



ПОЛИТЕХ
Инженерно-строительный
институт



ПОЛИТЕХ
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого



ПОЛИТЕХ-ПРЕСС

НЕДЕЛЯ НАУКИ ИСИ

**Сборник материалов
Всероссийской конференции
4–10 апреля 2022 года**

Часть 1



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Инженерно-строительный институт

НЕДЕЛЯ НАУКИ СПбПУ

Сборник материалов
Всероссийской конференции

4–10 апреля 2022 года

Часть 1



ПОЛИТЕХ-ПРЕСС

Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Санкт-Петербург

2022

УДК 69:624:625:626:627

ББК 38

Н42

Неделя науки СПбПУ : сборник материалов Всероссийской конференции, 4–10 апреля 2022 г. В 3 ч. Ч. 1. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – 411 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 СПбПУ» 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 поддержке Научно-образовательного центра «Возобновляемые виды энергии и установки на их основе».

Представляет интерес для специалистов в различных областях знаний, для 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 978-5-7422-7697-5 (ч. 1)
ISBN 978-5-7422-7696-8

© Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого, 2022

ВЫСШАЯ ШКОЛА ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

СЕКЦИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 627.833

Е.А. Березина, Г.Л. Козинец
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЗАВИСИМОСТЬ ПОДЪЕМНОГО УСИЛИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО ЗАТВОРА ОТ НАПОРА ПРИ ОТКРЫВАНИИ ВОДОСЛИВНОГО ОТВЕРСТИЯ

Затворы гидротехнических сооружений предназначены для перекрытия водопропускных отверстий, водоприемных камер и отсасывающих труб [1].

По назначению затворы подразделяют на основные, аварийные и ремонтные. Основные затворы находятся в постоянной эксплуатации в условиях текущей воды. Аварийные и ремонтные служат для перекрытия отверстия на период ремонта или аварии с основным затвором. На гидротехнических сооружениях наиболее часто используют конструкции плоских и сегментных затворов [2]. Одной из важных характеристик безопасности водосливной плотины и штатного функционирования затвора является показатель маневрирования с применением различного типа подъемно-транспортного оборудования.

Сегментный затвор перемещается путем вращения опорных шарниров расположенных у основания ног, вмонтированных в быки [3]. Подъем и опускание затвора осуществляется гидроприводом или лебедкой. Маневрирование плоского затвора осуществляется козловым краном, с помощью которого возможен вариант подъема за одну точку подвеса.

Гидростатическая нагрузка, действующая на затвор, является главной нагрузкой, при полном закрытии водосливного отверстия, а гидродинамическое давление дает на обшивку нагрузку меньше, чем гидростатическое, что целесообразно учитывать при определении зависимости подъемного усилия от открытия затвора. Величина и направление гидродинамической и гидростатической нагрузок на нижнюю грань затвора зависят от ее формы, размеров и наклона [4]. Волновое давление воды на затвор не учитывается при малой длине волны и незначительном пролете отверстия. Давление наносов учитывается, как активное или пассивное в соответствии с характером взаимодействия.

Основными нагрузками, которые испытывает затвор, являются: собственный вес и гидростатическое давление. Маневрирование затвором осуществляется для поддержания уровня воды в верхнем бьефе и для сброса паводковых вод [5].

Целью работы является выполнение расчета подъемного усилия двух типов затворов и проведение сравнительного анализа полученных результатов общего значения грузоподъемности оборудования. Научной новизной является получение данных на основе моделирования подъема затвора в стоячей воде для получения точной характеристики зависимости показателей при различной конструкции гидротехнического затвора.

Рассматривается плоский гидротехнический затвор, у которого в качестве опорно-ходовых частей представлены колеса.

Моделируется ситуация подъема затвора с максимальным расчетным напором 8 м и гидростатической нагрузкой равной 320 тс. Результаты расчета подъемного усилия Q и общей грузоподъемности подъемно-транспортного механизма N для плоского затвора, представлены в таблице 1, рис. 1.

