование в дегазационной скважине созданием гидроударов // Безопасность труда в промышленности. 2014. № 6. С. 47–49.
3. Ляпидевский В.Ю., Неверов В.В., Кривцов А.М. Математическая модель гидроудара в вертикальной скважине // Сибирские электронные математические известия. 2018. № 0 (15). С. 1687–1696.
4. Chengzhi Q. [и др.]. Predicting the permeability of the near-bottomhole zone during wave impact // Journal of Mining Institute. 2022. (258). С. 986–995.
5. Elkhoury J.E., Brodsky E.E., Agnew D.C. Seismic waves increase permeability // Nature. 2006. № 7097 (441). С. 1135–1138.

УДК 697.329

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

СИСТЕМА НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОБОГРЕВА ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАВЯЩИХСЯ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы – изучить эффективность конструкции теплового накопителя (ТН) с фазопереходным (плавящимся) теплоаккумулирующим материалом (ТАМ) как одного из важнейших элементов инженерной системы обогрева зданий.

В настоящее время в России, исходя из соображений рационального использования энергетических ресурсов, а также в виду минимизации вреда окружающей среде и соблюдения основных принципов Федерального закона № 261-ФЗ (ред. от 14.07.2022) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты» (Федеральный закон № 261-ФЗ, 2009) [1], возрастает потребность в проектировании конструкций с использованием энергоаккумулирующих материалов для энергосбережения и рационального использования энергетических ресурсов.

Под фазопереходными (плавящимися) ТАМ подразумеваются материалы, которые способны удерживать и отдавать большое количество теплоты, сохраняя при этом постоянную температуру. Как видно из рис. 1 такие ТАМ имеют возможность удерживать и отдавать (забирать) большее количество тепла (энергии), сохраняя при этом постоянную температуру в отличие от однофазных (твёрдых и жидких).

Преимущества использования плавящихся ТАМ по сравнению с однофазными системами:

- Поглощают и выделяют теплоту при почти постоянной температуре.
- Накапливают в 5–14 раз больше теплоты на единицу объема, чем такие «обычные» материалы для хранения, как вода или камень.
- Могут быть использованы в составе энергоустановок на возобновляемых источниках энергии. Возобновляемые и альтернативные источники энергии обеспечивают способ производства энергии, который не зависит от ископаемого топлива [3].

Фазопереходных (плавящихся) материалов много. Потому необходимо определить требования для выбора эффективного ТАМ (таблица 1).

Таблица 1 – Требования к фазопереходным (плавящимся) ТАМ [4]

Теплофизические	Химические	Экономические и экологические
Температура плавления, подходящая для конкретного применения ТАМ, от 20 до 80 °С	Стабильность.	Низкая стоимость.
Высокое значение теплоты плавления; удельной теплоёмкости; теплопроводности, плотности твёрдой и жидкой фаз; скорости изменения фаз	Отсутствие разложения при кристаллизации, сохранении теплоты и плавлении	Высокая экономическая эффективность.
Циклическая стабильность	Негорючесть и взрывобезопасность.	Доступность.
Низкое давление пара ТАМ	Нетоксичность.	Экологическая безопасность.
Небольшое изменение объема во время плавления	–	–
Однородная структура	–	–

Расчёт конструкции ТН с фазопереходными (плавящимися) ТАМ более сложен, чем систем с однофазными ТАМ. В первую очередь это связано с тем, что теплофизические свойства ТАМ скачкообразно меняются на границе фазового перехода.

Чаще всего для упрощения расчётов принимается, что плотность ТАМ постоянна для расплава и твёрдого состояния. Представляется, что эта вынужденная, с одной стороны, мера, оправдана мало, приводя к серьёзным погрешностям расчётов. Ведь разность плотностей фаз пригодных для накопления теплоты в рассматриваемом случае ТАМ может достигать 30 %.

Определённые перспективы по существенному уточнению расчётных моделей подобных ТН открывает предложенный в [5] способ проведения расчётов в привязке к безразмерной скорости передвижения границы раздела фаз. Помимо использования теплофизических свойств для каждой фазы, есть ещё и возможность учёта форы ячеек с ТАМ.

К примеру, на рис. 2 изображен ТН с плавящимся ТАМ в сферических ячейках, разработанный специалистами Государственного научно-исследовательского энергетического института им. Г.М. Кржижановского (г. Москва). Здесь: 1 – подвод теплоносителя; 2 – фланец; 3 – предохранительный клапан; 4 – кассета с засыпкой из сферических ячеек с плавящимся ТАМ; 5 – тепловая изоляция; 6 – трубный держатель кассет; 7 – фланец; 8 – отвод теплоносителя.

При заряде поступающий через патрубок 1 горячий теплоноситель омывает находящиеся в кассетах 4 ячейки. Каждая ячейка представляет собой сферическую капсулу с находящимся внутри фазопереходным (плавящимся) ТАМ. Под воздействием теплоты происходит процесс теплопередачи от теплоносителя к ТАМ через стенки капсул. Если температура теплоносителя выше температуры плавления ТАМ, то материал начинает плавиться и запасает энергию. Остывающий теплоноситель проходит в нижнюю часть ТН и покидает установку через патрубок 8.

При разряде происходит обратный процесс. Поступающий через патрубок 1 холодный теплоноситель омывает кассеты 4 с ячейками. Под воздействием теплоты, выделяющейся при затвердевании ТАМ, происходит процесс теплопередачи от через стенку капсулы от материала к теплоносителю. Нагретый теплоноситель проходит в нижнюю часть ТН и покидает установку через патрубок 8.

Рис. 1. Сравнение производительности систем ТН с сохранением энергии в твёрдых, жидких и плавящихся ТАМ [2]: I – ТН с плавящимся ТАМ в твёрдом состоянии

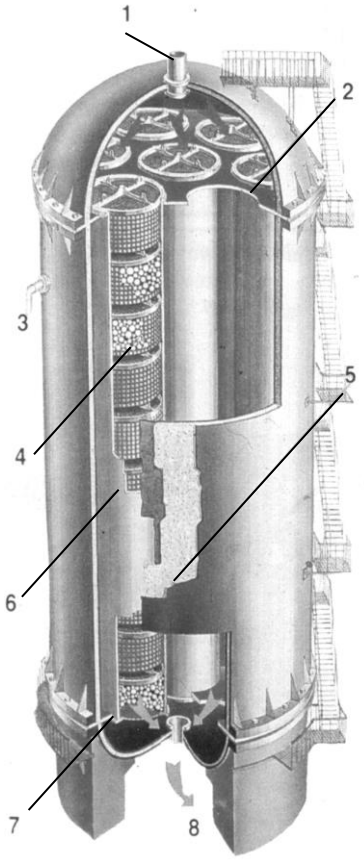


Рис. 2. Проект ТН промышленного назначения с плавящимся ТАМ [6]

Принцип расчета сферической ячейки с плавящимся ТАМ приведён в [7].

В результате исследования можно сделать *выводы*:

1. Использование в конструкции ТН фазопереходных (плавящихся) ТАМ позволяет получить более высокие энергетические показатели по сравнению с применением однофазных (твёрдых и жидких) материалов.

2. Приводимое в [4] требование о высоком значении скорости изменения фаз представляется ошибочным. Высокая скорость плавления (затвердевания) ТАМ говорит о малой удельной скрытой теплоте фазового перехода. Это приводит к увеличению массогабаритных характеристик конструкции ТН и ухудшает энергетические характеристики.

3. Использование ТН с фазопереходными (плавящимися) ТАМ в строительной отрасли позволяет снизить уровень производства и потребления энергии за счёт её перераспределения, что также дает возможность снизить негативное воздействие на окружающую среду при сохранении требуемых параметров инженерной системы обогрева зданий.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 14.07.2022) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

2. Abhishek S., Swagatika P., Ashutosh S., Aslam B. Energy Storage System for Heating and Cooling Application Using PCM // International Journal of Advance Research in Engineering, Science & Technology (IJAREST) Volume 5, Issue 7, July 2018, e-ISSN: 2393-9877, print-ISSN: 2394–2444.

3. Pourakbar Sharifi, Naser & Shaikh, Ahsan Aadil Nizam & Sakulich, Aaron. (2016). Application of Phase Change Materials in Gypsum Boards to Meet Building Energy Conservation Goals. Energy and Buildings. 138. 10.1016/j.enbuild.2016.12.046.
4. Alexander V. Phase Change Materials with Enhanced Thermal Conductivity and Heat Propagation in Them // Physchem 2022, 2, 18–42.
5. Куколев М.И. Основы проектирования тепловых накопителей энергии. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2001. – 240 с.
6. Проспект ЭНИН – М.: Внешторгиздат. – Изд. №18119эс.
7. Дворниченко П.Ю., Куколев М.И. Термодинамическая эффективность сферической капсулы теплового накопителя энергии // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. 2022. № 1 (241). С. 54–56.

УДК 697.329

У.А. Шацкая, М.И. Куколев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЛИЯНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА РАБОТУ ГРУНТОВОГО НАКОПИТЕЛЯ ТЕПЛОТЫ

Ввиду непостоянного характера выработки энергии за счет гелиоустановок, сильной зависимости эффективности данных систем от текущих погодных условий, географического расположения, времени суток и сезона, тепловое аккумулирование является основополагающим фактором эффективности работы подобных систем энергоснабжения.

Правильный расчет накопителя теплоты, с учетом необходимого количества исходных данных, способен обеспечить не только высокий КПД системы, но и стабилизировать нагрузку на инженерные системы здания, снижая вероятность возникновение аварийных ситуаций [2, 3].