Таблица 1 – Зависимость показателей действующих сил от величины напора для плоского колесного затвора

H_p , м	P_r , тс	G , тс	$T_{тр}$, тс	$P_{под}$, тс	Q , тс	N , тс
8	320	26,03	1,36	1,76	30,80	61,59
7	245	21,59	1,19	1,54	25,64	51,29
6	180	17,40	1,02	1,32	20,76	41,53
5	125	13,48	0,85	1,1	16,18	32,36
4	80	9,86	0,68	0,88	11,93	23,86
3	45	6,59	0,51	0,66	8,06	16,13
2	20	3,74	0,34	0,44	4,65	9,31
1	5	1,42	0,17	0,22	1,83	3,66
0	0	0	0	0	0	0

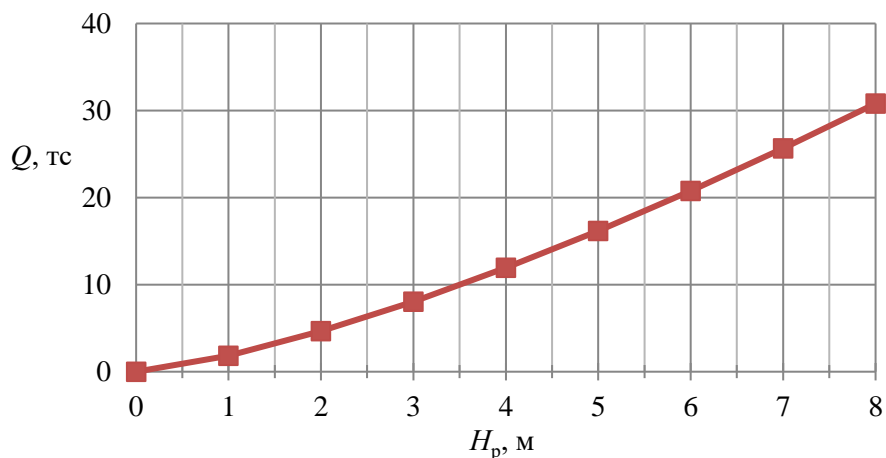


Рис. 1. График зависимости подъемного усилия от величины напора для плоского колесного затвора

При расчете необходимо учесть действующие на затвор вертикальные силы, препятствующие подъему конструкции, к ним относятся: собственный вес, G ; сила трения, $T_{тр}$, возникающая между боковым уплотнением затвора и закладной деталью; сила подсоса, $P_{под}$, возникающая в горизонтальном уплотнении затвора.

Таблица 2 – Зависимость показателей действующих сил от величины напора для сегментного затвора

H_p , м	P_r , тс	G , тс	$T_{тр}$, тс	$P_{под}$, тс	Q , тс	N , тс	l_G	l_Q	$l_{под}$
8	320	28,44	1,56	1,6	47,38	94,76	8,268	6,059	5,979
7	245	23,66	1,37	1,4	41,38	82,76	8,620	6,059	7,099
6	180	19,12	1,17	1,2	34,38	68,75	8,777	6,059	7,956
5	125	14,87	0,98	1,0	27,06	54,11	8,775	6,059	8,642
4	80	10,93	0,78	0,8	19,96	39,92	8,668	6,059	9,172
3	45	7,35	0,58	0,6	13,40	26,81	8,467	6,059	9,530
2	20	4,20	0,39	0,4	7,65	15,30	8,173	6,059	9,760
1	5	1,61	0,19	0,2	3,0	5,99	7,789	6,059	9,929
0	0	0	0	0	0	0	7,404	6,059	9,983

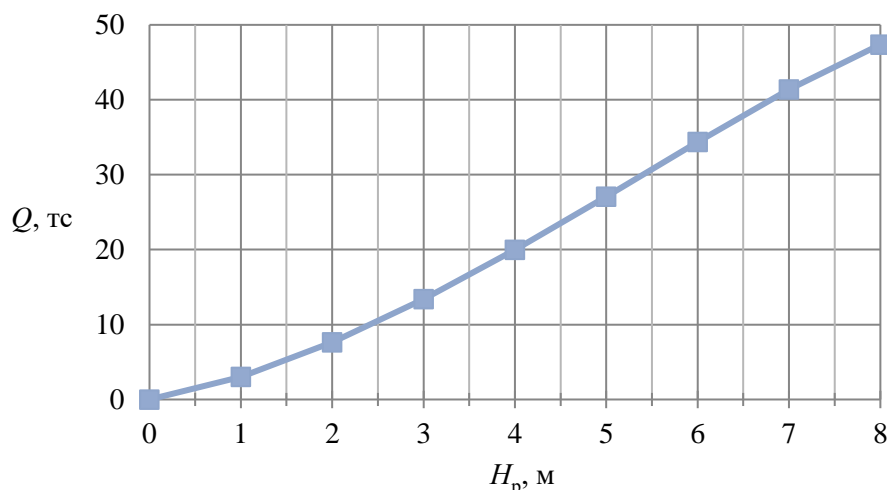


Рис. 2. График зависимости подъемного усилия от величины напора для плоского колесного затвора

При расчете сегментного затвора на этапе подъема изменялось плечо силы подсоса и собственного веса при перемещении его вокруг оси вращения опорного шарнира. Плечо подъемного усилия оставалось постоянным, т.к. ось лебедки осуществляет подъем по одной траектории. Результаты расчета представлены в таблице 2, рис. 2.

Рассматриваемые варианты затворов имеют общие проектные параметры: величина напора – 8 м, пролет в свету – 10 м.

Вывод. В работе проведен сравнительный анализ значений зависимости подъемного усилия двух типов гидротехнических затворов от изменения гидростатической нагрузки при открывании водосливного отверстия. Конструкции затворов обладают одинаковыми основными проектными параметрами, что позволяет оценить показатель подъемного усилия в равной степени. Основываясь на полученных результатах, принимается, что сегментный затвор имеет наибольшее значение грузоподъемности механизма лебедки, что составляет 95 тс при максимальном напоре, в сравнении с плоским затвором, грузоподъемность крана которого, равна 62 тс. Данный показатель является преимуществом для плоского затвора, так как при выборе типа конструкции затвора для водосбросной плотины с данными характеристиками гидростатического давления, выгоднее будет выбрать затвор с наименьшим значением подъемного усилия.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Козинец Г.Л. Проектирование конструкций плоских гидротехнических затворов, учебное пособие. – Санкт-Петербург, 2008 г. – с. 51.
2. Jijian Lian, Analysis of the Cause and Mechanism of Hydraulic Gate Vibration during Flood Discharging from the Perspective of Structural Dynamics / Lin Chen, Bin Ma, Chao Liang // Advances on Structural Engineering. – 2020 г., 10(2), с. 98.
3. Доронин Ф.Л. Механика жидкости и газа. Расчет гидростатических нагрузок на плоские и сегментные затворы и их элементы, учебное пособие. – М., 2019 г., с. 27.
4. СТО 70238424.27.140.017-2010. Механическое оборудование гидротехнических сооружений ГЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования.
5. Козинец Г.Л. Проектирование затворов гидротехнических сооружений, учебное пособие. – Санкт-Петербург, 2018 г. – с. 57.

РАСЧЁТ ОГРАДИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ, ВОЗВОДИМЫХ ИЗ ГРУНТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЯДРОМ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ PLAXIS 3D

В статье основное внимание уделяется возможности численного моделирования грунтовых плотин, имеющих в поперечном сечении трапецеидальную или близкую к ней форму – ядро.

Грунтовые плотины наиболее распространенный тип плотин, что объясняется возможностью полной механизации технологического процесса по возведению плотины от разработки грунта в карьере до укладки его в тело плотины, широким разнообразием конструкций плотин, которые позволяют использовать для тела плотины практически любые грунты, находящиеся вблизи створа [1].

Моделирование проводилось методом конечных элементов на базе программного обеспечения Plaxis 3D. Аналогичные модели, включающие фильтрационные расчеты в рассматриваемом программном комплексе (Plaxis 2D) ранее успешно применялись на расчетной практике [2].

Принятая высота плотины 40 м, длина 400 м. Конструкция грунтовой плотины представлена на рисунке 1.

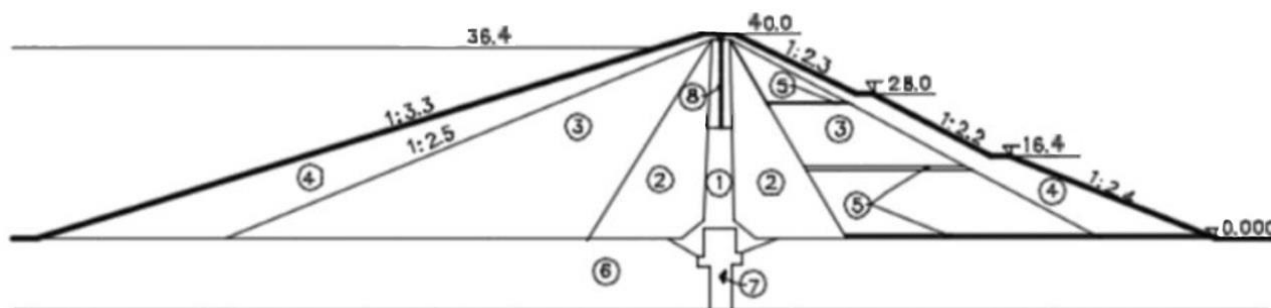


Рис. 1. Поперечное сечение грунтовой плотины:

- 1 – глинисто-гравийное ядро; 2 – фильтр из гравия с мелкозернистым грунтом;
3 – гравий с суглинком; 4 – зона с мелкозернистым грунтом; 5 – гравийный дренаж;
6 – гравий с суглинком; 7 – противофильтрационная завеса; 8 – мембранная стена

Во время проектирования по материалу были приняты следующие допущения: однородность, непрерывность, течение в почве идеальное, для каждого материала учитывается изотропная и гидравлическая проводимость.