Целью работы является анализ зависимости работы грунтового накопителя теплоты (далее – ГНТ) от геологического фактора расположения проектируемой системы.

Для достижения поставленной цели были рассмотрены различные сценарии геологического расположения ГНТ, рассмотрен случай водонасыщенных грунтов, а также проведен анализ полученных расчетных данных.

К примеру, ГНТ состоит из теплоизолированной от окружающей среды системы, включающей горизонтальные каналы/вертикальные скважины, которые помещены в грунт (рис. 1).

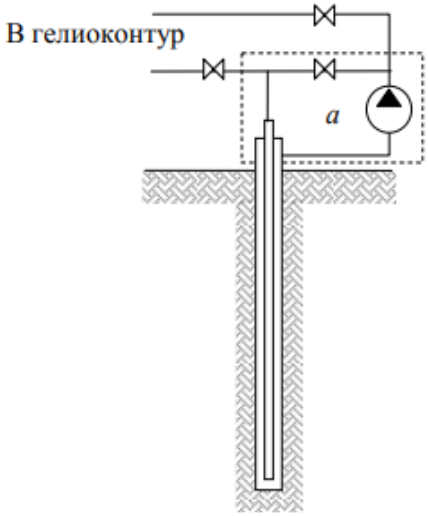


Рис. 1. Схема грунтового теплообменника с двумя контурами циркуляции теплоносителя

Принцип работы ГТА заключается в копплении энергии за счет теплоемкости грунта до мента забора потребителем, при этом, личество теплоты, поглощаемой грунтом, может ть рассчитано по формуле (1):

$$Q = m \int_{T_0}^{T_1} C_p dT, \qquad (1)$$

где m – масса грунта, (примем для расчета 1 кг); C_p – теплоемкость грунта; T_0 (8,6 °С) – начальная температура, постоянная температура грунта, не зависящая от окружающей среды, на глубине 2,4 м (данные портала Climate-Energy.Ru. для г. Мценск); T_1 (78 °С) – конечная температура ГНТ.

В большинстве случаев грунты состоят из трех компонент: твердых частиц, воды и воздуха или иного газа, т. е. составные части грунта находятся в трех состояниях: твердом, жидком и газообразном.

Соотношение и индивидуальные характеристики этих компонентов обусловливают многие свойства грунтов – в том числе и теплоемкость [4] (таблица 1).

В данной работе рассматривались грунты различных составов:

– Дисперсные грунты (песок, глина) – Это горные породы, состоящие из фракций минералов разного размера, которые появляются при выветривании скальных поверхностей и передвижением этих частиц водным, золовым путём;
– Скальный грунт (гранит) – метаморфические и осадочные породы с жесткими связями между зернами (спаенные и сцементированные), залегающие в виде сплошного или трещиноватого массива.
– Гумусированный грунт/Торфяной грунт – грунт, содержащий устойчивые высокомолекулярные органические вещества.

Таблица 1 – Теплоемкость компонентов грунта [4]

Вид компоненты грунта	Теплоемкость компоненты грунта, кДж/(кг·°С)
Песок	0,86
Глина	0,88
Гранит	0,75
Гумус	2,01
Вода	4,2

Теплоемкость воздуха в грунте близка к нулю в виду малого весового содержания в трехкомпонентной системе, поэтому – при расчете не учитывается.

Следует отметить, что увеличением влажности теплоемкость грунта возрастает. При этом рассчитать зависимость теплоемкости грунта от влажности можно по формуле:

$$C_{\text{вл}} = C_{\text{Т}}(1 - W) + W C_{h2o}\,, \qquad (2)$$

где C_{h2o} – удельная теплоемкость воды; $C_{\text{Т}}$ – удельная теплоемкость твердой компоненты грунта; W – массовая влажность (примем от 10 до 50).

После проведения необходимых расчетов, были выведены следующие графики:

На рисунке 2 представлен график зависимости теплоемкости грунта от его состава, на котором видно, что теплоемкость грунта линейно возрастает с увеличением влажности.

На рисунке 3 показан количественный график аккумулированной теплоты в зависимости от теплоемкости грунта.

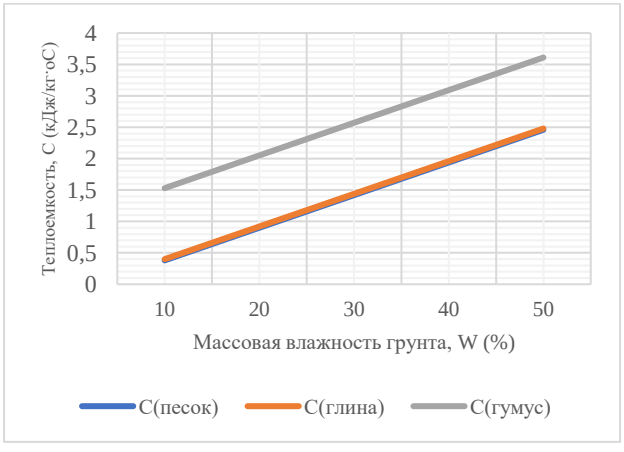


Рис. 2. Зависимость теплоемкости грунта от массовой влажности

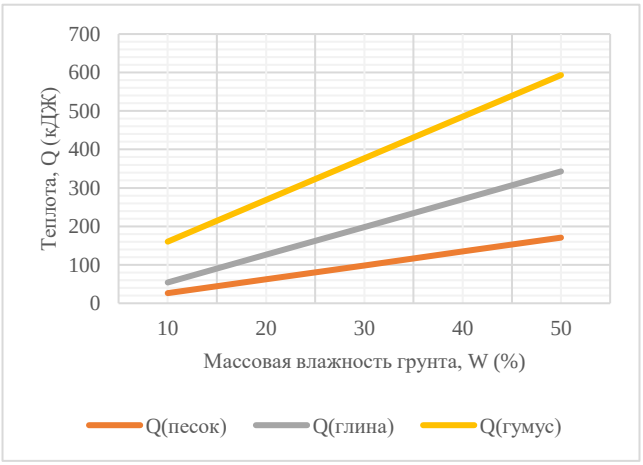


Рис. 3. Зависимость запасаемой теплоты от массовой влажности грунта

Выводы:

Теплоемкостные характеристики грунта пропорциональны массовой влажности грунта.

Водонасыщенный дисперсный грунт является более подходящим для размещения ГНТ, чем скальный.

Гумусированный грунт может быть успешно использован лишь в случае горизонтальных грунтовых теплообменников ввиду недостаточной мощности слоя для вертикальных скважин.

Стоит учесть, что дополнительно требуется провести исследования зависимости теплопроводности и потерь теплоты, поглощенной влагосодержащим грунтом для уточнения характеристик, влияющих на эффективность ГНТ.

В целях оптимизации системы [5] можно предусмотреть на этапе проектирования следующие дополнительные мероприятия:

1. Предусмотреть теплоизоляцию и гидроизоляцию по поверхности ГНТ, для минимизации тепловых потерь;
2. Предусмотреть мероприятия по уплотнению грунта;
3. Рассмотреть возможность увеличения количества теплообменников;
4. Рассмотреть возможность размещения ГНТ под объектом-потребителем (в случае отсутствия функциональных ограничений), для трансформации тепловых потерь в «полезные»;
5. Рассмотреть возможность включения в систему теплового насоса.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Высочин В.В., Громовой А.Ю. Роль грунтового теплообменника в сглаживании неравномерности работы гелиосистемы // − Праці Одеського політехнічного університету, 2013. Вип. 2(41) – с. 148-152.
2. Бабаев Б.Д. Разработка и исследование энергосистем на основе возобновляемых источников с фазопереходным аккумулированием тепла // Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Махачкала, 2016. – 345 с.
3. Мозговой А.Г., Шпильрайн Э.Э., Дибиров М.А. Теплофизические свойства теплоаккумулирующих материалов. Кристаллогидраты: обзоры по теплофизическим свойствам веществ // − М.: ИВТАН, 1990. − Вып. № 2 (82). − с. 3–105.
4. Андрианов П.И. Связанная вода почв и грунтов // Труды Института мерзлотоведения им. В.А. Обручева− Вып. I, 1946 г. – с. 138.
5. Журмилова И.А. Совершенствование систем тепло- и холодоснабжения зданий с применением грунтовых теплообменников // Диссертация на соискание ученой степени кандидата Технических наук: ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2016 – 323 с.

УДК 697.97

Е.Б. Заводнова, М.И. Куколев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОХЛАЖДЕНИЯ В ЦЕНТРАХ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ (ЦОД)

Цель работы – повышение эффективности работы центров обработки данных за счет внедрения энергоэффективных систем охлаждения.

В последние годы наблюдается значительный спрос на центры обработки данных (ЦОД), что можно объяснить цифровой трансформацией общества и растущей популярностью облачных сервисов. Соответственно, количество ЦОДов растет, а существующие объекты продолжают расширяться.

Увеличение числа библиотек машинного обучения и внедрение новых алгоритмов привели к прорыву в развитии нейросетей. В 2022 году искусственный интеллект (ИИ) перешел из нишевого сегмента в массовый. Растущий из года в год интерес к ИИ способствует увеличению

инвестиций в цифровую сферу. А это, в свою очередь, увеличивает спрос на вычислительные мощности современных ЦОД как у облачных провайдеров, так и у крупных компаний, которые планируют использовать адаптивные системы на базе ИИ для внедрения новых бизнес-моделей и совершенствования сервиса с акцентом на персонализированное обслуживания клиентов. «Интернет вещей (IoT)» стремительно развивается, в результате чего в ближайшие годы ожидается рост объема данных, для обработки которых потребуется еще более продвинутая цифровая инфраструктура [1, 2].

Вследствие роста спроса на услуги ЦОД на фоне активной цифровизации, массового перехода на удаленную работу и иных последствий пандемии, системы охлаждения серверов стали еще более востребованным продуктом. Согласно оценкам экспертов, в 2020-2023 гг. оборот мирового рынка систем охлаждения ЦОД составил в 15,2 млрд. долларов США, но уже 2027 году показатель достигнет 45,3 млрд. долларов США, увеличиваясь ежегодно в среднем на 16,9% в течение прогнозного периода (2020-2027 гг.) [3].

Вопрос повышения энергоэффективности на сегодняшний день все еще остается актуальным. Существует широкий спектр подходов и технологий, способных решить эту задачу. В то же время современный ЦОД является сложной системой и для решения вопроса энергоэффективности обязателен системный подход. На стадии проектирования необходимо связывать вопросы энергоэффективности и применения современных технологий с другими параметрами ЦОД – требуемой надежностью, месторасположением, целевым использованием, доступным размером территории. Например, низкий PUE (Power Usage Effectiveness – коэффициент эффективности использования электроэнергии, в современных ЦОД от 2,5 до 1,1) без применения фрикулинга вряд ли достижим. При этом использование фрикулинга накладывает дополнительные ограничения на проект в целом. При круглогодичном прямом охлаждении требуется чистый окружающий воздух, способность оборудования работать при повышенных температурах (25°C и выше). Низкий PUE как мера энергоэффективности неверно считать целью, это средство. Отсюда вывод – ошибочно сравнивать PUE различных ЦОД без привязки к целевому использованию и условиям эксплуатации объектов. При борьбе за энергоэффективность как на этапе проектирования, так и на этапе эксплуатации всегда надо помнить о правиле Парето – 20% усилий приносят 80% успеха. Необходимо концентрироваться на снижении энергопотребления наиболее «прожорливых» систем. Это прежде всего система охлаждения (30% и более от общего энергопотребления при классической системе), КПД ИБП (до 10%), потери в энергораспределительной системе (до 5%). именно на системе охлаждения сконцентрировано наибольшее внимание при проектировании энергоэффективной системы. Причем под системой охлаждения следует понимать не только сами устройства, производящие холод, но и распределение потоков холодного/горячего воздуха и термоизоляцию. Фрикулинг (как минимум сезонный), изолированные горячие/холодные коридоры, повышение температуры холодного коридора – это базовый, но далеко не полный перечень мер энергоэффективности, применяемых во всех современных системах охлаждения ЦОД, вне зависимости от концепции построения и надежности. На этапе эксплуатации необходимо первостепенное внимание уделять системе охлаждения. Можно запроектировать горячие/холодные коридоры, но несколько единиц неверно установленного оборудования, которые гонят воздух в обратную сторону, могут сильно испортить распределение воздушных потоков. Незакрытые двери изолированных коридоров, неправильно расположенные решетки фальшпола, запыленные фильтры блоков кондиционеров, плохая термоизоляция стен и перекрытий – такие мелочи снижают эффективность правильно спроектированной системы охлаждения на десятки процентов.

Таким образом, выявлено что вероятным ключевым фактором, стимулирующим интерес к охлаждающим системам в центрах обработки данных, является внедрение энергоэффективных технологий охлаждения внутренних систем дата-центров нового

поколения. Инновационные изыскания в плане новых «зеленых» и энергоэффективных решений продолжатся и будут актуальными в ближайшее время.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Энергоэффективность центров обработки данных // https://www.it-world.ru/tech/practice/180020.html
2. Мировой рынок ЦОД: глобальные тенденции в 2023 году // https://vc.ru/ixcellerate/616298-mirovoy-rynok-cod-globalnye-tendencii-v-2023-godu
3. Охлаждение серверов // https://telecombloger.ru/171596
4. Энергоэффективность ЦОД: способы измерения и повышения // http://tssonline.ru/articles2/data-centers/energoeffektivnost-tsod

УДК 697.911

А.С. Андропов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРОЕКТ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ УКРЫТИЯ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ МОЩНОСТЬЮ 16 МВт

Цель работы – исследовать влияние температуры и концентрации топлива в вентиляционном воздухе на выходе из укрытия газотурбинной установки на температуру и концентрацию топлива в свежем вентиляционном воздухе с учетом параметров системы вентиляции и ветровых условий эксплуатации проекта системы вентиляции перспективной газотурбинной установки мощностью 16 МВт.

Промышленные газотурбинные двигатели (далее – ГТД) применяются в качестве источника механической энергии и широко распространены в отраслях промышленности, таких как электроэнергетика [1], газотранспорт [2], добыча полезных ископаемых [3], металлургия [4] и др. Распространение ГТД можно объяснить их высоким коэффициентом полезного действия в простом цикле(до 41%), высокой полезной мощностью до 300 МВт, большим полным ресурсом эксплуатации до 20 лет и др. Помимо перечисленных параметров важным требованием является обеспечение безопасности и безаварийной эксплуатации ГТД.

Одна из причин возникновения аварийных ситуаций при работе ГТД может возникнуть в результате утечки топлива, а именно взрывоопасного сжатого природного газа [5] или нефтяного попутного газа [3], который поступает через неплотности в соединениях трубопроводов и корпусе ГТД, а в случае нарушения их целостности, топливный газ заполняет пространство вокруг двигателя, создавая условия для возникновения взрыва [5]. Помимо топливного газа, газообразная рабочая среда ГТД с температурой до 1000 °С может поступать через неплотные соединения его корпуса и выхлопных патрубков в зону обслуживания двигателя, тем самым создавая угрозу для эксплуатирующего персонала и оборудования. Еще одной угрозой при эксплуатации ГТД является высокая температура стенки корпуса ГТД, которая может достигать 400 °С и более [5].

Для исключения возникновения аварийных ситуаций, вызванных указанными причинами, ГТД комплектуется герметичным укрытием (рис. 1), выполненным из многослойных ограждающих конструкций, в котором за счет системы вентиляции осуществляется непрерывный воздухообмен внутреннего объема укрытия с атмосферным воздухом [2, 5, 6] и др.

Согласно [5] принцип действия системы вентиляции ГТД основан на следующей последовательности (рис. 1). Предварительно свежий атмосферный воздух очищается от загрязнений на блоке фильтров 3, при необходимости подогревается, и вентилятором 4 подается в переднюю холодную часть укрытия 1. Далее воздух под действием разности давлений поступает в горячую часть, снимая тепловую энергию с горячих поверхностей ГТД

2, разбавляет утечки топливного газа и рабочего высокотемпературного тела и через выходное окно укрытия поступает в атмосферу.

Таким образом, система вентиляции укрытия ГТД выполняет следующие задачи: снижает концентрацию утечек топливного газа и рабочей среды до безопасного уровня посредствам разбавления и удаления их из укрытия в атмосферу, охлаждает внутреннюю полость и элементы укрытия ГТД, равномерно снимает тепло с корпуса ГТД, что исключает его температурный перекос.

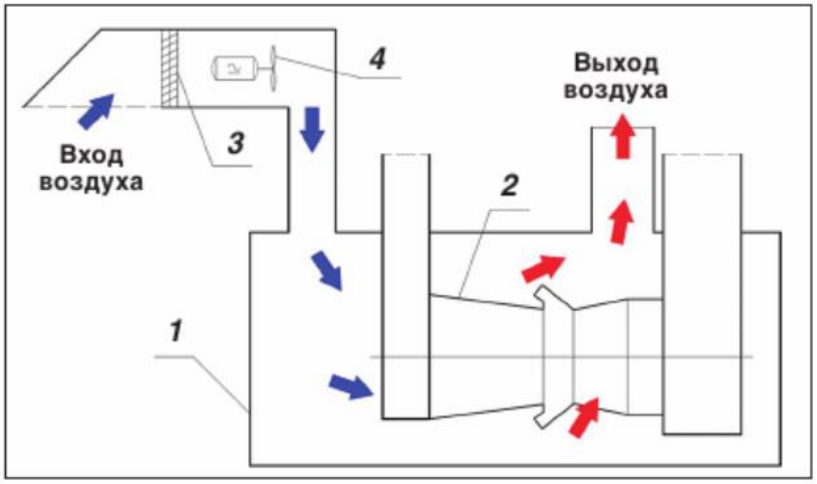


Рис. 1. Схема системы вентиляции укрытия ГТД [5]:
1 – укрытие ГТД; 2 – ГТД с оборудованием; 3 – комплекс очистительных устройств и кондиционирования свежего воздуха; 4 – вентиляторная установка

Обзор литературных источников показал наличие научных работ, объектом исследования в которых является ГТД и его влияние на окружающее пространство и взрывобезопасность в укрытии, либо работ, посвящённых исследованию движения вентиляционного воздуха в границах укрытия ГТД, например, [5, 7, 8].

В значительно меньшем количестве и упрощенном уровне проработки выполнены работы, посвященные исследованию системы вентиляции, то есть работы, в которых объектом исследования является не двигатель, а система вентиляции, как совокупность устройств для кондиционирования, транспортирования, подачи и удаления вентиляционного воздуха, применимо к укрытиям ГТД, и влияние системы вентиляции на параметры работы ГТД.