Таблица 1 – Свойства материалов

Параметр	Ядро	Фильтр	Гравий с суглинком	Мелкозернистый грунт	Основание	Завеса	Дренаж
Гидравлическая проводимость	0,086	0,864	0,864	4,320	4,320	–	86,4
Удельный вес в сухом состоянии, кН/м ³	19	19	19	19	19	25	20
Удельный вес в смоченном состоянии, кН/м ³	21	21	21	21	21	25	21
Модуль Юнга, кН/м ²	20·10 ³	70·10 ³	70·10 ³	70·10 ³	70·10 ³	40·10 ⁶	100·10 ³
Коэффициент Пуассона	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,15
Сцепление, кН/м ²	21	1	1	1	1	-	1
Угол трения, град.	–	33	33	33	33	-	37

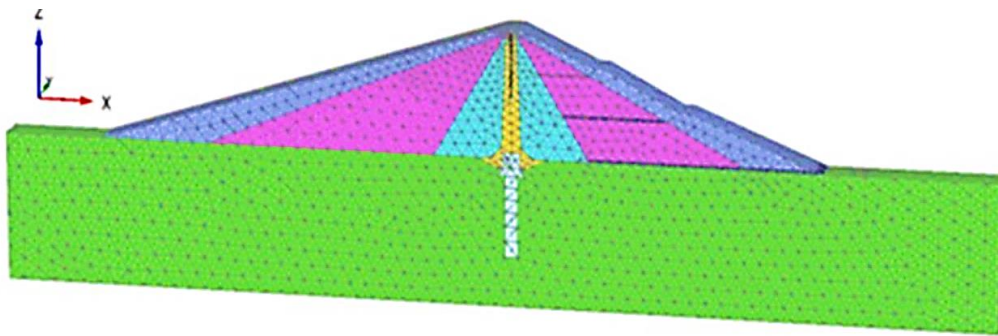


Рис. 2. Модель плотины в Plaxis 3D

Модель, используемая при расчётах, является линейно-упругой и идеально пластичной с критерием разрушения МС (модель Кулона-Мора). Модель МС является надёжной моделью и её параметры хорошо известны, поэтому данные для её использования можно получить из различных тестов почв. Она содержит пять входных параметров: E и ν – параметры упругости грунта, φ и c – параметры пластичности грунта и ψ – угол дилатансии [3]. Параметры материалов, использованных при моделировании, приведены в таблице 1. При моделировании для грунта использовались 10-узловые тетраэдрические элементы (рис. 2).

На основании выполненных серийных расчетов с помощью Plaxis 3D определены: максимальное перемещение, составляющее 0,082 м (рисунок 3), и минимальный коэффициент надёжности, равный 1,56 (рисунок 4).

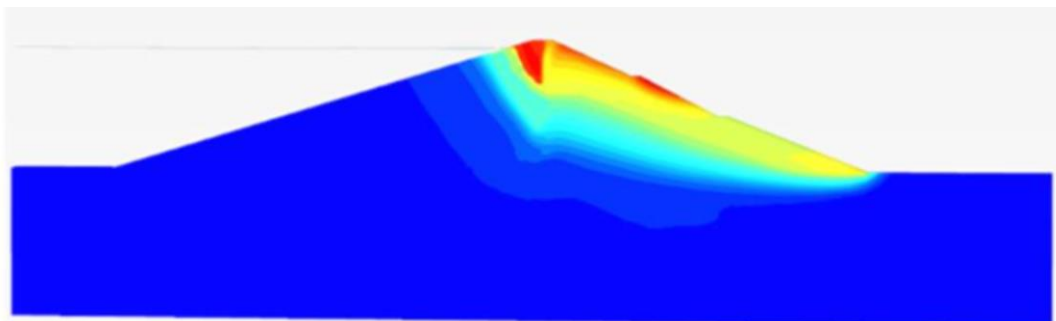


Рис. 3. Схема расположения максимальных деформаций при возведении плотины

Во время моделирования было изучено влияние модуля упругости и сцепления грунта на значение коэффициента надёжности. Для этого сцепление и модуль упругости всех слоев материалов плотины изменяется с одинаковым соотношением. В первом анализе исходное значение было разделено на 1,4, а в другом анализе умножено на 1,28, 1,56 и 1,85. На рисунке 5 показаны полученные значения этих расчетов. Коэффициент надёжности постепенно увеличивается с увеличением, как модуля упругости, так и сцепления. С другой стороны, сцепление оказывает большее влияние, чем модуль упругости. Полученные результаты хорошо согласуются с методикой [4].