Бóльшая часть работ, как правило, не содержат исследований, выходящих за пределы объема укрытия ГТД, только некоторые работы затрагивают оборудование системы вентиляции, течение воздуха в ее воздушных патрубках и каналах, например, работа [9].

Ни одна из опубликованных работа не содержит результатов исследований влияния температуры и содержания утечек топлива в выходном вентиляционном воздухе укрытия на свежий воздух в сечении всасывания из атмосферы. Результаты такого исследования востребованы при разработке систем вентиляции уличных и компактных газотурбинных установок, размещенных в укрытии, работающих на газообразном топливе, в конструкции которых выходное сечение выпускного патрубка системы вентиляции расположено близко к входному сечению всасывающего патрубка системы вентиляции (рис. 2).

Таким образом, исследование влияния температуры и концентрации утечек топлива в выходном вентиляционном воздухе укрытия ГТД на температуру и концентрацию топлива в свежем воздухе вентиляционной системы укрытия является актуальной темой исследования.

В настоящей работе предложен метод моделирования температуры и концентрации топлива в свежем вентиляционном воздухе в зависимости от их значений в выходном воздухе, разработана универсальная аналитическая математическая модель.

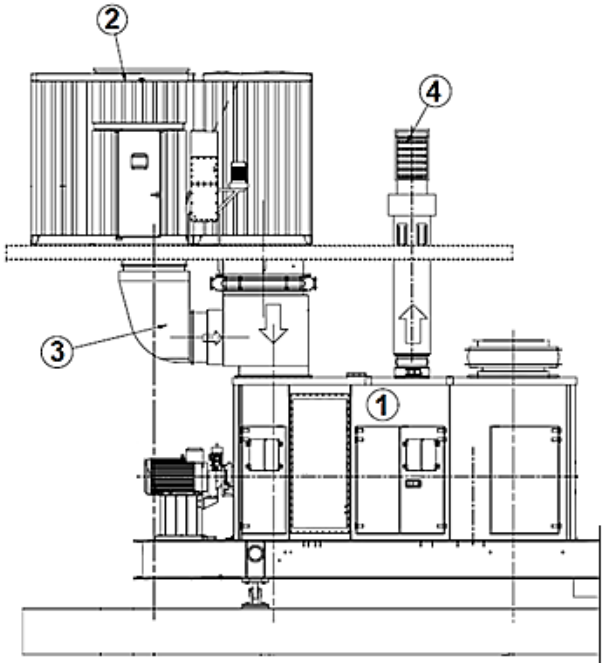


Рис. 2. Пример схемы установки ГТД в укрытие с системой вентиляции: 1 – укрытие ГТД, 2 – воздухоподготовительная камера, 3 – входной патрубок вентиляционного воздуха, 4 – выходной диффузор вентиляционного воздуха

На первом этапе была построена трехмерная расчетная модель системы вентиляции и укрытия ГТД. Трехмерная модель преобразована в конечно-элементную модель с заданием пристеночной области для моделирования пограничного слоя.

На втором этапе были заданы граничные условия входа и выхода вентиляционного воздуха, параметры топливной утечки и ветра. Выполнено 43 расчета по граничным условиям с их вариацией в расчетной системе Fluent.

На третьем этапе был применен полный факторный эксперимент, обладающий ортогональной матрицей планирования, который реализует все возможные неповторяющиеся комбинации уровней независимых переменных, каждая из которых принудительно варьируется на двух уровнях. В результате выполнения полного факторного эксперимента сформирована аналитическая математическая модель в форме полинома второго порядка. Оценка адекватности модели осуществлялась с использованием метода дисперсионного анализа. Для этого определялась дисперсия (среднее квадратичное отклонение) результатов расчёта по исходной модели и по аппроксимационной модели в исходных точках плана.

На четвертом этапе выполнен поиск экстремумов разработанной матмодели, которые позволили выдать рекомендации об устройстве системы вентиляции и о параметрах ее работы, которые позволяют минимизировать влияние выходного вентиляционного воздуха на свежий воздух в сечении всасывания.

Результаты работы позволяют минимизировать временные и трудовые затраты при проектировании системы вентиляции укрытия ГТД и конструкции самого укрытия на этапе проектной документации, что обосновывает практическую значимость исследования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Капралов Д.А. ГТЭС-24: электроэнергия для нефтегазового месторождения // Изд. Турбины и дизели – сентябрь-октябрь 2005.
2. Костюк В.К., Кирилаш Е.И. Численное моделирование теплового состояния укрытия газотурбинного двигателя для привода газоперекачивающего агрегата // Изд. Сборник научных трудов «Вестник НТУ «ХПИ», 2013.
3. Реферат: По технико-экономическому обоснованию (ТЭО-Проекту) МЛСП «Приразломная», По групповому проекту на строительстве эксплуатационных (добывающих и нагнетательных) скважин на нефтяном месторождении «Приразломное» с МЛСП // ООО «Газпром нефть шельф».
4. Ситников В.В., Усатенко А.А. Создание энергосберегающей установки для утилизации энергии доменного газа // Восточноевропейский журнал передовых технологий, 2009.
5. Андропов А.С., Тихомиров Б.А., Ерохин С.К. Моделирование теплового состояния корпуса газотурбинного двигателя, установленного в защитном кожухе // «Газовая промышленность» №4 / 751 / 2017 г.
6. Алиев А.В. Температурный режим в кожухе газоперекачивающего агрегата // 2014. С. 137–140.

7. Shcherbakov O. et al. Experimental research on the thermal state of a shell for noise and heat insulation of the gte90l2 gas turbine engine used for the mechanical drive of the gcu-c-16s turbo-compressor package // Eastern-European J. Enterp. Technol. 2015. Т. 6. № 7. С. 35–42.
8. Андропов А.С., Тихомиров Б.А. Обеспечение внешнего охлаждения газотурбинного двигателя на основе моделирования теплового состояния корпуса // Научный журнал «Морские интеллектуальные технологии» / СПбГМТУ / №2 (40) Т.1 / 2018 г. / ISSN 2588-0233.
9. Corsini A. et al. Numerical assessment of fan-ducting coupling for gas turbine ventilation systems // Proceedings of the ASME Turbo Expo, 2015.

УДК 699.86

Е.М. Брехов, С.В. Корниенко
Волгоградский государственный технический университет

НУЖНО ЛИ ТЕПЛОИЗОЛИРОВАТЬ ПОЛ ПО ГРУНТУ В ЗЕЛЕНЫХ ЗДАНИЯХ?

Зеленые технологии – мегатренд современной архитектуры [1–3]. Одним из ключевых направлений устойчивого развития государства является жилищное зеленое строительство. Зеленое здание отвечает требованиям комфортного проживания. Оно энергоэффективно и имеет высокий уровень ресурсосбережения. Зеленое здание экологически безопасно: в нем реализован комплекс мер по сокращению выбросов парниковых газов. Потребность в строительстве зеленых зданий чрезвычайно высока и определяется, главным образом, необходимостью сохранения природной среды для будущих поколений.

Характерной особенностью зеленых зданий является размещение на первом этаже квартир с отдельными входами. Такое архитектурное решение имеет ряд преимуществ.

Во-первых, за счет совпадения уровней пола и территории создается безбарьерная среда, в которой маломобильные группы населения могут свободно попадать в квартиры без посторонней помощи. Во-вторых, у внешнего контура здания могут быть организованы миниобщественные коллективные пространства с помощью зеленых помещений, палисадников, газонов. Указанные пространства являются активными элементами зеленой архитектуры и могут быть легко адаптированы к нуждам жильцов [4]. В-третьих, отсутствие заглубленных в грунт подвалов снижает антропогенное воздействие на земную поверхность. В-четвертых, повышается уровень комфортности среды. В летний период года деревья с плотной кроной защищают жилые помещения от прямых солнечных лучей, смягчая тепловой режим помещений и снижая потребность в кондиционировании воздуха. Применение современных теплонасосных систем теплохладоснабжения зданий повышает уровень комфортности среды [5].Строительство зеленых зданий смягчает эффект городского теплового острова, повышая теплотехническое качество мегаполиса [6].

Учитывая высокую актуальность жилищного зеленого строительства, термин «зеленое многоквартирное жилое здание» официально закреплен в новой редакции российских норм проектирования СП 54.13330.2022 «Здания жилые многоквартирные» (п. 3.1.11), а в определении термина «этаж жилого многоквартирного здания» в том же документе (п. 3.1.41) предусмотрена возможность устройства пола по грунту в жилых помещениях.

Процесс теплопередачи через пол по грунту подчиняется сложным закономерностям. Температурное поле грунта трехмерно. Если вдали от внешнего контура здания температура на поверхности пола почти такая же, что и внутреннего воздуха, то по мере приближения к наружным стенам температура пола снижается, и главное в том, что существенно затрудняется прогноз температурного режима на этих участках пола.

Снижение температуры в краевых зонах пола приводит к росту тепловых потерь. Циклические колебания температуры наружного воздуха и теплового потока приводят к формированию сложного нестационарного теплового режима грунта. При высоком уровне

грунтовых вод грунт, соприкасающийся с полом, дополнительно увлажняется, что приводит к дополнительным потерям теплоты через пол по грунту.

Поэтому уже на стадии проектирования необходимо правильно определять теплотехнические характеристики пола по грунту [7].

Целью работы является оценка влияния различных вариантов теплоизоляции пола по грунту на теплопотери конструкции.

Рассмотрим пол по грунту *L*-образной формы для квартиры, расположенной на первом этаже многоквартирного дома. Такая форма характерна для современных архитектурных решений и обусловлена необходимостью обеспечения сквозного или углового проветривания квартиры в условиях компактной застройки.

По базовому варианту пол по грунту не утеплен. Исходя из заданных размеров периметр пола равен 40 м, площадь пола – 64 м^2. По конструктивным требованиям плита пола толщиной 0,3 м выполнена из монолитного железобетона плотностью 2500 кг/м^3 в сухом состоянии. Толщина стены 0,5 м. Расчетная теплопроводность железобетонной плиты 1,92 Вт/(м·К), теплопроводность грунта 2 Вт/(м·К). Сопротивление теплообмену внутренней поверхности плиты 0,16 м^2·К/Вт, что учитывает процессы конвективного и лучистого теплообмена в помещении. Сопротивление теплообмену наружной поверхности плиты принято равным нулю, так как плита непосредственно контактирует с грунтом. Влияние грунтовых вод на здание не учитывается.

По результатам расчета тепловых характеристик зданий согласно ГОСТ Р ИСО 1 3370-2016, для базовой конструкции получено значение коэффициента теплопередачи пола по грунту U = 0,82 Вт/(м^2·К). Это значение указывает на относительно низкие теплозащитные свойства пола. Поскольку коэффициент теплопередачи определен для всей поверхности пола, в краевых зонах, примыкающих к наружным стенам, теплозащитные свойства будут еще ниже. Необходима теплоизоляция базовой конструкции пола по грунту для обеспечения комфортных условий нахождения человека в помещении и требований энергосбережения.

Рассмотрим следующие способы теплоизоляции пола по грунту:

1. Умеренная теплоизоляция краевой зоны пола. По периметру железобетонной плиты между плитой и грунтом предусмотрена горизонтальная теплоизоляции в виде плит из экструдированного пенополистирола толщиной 0,025 м, шириной 2 м. Расчетная теплопроводность экструдированного пенополистирола $\lambda_{ут}$ = 0,031 Вт/(м·К). Торцы плиты пола также теплоизолируются, что практически исключает тепловой поток в сторону наружной стены.

2. Повышенная теплоизоляция краевой зоны пола. По сравнению с предыдущим способом толщина теплоизоляции увеличена до 0,1 м, что способствует выравниванию температур на поверхности пола.

3. Умеренная теплоизоляция пола. По всей площади ниже плиты пола предусмотрена теплоизоляция в виде плит толщиной 0,025 м из экструдированного пенополистирола. Такой способ повышает уровень теплозащиты не только краевых зон пола, но и всей конструкции.

4. Повышенная теплоизоляция пола. По сравнению с предыдущим способом толщина сплошной теплоизоляция плиты пола увеличен до 0,1 м.

Указанные способы применяют в современной практике тепловой защиты зданий.

Результаты расчета теплопередачи при различных способах теплоизоляции пола по грунту приведены на рис. 1. Пунктирной линией показано целевое значение коэффициента теплопередаче, рассчитанное на основе нормируемого сопротивления теплопередаче полов по грунту согласно СП 50.13330.2012 при ГСОП = 4000 К·сут/г.

Из рис. 1 видно, что удельные теплопотери неутепленного пола по грунту максимальны. Такая конструкция в большинстве случаев не может обеспечить требуемый поэлементный уровень теплозащиты зданий в условиях российского климата.

Умеренная теплоизоляция краевой зоны пола снижает удельные теплопотери пола на 22,8 %. Применение повышенной теплоизоляции краевой зоны пола позволяет сократить теплопотери пола на 38 % по сравнению с вариантом без теплоизоляции пола.

Интересно отметить, что умеренная теплоизоляция всей поверхности пола дает почти такой же вклад (41,2 %) в снижение теплопотерь пола по грунту, что и повышенная теплоизоляция краевой зоны пола.

Рис. 1. Коэффициенты теплопередачи при различных способах теплоизоляции пола по грунту:
0 – базовый (без утепления); 1 – умеренная теплоизоляция краевой зоны пола;
2 – повышенная теплоизоляция краевой зоны пола; 3 – умеренная теплоизоляция пола;
4 – повышенная теплоизоляция пола

Максимальное снижение теплопотерь имеет место при повышенной теплоизоляции плиты пола (73 %). Такой способ обеспечивает максимальный теплоизолирующий эффект и отвечает требованиям зеленого строительства в умеренном климате России.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Табунщиков Ю.А. Москва – умный безуглеродный город: возможности современного строительства // Энергосбережение. 2019. № 6. С. 12–13.
2. Бродач М.М., Шилкин Н.В. Глобальные цели устойчивого развития и экологические требования к объектам недвижимости // Энергосбережение. 2022. № 6. С. 4–8.
3. Корниенко С. В. Зеленое строительство – комплексное решение задач энергоэффективности, экологии и экономии // Энергосбережение. 2017. № 3. С. 22–27.
4. Антюфеев А.В., Корниенко С.В. Инновационный энергоэффективный квартал «Волжские дворики»: к 30-летнему юбилею РААСН // Academia. Архитектура и строительство. 2022. № 4. С. 115–122.
5. Vasilyev G.P., Gornov V.F., Kolesova M.V. Ground source heat pump systems efficiency in Russia – economical estimations and territory zoning // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 249. P. 012033.
6. Корниенко С.В. Теплотехническое качество города // Энергосбережение. 2022. № 7. С. 44–49.
7. Малявина Е.Г., Гнездилова Е.А., Левина Ю.Н. Расчетное сопротивление теплопередаче полов по грунту при современных способах теплозащиты // Строительные материалы. 2019. № 6. С. 44–48.

УДК 62-832

К.В. Плюснина, О.А. Соловьёва
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЫБОР МЕТОДА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ

В настоящее время реализация различных технологических процессов при холодных температурах и производство искусственного холода затрагивают огромное количество отраслей народного хозяйства. Некоторые виды промышленного развития также были бы немыслимы без использования холодильного оборудования. Кроме пищевой отрасли данный вид техники затрагивает такие сферы как нефтехимия, машиностроение и другие сферы промышленности.

В связи с этим тема сокращения ресурсов и повышения эффективности холодильных установок рассматривается всё чаще и требует новых более инновационных подходов.

Целью работы является выбор основного метода повышения эффективности работы холодильной машины с центробежным компрессором.

Основные задачи:

1. Изучение различных источников, истории и конструкции холодильной установки;
2. Поиск, сбор и изучение информации по методам повышения эффективности холодильной машины;
3. Выбор наиболее эффективного метода и построение дальнейшего плана работы.

Прежде всего был произведен обзор холодильной техники в целом, истории её изобретения и развития вплоть до наших дней. Благодаря литературному источнику [1] узнали, что холодильная компрессионная установка была изобретена в 1834 году, а в России подобные технологии стали использоваться в 1888 году в Астрахани.

В качестве объекта исследования была выбрана холодильная машина с центробежным компрессором, с целью изучения методов её проектирования и возможных вариантов модернизации. Изучена классификация центробежных компрессорных машин [3], а затем варианты расчёта в работах [2] и [3].

На рис. 1 изображена принципиальная схема цикла паровой холодильной машины, а затем разобран принцип работы. Жидкий холодильный агент кипит в испарителе, охлаждая помещение или какие-либо аппараты за счёт теплоты парообразования. Образовавшиеся при этом пары всасываются компрессором, поддерживающим в испарителе пониженное давление, а, следовательно, и пониженную температуру кипения. Компрессор сжимает пары до давления, при котором их температура насыщения будет выше температуры окружающей среды (наружный воздух, вода). В конденсаторе пары охлаждаются этой средой и конденсируются, отдавая ей теплоту конденсации. Жидкий холодильный агент с высоким давлением поступает обратно в испаритель через регулирующий вентиль, в котором он дросселируется с давления конденсации до давления кипения [2].

В поисках наилучшего способа повышения эффективности холодильной машины были исследованы следующие методы: сокращение металлоёмкости испарителей и конденсаторов, модернизация узла герметизации центробежного компрессора, повышение газодинамической активности компрессора и использование накатанных труб в теплообменных аппаратах.

Первый способ [4] заключается в применении новых видов теплообменных поверхностей, нанесении на них специальных покрытий или изменением их шероховатости и др., что ведёт к повышению теплообмена в испарителях и конденсаторах и, соответственно, к снижению металлоёмкости.