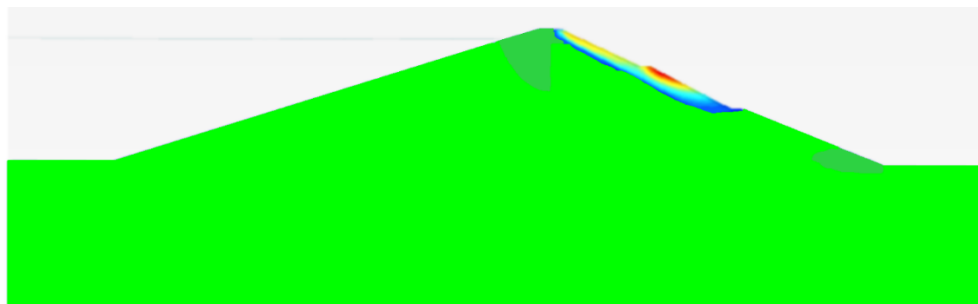


Рис. 4. Форма потери устойчивости при расчете по алгоритму С-ФИ

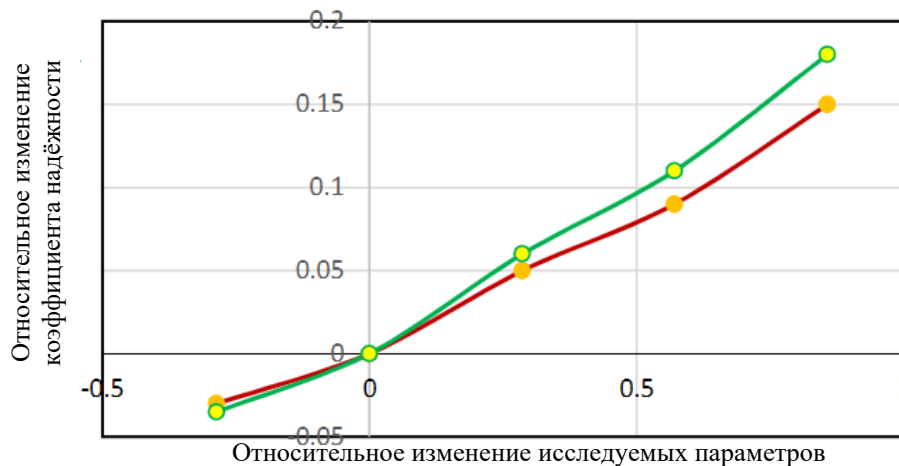


Рис. 5. График зависимости коэффициента надёжности от модуля упругости и сцепления грунта

Ценность данной работы заключается в том, что на её основании можно сделать следующие выводы:

1. Зона с максимальными перемещениями находится на гребне плотины;
2. На величину перемещения значительное влияние оказывает уровень воды (УВ) в верхнем бьефе (ВБ), что обусловлено влиянием водной нагрузки и порового давления;
3. Наиболее критическая поверхность находится вблизи верхней части гребня и бермы, поэтому любое вмешательство в конструкцию плотины уменьшающее фильтрацию будет иметь значительное влияние на коэффициент надёжности;
4. По результату анализа видно, что коэффициент надёжности постепенно увеличивается с увеличением как модуля упругости, так и сцепления;
5. Очень важно выбрать подходящий период для уменьшения и увеличения УВ в ВБ. При неуправляемой просадке водная нагрузка исчезает, поэтому нет поддерживающего давления на устойчивость плотины. Кроме того, создаваемые силы растяжения, направленные вниз, приводят к снижению прочности на сдвиг верхнего по течению склона. С другой стороны, незапланированное заполнение водохранилища создает избыточное поровое давление, которое может поставить плотину под угрозу в некоторых критических условиях.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Проектирование каменно-земляных и каменно-набросных плотин. [Электронный ресурс]. URL: http://lib.hydropower.ru/books/doc_00025453.pdf. Дата обращения – 13.03.2022.
2. 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.
3. PLAXIS. Справочное пособие. PLAXIS 3D Руководство пользователя. Нидерланды, 2011 г.
4. Плотины и развитие. Новая методическая основа для принятия решений. [Электронный ресурс]. URL: http://www.cawater-info.net/bk/dam-safety/files/plotiny_i_razvitiye.pdf. Дата обращения – 13.03.2022.
5. СП 39.13330.2012. Плотины из грунтовых материалов. Актуализированная редакция СНиП 2.06.05-84*. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095521>. Дата обращения – 13.03.2022.
6. ГОСТ 25100-2020. Межгосударственный стандарт. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200174302>. Дата обращения – 13.03.2022.