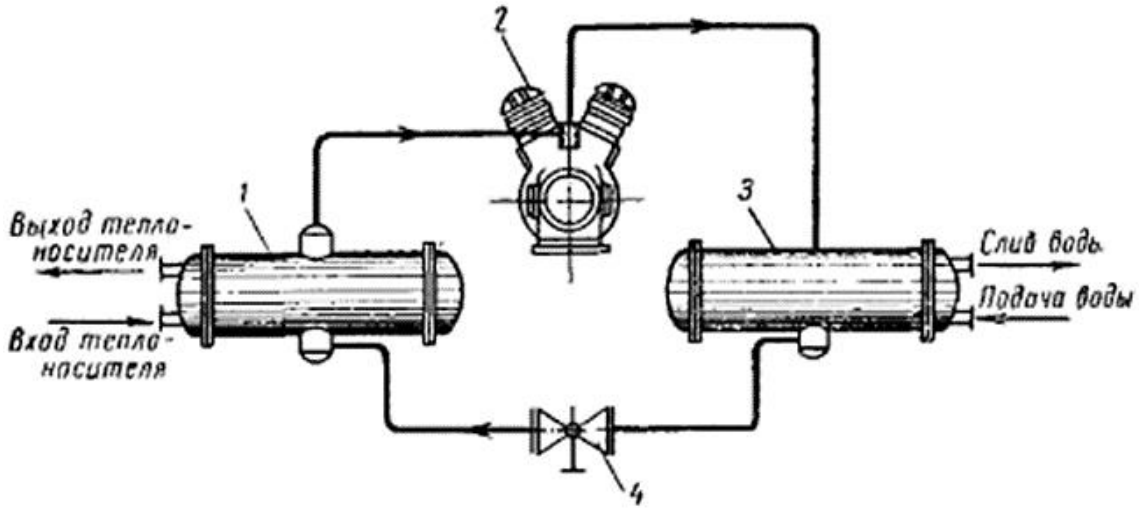


Рис. 1. Принципиальная схема паровой холодильной машины [2]:
1 – испаритель; 2 – компрессор; 3 – конденсатор; 4 – регулирующий вентиль

Была проведена расчётная оценка зависимости металлоёмкости от размеров труб и экранов. Исходя из рисунка 2 можно заметить, что металлоемкость испарителя с трубами d = 16×1,5 мм (без экрана) и d = 25×2 мм (с экраном) может быть снижена в среднем до 38%, а в варианте d = 16×1,5мм (с экраном) – в 1,8 раза.

Следующим был рассмотрен метод модернизации узла герметизации центробежного компрессора за счёт замены торцовых масляных уплотнений на газовые бесконтактные уплотнения фирмы «Джон Крейн» на центробежном компрессоре 5RSA [5]. Были рассчитаны газодинамические параметры спиральной канавки газового бесконтактного уплотнения. Определены критические скорости вращения вследствие изменения габаритно-массовых характеристик ротора.

На рисунке 3 представлена схема конструкции уплотнительной пары газодинамического торцового уплотнения.

Проведённый расчёт и полученные результаты позволяют сделать следующие выводы: модернизация узла компрессора позволяет существенно уменьшить утечки газа и потери на трение в узлах уплотнения; исключить загрязнение газа маслом и растворение газа в масле; отказаться от сложной и дорогостоящей масляной системы уплотнений, что позволяет снизить стоимость компрессорного агрегата, его массу и габариты, пожароопасности, расходов на эксплуатацию и ремонт, экологической опасности; уменьшить затраты на техническое обслуживание; увеличить ресурс работы уплотнения и повысить пожаровзрывобезопасность установки.

Последний метод [6] заключается в использовании накатанных труб в теплообменных аппаратах (рис. 4). Применение труб с кольцевыми канавками (накатанных труб) позволяет интенсифицировать теплообмен, как с наружной, так и с внутренней стороны трубы.

Проведённый расчёт и полученные результаты позволяют сделать следующие выводы: модернизация узла компрессора позволяет существенно уменьшить утечки газа и потери на трение в узлах уплотнения; исключить загрязнение газа маслом и растворение газа в масле; отказаться от сложной и дорогостоящей масляной системы уплотнений, что позволяет снизить стоимость компрессорного агрегата, его массу и габариты, пожароопасности, расходов на эксплуатацию и ремонт, экологической опасности; уменьшить затраты на техническое обслуживание; увеличить ресурс работы уплотнения и повысить пожаровзрывобезопасность установки.

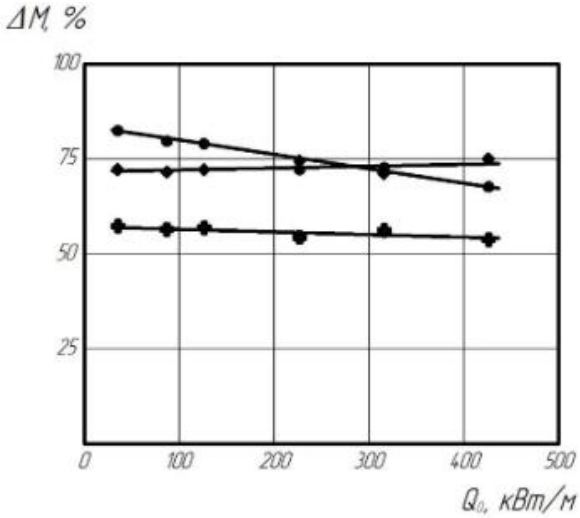


Рис. 2. Влияние размеров труб и экранов на металлоемкость испарителей [4]:
◊ - d = 16х1,5 мм (без экрана);
○ - d = 25х2 мм (с экраном);
+ - d = 16х1,5 мм (с экраном)

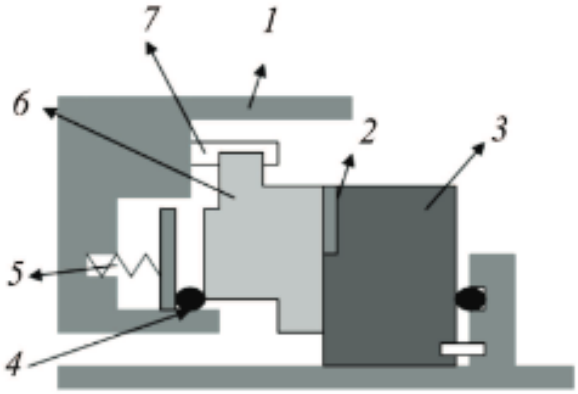


Рис. 3. Схема конструкции уплотнительной пары газодинамической торцового уплотнения[5]:
1 – корпус; 2 – канавки; 3 – вращающееся кольцо (седло); 4 – вторичное уплотнение;
5 – система пружин; 6 – невращающееся кольцо (торец); 7 – фиксатор от поворота

Последний метод [6] заключается в использовании накатанных труб в теплообменных аппаратах (рис. 4). Применение труб с кольцевыми канавками (накатанных труб) позволяет интенсифицировать теплообмен, как с наружной, так и с внутренней стороны трубы.

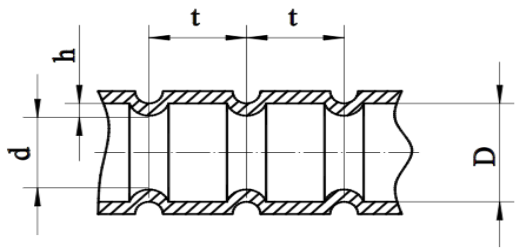


Рис. 4. Продольный разрез накатанной трубы [6]

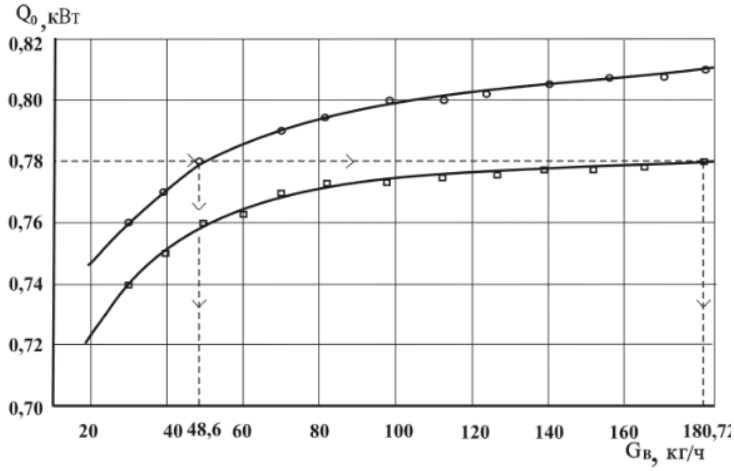


Рис. 5. Зависимость холодопроизводительности установки от расхода воды в конденсаторе [6]:
□ – конденсатор с гладкой трубой;
○ – конденсатор с накатанной трубой

Исследование интенсификации теплообмена при конденсации рабочих веществ на трубах с кольцевыми канавками, а также анализ работы холодильной установки с эффективным конденсатором представляет как научный, так и широкий практический интерес.

Были проведены исследования холодильной установки, в котором гладкотрубный конденсатор был заменён на конденсатор с накатанной трубой со следующими геометрическими показателями: d/D = 0,93; t/D = 0,7 и построены зависимости холодопроизводительности установки от расхода воды в конденсаторе (рис. 5).

Установлено, что применение труб с кольцевыми канавками в конденсаторе холодильных машин позволяет увеличить холодопризводительность машины и уменьшить потребление энергии в компрессоре.

Таким образом, в данной работе были изучены различные методы повышения эффективности холодильной машины и оценена их реализация в наших условиях. В рамках дальнейшей работы запланировано более подробное рассмотрение конкретного способа повышения эффективности холодильной машины, а именно оптимизации центробежного компрессора путем выбора оптимальных геометрических параметров проточной части.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Пигарев В.Е., Архипов П. Е./Под редакцией В.Е. Пигарева. Холодильные машины и установки кондиционирования воздуха. М. Изд-во: Маршрут, 2003 г. 424 с.
2. Кандрашова Н.Г., Лашутина Н.Г. Холодильно-компрессорные машины и установки. М. Изд-во: Высшая школа, 1996 г. 507 с.
3. Рис В.Ф. Центробежные компрессорные машины / В.Ф. Рис. – 3-е изд., перераб. и доп. Изд-во: Ленинград : Машиностроение : Ленингр. отделение, 1981 г. – 351 с.
4. Мизин В.М., Большаков Д.В., Девятов Т.И. Повышение эффективности холодильных машин путем усовершенствования традиционных типов аппаратов // Холодильная техника и кондиционирование. 2014 г. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-holodilnyh-mashin-putem-usovershenstvovaniya-traditsionnyh-tipov-apparatov (дата обращения: 23.03.2023).
5. Севастьянов В.В., Борзакова Н.Н. Модернизация узла герметизации центробежного компрессора. Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. 2012 г. №32. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/modernizatsiya-uzla-germetizatsii-tsentrobezhnogo-kompressora
6. Азизов Д.Х. Повышение эффективности и энергосбережения в холодильных машинах / Д.Х. Азизов, Б.И. Салохиддинов. Текст : непосредственный // Молодой ученый. 2016 г. № 9 (113). С. 93–96. URL: https://moluch.ru/archive/113/29290/

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Секция «Гидротехническое строительство»....3
Балакина А.А., Лавров Н.П., Фролова И.Е. Методика проведения гидравлических исследований водозаборных сооружений деривационных ГЭС....3
Балмашнова А.В., Беляев Н.Д. Расчет нагрузки от движущегося тороса на оградительное сооружение южного района порта Усть-Луга....6
Боченков А.В., Лавров Н.П., Фролова И.Е. Конструкция и размещение водозаборного сооружения деривационной ГЭС на р. Ала-Арча, Кыргызстан....9
Величко И.В., Шарапов Д.А. Влияние ледовой нагрузки на перемещения морской ветроэнергетической установки....12
Воронина Е.О. Расчет времени шлюзования для судов типа «Волго-Дон»....15
Галлямов М.А., Беляев Н.Д. Анализ состояния больверка и предложения по его капитальному ремонту....17
Георгиев М.А., Шарапов Д.А. Использование справочных систем на основе искусственного интеллекта для гидротехнического проектирования....20
Герке С.А., Губанова А.А., Меркулов А.А. Влияние марки стали на ее расход при проектировании полигональной фермы....22
Залесский Д.В., Шарапов Д.А. Оценка несущей способности армированного ледового покрова....25
Мелихов В.И., Рудаков М.В. Расчет гидравлических потерь пульпопровода Култуминского горно-обогатительного комбината....28
Никандров М.Д., Беляев Н.Д. Применение пространственных расчетных схем для участков сложной геометрии....31
Савельева В.В., Шарапов Д.А. Влияние ледовой нагрузки на устойчивость основания ЛСП-1....35
Скачков П.С. Методы реконструкции ГТС причала строителей в западной части Крестовского острова....37
Соловарова К.В. Разработка 3D модели причала эстакадного типа с помощью платформы Nanocad «Модуль 3D»....40
Судницков С.С., Того И., Фролова И.Е. Использование геоинформационных систем в проектировании комплексного гидроузла Таусса в республике Мали....43
Холодаев Т.Д., Фролова И.Е. Конструирование водоприемника МГЭС «Нокки» с минимизацией потерь напора....47
Холодаев Т.Д. Расчет подземного контура водоприемника в среде PLAXIS 2D....50
Шишминцев Д.Н. Расчет мола-причала в районе Высоцка в программном комплексе Plaxis 2D....52
Уколов Ю.С., Фролов С.А. Анализ акватории Баренцева моря и обоснование расположения ВЭУ....55
Сольский А.С., Фролова И.Е. Технико-экономический анализ грунтовых плотин с ядром из суглинка и «стеной в грунте»....58
Рудаков М.В., Мелихов В.И. Расчет зон фракционирования грунта при намыве ограждающей дамбы хвостохранилища золотоизвлекательной фабрики «Белая гора»....61
Шодиев А.А., Рамзин И.Д. Использование нейронных сетей в гидротехническом строительстве....64
Смирнова Д.Н., Фролов С.А. Нефтедобывающая ледостойкая платформа в Карском море....67
Примак Н.В., Шарапов Д.А. Выбор оптимального количества ребер сегментного затвора методом КЭ....69

Морозова М.К. Анализ сейсмостойкости восточного ограждающего мола в морском порту Темрюк 71
Казарян А.К. Устойчивость причала для негабаритных грузов в Plaxis 2D 74
Лысоконев Н.В., Никонова О.Г. Информационное моделирование тела плотины как линейного объекта современными программными средствами 76
Носов Н.С., Колосов М.А. Альтернативный вариант реконструкции судоходных шлюзов №15 и №16 Городецкого гидроузла 79
Богатырёв Д.В. Анализ оценки устойчивости судоходной прорези в нижнем бьефе Городетского гидроузла 81
Богатырёв Д.В., Беляев Н.Д. Эффективные способы повышения устойчивости морских гидротехнических сооружений к волновому воздействию 83
Секция «Градостроительство» 87
Бовдуй С.С., Ямшанов И.В. Концепция мемориального парка на территории бывшего СИЗО №1 «Кресты» 87
Раишев М.О. Анализ доступности рекреационных объектов Фрунзенского района г. Санкт-Петербурга 90
Скринникова Н.А., Ямшанов И.В. Реновация силосных башен элеваторного сооружения под скалодром (на примере зернового элеватора в г. Выборге) 92
Андронова Д.О., Цветков О.Ю. Проблемы перепланировки и переустройства жилых помещений многоквартирных домов разных периодов постройки 95
Косачёва С., Симанкина Т.Л. Выбор показателей оценки комплексного развития территории 98
Крылова В.А. Анализ современного состояния набережной р. Вологды в г. Вологде 101
Бахтыгареев А.А., Цветков О.Ю. Ретроспективный анализ территории города Мурино и перспективы её дальнейшего развития 104
Главина К.Р., Цветков О.Ю. Экоурбанистическое развитие территории ЗНОП «Яблоновский сад» в Санкт-Петербурге 106
Баранов Д.А., Криулин К.Н. Цифровое моделирование барражного эффекта в городской застройке 110
Демышева А.А., Симанкина Т.Л. Анализ реализации генерального плана Санкт-Петербурга 2005 года 113
Спиридонова У.С., Брайла Н.В. Перспективы развития городской среды г. Ижевска на примере адаптации пиво-медоваренного завода имени Болдаева 115
Лебедева И.А., Цветков О.Ю. Организация инвестиционной деятельности в строительстве и в архитектуре 119
Амини С.С., Симанкина Т.Л. Оценка доступности городского пространства для маломобильных групп населения в г. Кабул, Афганистан 120
Торчинская П.А., Брайла Н.В. Перспективы развития г. Геленджик 123
Ганец Г.В. Стратегия регенерации квартала исторической застройки 126
Федорова Ю.А., Волкова Ю.В. Преимущества применения ГИС общественного участия как инструмента планирования зелёных насаждений 129
Строева П.А., Перькова М.В. Анализ общественных пространств на территории микрорайонов второй половины XX века в г. Орле 131
Доенина А.К., Криулин К.Н. Инфильтрационные тоннели в искусственной экосистеме городских улиц 134
Аськова В.Г. Формирование элементов природного каркаса крупных городов степной зоны 137
Наурусова А.И., Брайла Н.В. Обоснование параметров застройки для территории на Крайнем Севере 140

Полюх А.А., Романович М.А. Анализ производственной территории мясокомбината «Самсон» в г. Санкт-Петербург 143
Юсикова Д.А., Волкова Ю.В. Анализ отечественного и зарубежного опыта организации парковок в городах 146
Иванцова А.М., Ямшанов И.В. Восстановление Александро-Невского Собора в городе Киров 149
Михайлова Д.С., Брайла Н.В. Концепция развития Галерного острова, Санкт-Петербург 151
Серебрякова А.А., Цветков О.Ю. Оценка потенциала редевелопмента промзоны «Галерная» г. Санкт-Петербург 154
Иванцова А.М., Ямшанов И.В. Использование информационных технологий в восстановлении памятников архитектуры 156
Хайбулина О.Р., Жунусов М.М., Цветков О.Ю. Особенности субурбанизации в России 158
Кумпеева А.М., Волкова Ю.В. Использование инструментов генеративного дизайна в проектировании дворовых пространств 161
Секция «Природообустройство» 164
Яценко Т.С., Баденко В.Л. Анализ природообустройства водосборного бассейна реки Малый Салгир в Республике Крым 164
Баденко Н.В., Волкова Ю.В. Анализ видового состава растительности Павловского Парка на основе ГИС и машинного обучения 166
Байкова Г.В., Павлова В.А. Технико-экономическое обоснование установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства 168
Головин П.Н., Богданов В.Л. Агроэкологическая типизация земель как основа оценки состояния агроландшафтов 171
Метельская А.С., Уварова Е.Л. Применение математического моделирования в землеустройстве 174
Сейидова А.А., Заварин Б.В. Современная концепция проведения государственного земельного надзора в Российской Федерации 177
Шакирова А.Д., Уварова Е.Л. Анализ применения дистанционного зондирования Земли в землеустройстве и кадастрах 180
Грязева Е.С., Волкова Ю.В. Анализ выбора материалов для прокладки дренажных пластиковых труб на сельскохозяйственных территориях 183
Панасенкова И.С., Волкова Ю.В. Предложения мероприятий по защите от затопления на территории городов Крыма 185
Закаличная О.В., Мельничук О.А. Анализ состояния полезащитных лесных полос в Симферопольском районе Республики Крым 187
Мельничук О.А., Терлеев В.В. Оценка состояния агроландшафтов на основе мониторинга земель сельскохозяйственного назначения 190
Стадничук О.В., Мельничук О.А. Ранжирование почв предгорной физико-географической области Бахчисарайского района Республики Крым по пригодности для развития садоводства 193
Тиспирекова А.А., Павлов С.Я. Свиноводческие комплексы: схемы очистки сточных вод 196
Богданова А.А., Волкова Ю.В. Учет микроклиматических факторов при разработке проекта Сада Бенуа 198
Абдураимов С.Р., Вечерков В.В. Разработка многофункциональной метрологической станции «Метеоконтроль» на плате ARDUINO 201
Юнчик Ю.А., Терлеев В.В. Муниципальный земельный контроль как инструмент природообустройства в сфере сельского хозяйства 203