РАСЧЕТНЫЙ АНАЛИЗ ОГРАДИТЕЛЬНОГО СООРУЖЕНИЯ
ЮЖНОГО РАЙОНА ПОРТА УСТЬ-ЛУГА

Цель работы – исследование возможности расчетной оценки качественных показателей оградительного сооружения южного района порта Усть-Луга с применением программного комплекса PLAXIS 2D.

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 (металлические трубы диаметром 1220 мм с толщиной стенки 14 мм, шпунт Ларсен 5УМ). Сопряжение свай с ростверком выполнено с помощью арматурных каркасов, устанавливаемых в сваи и замоноличиваемых в ростверк.

Южная часть Лужской губы подвержена значительным волнениям за счет северных и северо-западных ветров. Ветровое волнение носит беспорядочный характер и состоит из разорванных валов различной длины и высоты. В непосредственной близости от берега волны, особенно при сильном ветре, резко деформируются, последовательно переходя в буруны и прибой [1].

Инженерно-геологические условия территории объекта сложные, характеризуются развитием в разрезе различных по генезису отложений, разной степенью размыва и переотложения слоев, изменчивостью свойств грунтов одной и той же разновидности, как по площади ее распространения, так и по глубине [2, 3]. На участке строительства толща слабых грунтов имеет значительную величину до 18 м.

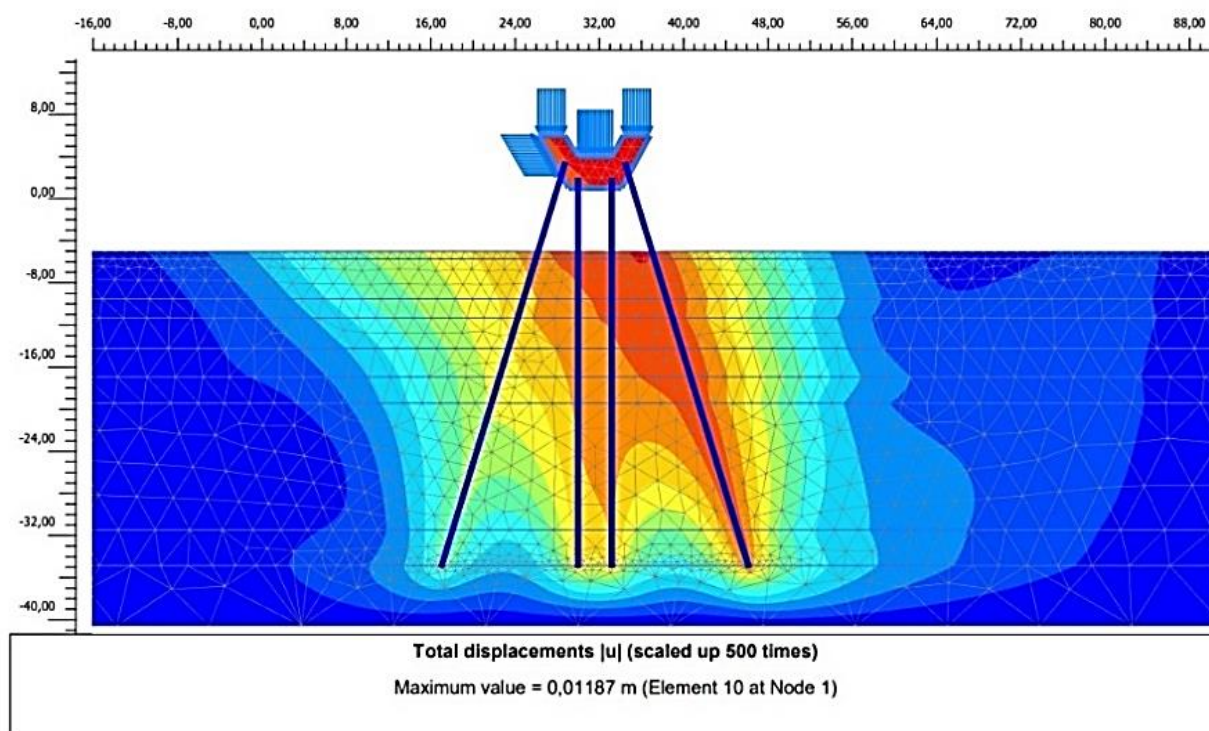


Рис. 1. Расчетные перемещения конструкции после приложения нагрузок

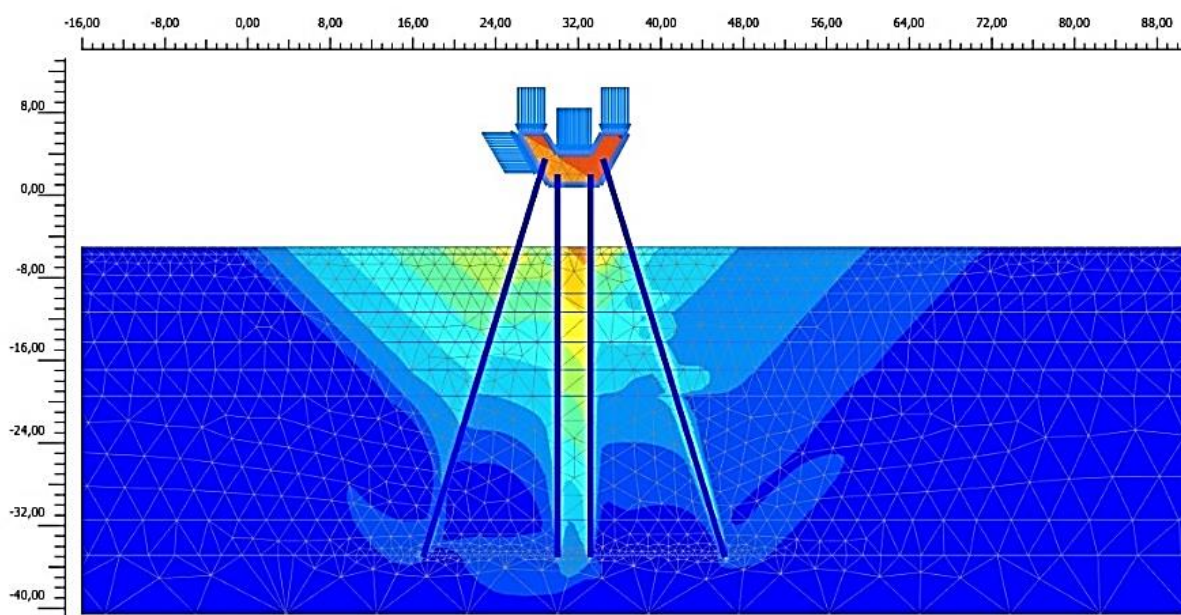


Рис. 2. Поля деформация при потере устойчивости. Коэффициент устойчивости $M_{sf} > 1,2$

В связи со сложными волновыми и инженерно-геологическими условиями на данной территории необходимо было проанализировать полное перемещение и устойчивость сооружения. Для анализа и расчета был использован программный комплекс PLAXIS 2D. Данный комплекс позволяет выполнять конечно-элементный расчёт напряжённо-деформированного состояния сооружений [4].

Показатели физико-механических свойств грунтов, полученные при инженерно-геологических изысканиях, выполненных ЗАО «ГТ Морстрой», были перенесены в программный комплекс PLAXIS 2D. Был произведен расчет с учетом прилагаемой волновой нагрузки [5], осуществляющей экстремальное воздействие на северную часть оградительного сооружения. Результаты расчетов приведены на рисунках 1, 2.

Выводы. На основании серии расчетов в программном комплексе PLAXIS 2D определено полное перемещение конструкции, составляющее 0,012 м (рис. 1), и оценена ее устойчивость. При этом установлено, что коэффициент устойчивости превышает 1,2 (рис. 2).

Конструкция оградительного сооружения защищает акваторию от воздействия льда, наносов и волнения [6], а также повышает безопасность стоянки судов, находящихся под погрузкой у причалов морских терминалов Южного района морского порта Усть-Луга.

Полученные результаты расчета гарантируют устойчивость и безопасность данной конструкции в условиях значительного волнения и сложной геологии местности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Портовое оградительное сооружение акватории Южного района морского торгового порта Усть-Луга. Проектная документация. СПб.: ЗАО «ГТ Морстрой». 2009 г. 51 с.
2. Комплексные инженерные изыскания для разработки Проекта строительства портового оградительного сооружения акватории Южного района Морского торгового порта Усть-Луга. Инженерно-геологические изыскания. СПб.: ЗАО «ГТ Морстрой». 2009 г. 138 с.
3. 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.
4. Руководство пользователя к программному комплексу PLAXIS. 2D, V.20.3.060.
5. СП 38.13330.2018. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). М.: Стандартинформ. 2019. 106 с.
6. Ключиков Е.Ю. Инженерная океанология. СПб., 1999 г. 294 с.