Бойко Н.Г., Попович В.Ф., Дунаева Е.А. Необходимость построения технологических карт для возделывания сельскохозяйственных культур 206
Филина Я.А., Вечерков В.В., Дунаева Е.А. ГИС-проект количественной и качественной оценки состояния сельскохозяйственных земель и культур Республики Крым 208
Смирнов Н.С., Терлеев В.В., Моисеев К.Г., Лазарев В.А., Дунаева Е.А. Физическое обеспечение математического моделирования водоудерживающей способности почвы 211
Смирнов Н.С., Моисеев К.Г., Лазарев В.А., Дунаева Е.А. Сравнение результатов гранулометрического анализа по российской и международной классификациям механических элементов почвы 213
Моисеев К.Г., Лазарев В.А., Гарманов В.В. Особенности расчета фрактальной размерности почвы 215
Моисеев К.Г., Смирнов Н.С., Терлеев В.В., Гарманов В.В. Описание водоудерживающей способности почвы с использованием фрактальной модели 217
Богданов В.Л., Гарманов В.В., Грик А.Р., Сашко А.Л., Терлеев В.В. Мониторинг нарушенных земель на нефтегазовых месторождениях ХМАО для их рекультивации.....219
Павлова В.А., Петрова Д.А. Совершенствование системы технического учета жилого фонда в Санкт-Петербурге 222
Сыздыков А.Б., Заварин Б.В. Современное состояние системы управления земельными ресурсами в Республике Казахстан 225
Барабкин Д.С., Вавилова А.М., Чернов И.В., Чернов П.В. Реализация метода прямого интегрирования уравнений движения в ПК SCAD и ЛИРА 10.....227
Секция «Городское строительство и хозяйство» 231
Юйсян Ван, Молодкина Л.М. Сравнение рейтинговых систем зеленого строительства России и Китая 231
Цзиньвэй Вэй, Молодкина Л.М. Оценка кровельных материалов и сбора дождевой воды с крыш в Ухане, Китай.....233
Криулин К.Н., Уткин К.Л. Кольцевой дренаж открытых плоскостных сооружений. Обоснование параметров 237
Abdulrahimzai Gul Rahman. Calculation, design, and treatment of a residential town's sustainable sewer network 240
Alaa Abushreitah. Yemen’s solar energy: developments, challenges, opportunities 242
Секция «Инженерная защита окружающей среды» 244
Шамкова Л.А. Отходы производства железобетонных изделий ООО «ПСК» Перспектива» (Санкт-Петербург).....244
Зубкова К.Ю., Негуляева Е.Ю. Выбор оптимального сценария для обращения с твердыми коммунальными отходами в малом населённом пункте 245
Данилов Е.А., Русскова И.Г. Дзержинский завод – прогнозы и перспективы по переработке новых объёмов литий-ионных аккумуляторных батарей 248
Мещерякова К.А., Политаева Н.А., Опарина А.М., Зибарев Н.В. Мировые тенденции в области получения энергии из биомассы 251
Воробьева Е.Н., Политаева Н.А. Определение содержания нефтепродуктов в пробах почв г. Красноярска флуориметрическим методом.....254
Овчинникова Е.А., Бареева Р.С., Молодкина Л.М. Анализ воды из источника водоснабжения г. Нижний Тагил 256
Бочкарева А.С., Молодкина Л.М. Спектрофлуориметрический анализ воды из реконструированного источника водоснабжения г. Якутска 259
Краснова С.В., Андрианова М. Ю. Обеззараживающий эффект ультрафиолетовых светодиодов 262

Секция «Энергоэффективность и возобновляемые источники энергии в строительстве» 264
Петров С.Г., Елистратов В.В. Система мониторинга данных о работе ветроэнергетической установки при создании цифрового двойника 264
Ригель И.В., Елистратов В.В. Исследование собственной частоты колебаний системы «Арктическая ВЭУ–фундамент–основание» при промерзании и оттаивании грунтов 268
Терехов Е.Ю., Елистратов В.В. Использование водорода в решении проблем современной энергетики 271
Туковская А.М., Баденко В.Л. Анализ теплотехнических характеристик традиционных утеплителей и вакуумных изоляционных панелей 274
Иванов Е.С., Кудряшева И.Г. Построение графиков нагрузки и потребления электроэнергии для оптимизации режимов работы оборудования ветродизельного энергокомплекса 277
Amaish Issa Ibrahim, Kudryasheva I.G. Solar energy potentials in Libya for use in sustainable buildings 279
Garcia H., Kudryasheva I.G. The importance of renewable energy and the energy efficiency in the Peruvian Andes 282
Карташов М.А., Стрелец К.И., Радаев А.Е. Эффективность применения солнечных панелей в условиях Ленинградской области 284
Дергалова А.А., Заводнова Е.Б. Сравнительный анализ энергоэффективного остекления 287
Капингана А.А.Ж. Состояние энергетики Анголы и оценка ресурсов ВИЭ 290
Кирсанов Д.А., Лысенко А.В., Олехнович Я.А. Сравнение расчётных ресурсов солнечной энергии для городов Санкт-Петербург, Хабаровск и Сочи 293
Цвигун С.А., Олехнович Я.А. Разработка мероприятий по обеспечению энергоэффективности в многоквартирных домах серии 1-ЛГ600А 295
Скуртул Е.М., Гаевская З.А. Эффективность применения хромогенного фасадного остекления 298
Торбов А.А., Усманова Л.С., Мишакова А.В. Эффективность применения аргона в качестве заполнения камер стеклопакетов в строительстве 300
Торбов А.А., Усманова Л.С., Мишакова А.В. Применение энергоэффективных материалов в конструкциях кровель 302
Elchieva S.T., Kudryasheva I.G. Development of a solar photovoltaic installation project for low-rise suburban construction 304
Сидякина А.А. Расчет биогазовой установки для конноспортивного комплекса в Ленинградской области 37
Пирогов П.А., Сидякина А.А. Моделирование производительности фотоэлектрической системы на примере небольшого загородного дома в Ленинградской области 310
Batagova Y.A. Influence of the building shape on energy efficiency 313
Моисеева Е.В., Немова Д.В. Экономическая эффективность использования теплоизоляции на основе аэрогеля в зданиях 314
Секция «Гидравлика» 317
Мифтахова Д.Р., Локтионова Е.А. Гидравлические критерии для оценки состояния засоренных трубопроводов 317
Бабурина Е.С., Коряковцева Т.А. Выбор добавки для улучшения теплоизоляционных свойств бетона 320
Тахерифард А., Елистратов В.В. Численное моделирование эрозии в трубопроводе при многофазном потоке 323
Вернов М.В., Заборова Д.Д. Снижение количества дождевого стока с помощью

использования технологии зеленых крыш 326
Туровец П.К,. Зубарев К.П. Сравнительный анализ использования возобновляемых источников энергии 329
Зобнина Ю.С., Зубарев К.П. Исследование энергосберегающих решений зданий в различных странах мира....331
Батуева Е.М., Столяров О.Н. Предотвращение механических повреждений теплоизоляционных материалов трубопроводов....333
Воронков А.А., Аверьянова О.В. Влияние зоны ветрового подпора на функционирование систем естественной вентиляции 336
Зетченко И.Н., Дудинская А.А., Гамаюнова О.С. Расчет аэрации рекреационной зоны открытого типа высотного офисного здания 338
Иванов А.С., Столяров О.Н. Повышение класса энергоэффективности зданий старой застройки при модернизации инженерных систем....340
Лобастов К.О., Столяров О.Н. Выявление неисправностей систем отопления с помощью тепловизионного обследования....343
Невзорова Е.Л., Столяров О.Н. Обследование внешней водосточной системы здания при помощи тепловизионного оборудования....345
Рязанов И.Ю., Аверьянова О.В. Применение косвенно-адиабатического охлаждение в центре обработке данных (ЦОД)....346
Хоробров С.В. Влияние проницаемости на отражение волны давления в вертикальной скважине 349
Иванюра И.С., Дворниченко П.Ю., Куколев М.И. Система накопления энергии для обогрева зданий с использованием плавящихся теплоаккумулирующих материалов....351
Шацкая У.А., Куколев М.И. Влияние геологических характеристик на работу грунтового накопителя теплоты....354
Заводнова Е.Б., Куколев М.И. Эффективное использование охлаждения в центрах обработки данных (ЦОД)....356
Андропов А.С. Проект системы вентиляции укрытия перспективной газотурбинной установки мощностью 16 МВт 358
Брехов Е.М., Корниенко С.В. Нужно ли теплоизолировать пол по грунту в зеленых зданиях? 361
Плюснина К.В., Соловьёва О.А. Выбор метода повышения эффективности холодильной машины....364

НЕДЕЛЯ НАУКИ ИСИ

Сборник материалов
Всероссийской конференции

3–9 апреля 2023 года

Часть 1

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, т. 2; 95 3004 – научная и производственная литература

Подписано в печать 24.04.2023. Формат 60×84/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 23,5. Тираж 52. Заказ 2046.

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.