РАЗРАБОТКА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДЕЛИ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ПРИМЫКАНИЯ КАМЕННО-НАБРОСНОЙ ПЛОТИНЫ

Цель работы – разработка пространственной модели каменно-набросной плотины (КНП) для дальнейшего анализа данных натуральных наблюдений и расчета напряженно-деформируемого состояния (НДС), прочности и устойчивости сооружения. Научной новизной является применение современных программных комплексов в сочетании с количественным анализом результатов.

Разработка пространственной модели проводилась в четыре этапа. На первом из них были определены программные комплексы, подходящие для перехода от плановых чертежей к пространственным моделям. На втором – выполнялся поэтапный перенос геометрических размеров сооружения в соответствии с такими параметрами как: этап возведения, геологическое строение основания сооружения [4]. Также необходимо учитывать специфику программного комплекса для проведения расчетов и возможные ошибки при импорте модели. На третьем – была выполнена калибровка расчетной модели плотины в расчетном комплексе Plaxis 2D [1] и изменены значения коэффициентов фильтрации и некоторые геометрические размеры различных зон основания таким образом, чтобы обеспечивалось максимально возможное совпадение расчетных показаний напорных пьезометров (прежде всего, диагностических) с натурными. На четвертом этапе был выполнен фильтрационный расчет с учетом работоспособного состояния ГТС и при выходе из строя цементационной завесы [2].

Откалиброванные значения коэффициентов фильтрации различных областей основания плотины в сечении на ПК 28+66,4, представлены на рисунке 1, а в таблице 1 выполнено сравнение данных натуральных наблюдений по пьезометрам в основании КНП и результатов расчета в сечении на ПК 28+66 м при УВБ = 207,70 м, УНБ = 138,48 м.

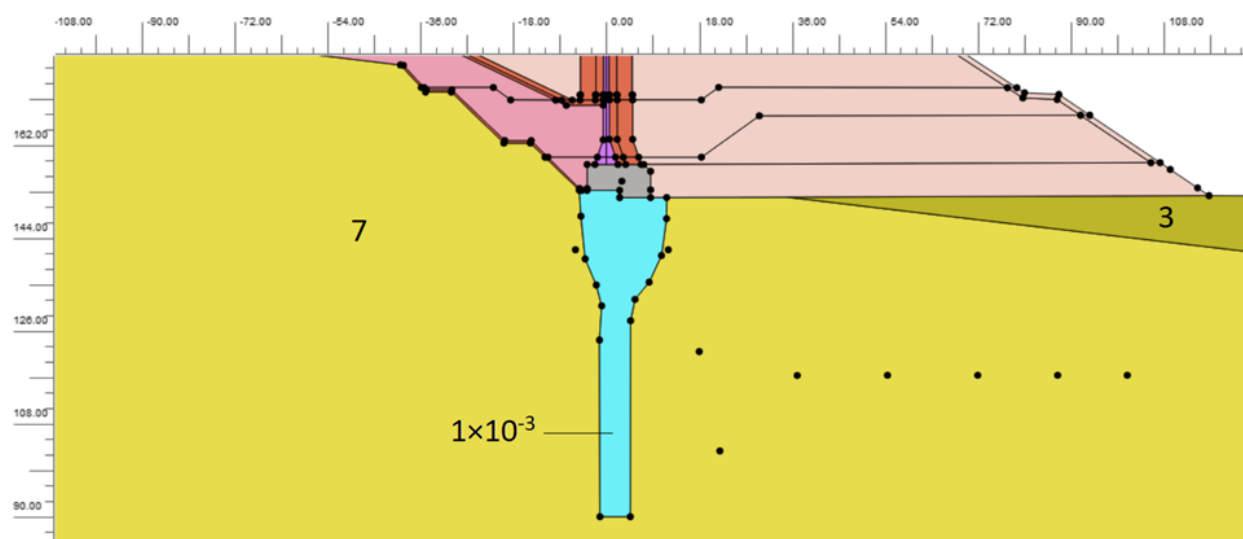


Рис. 1. Откалиброванные значения коэффициентов фильтрации различных областей основания плотины в сечении на ПК 28+66,4

Построение пространственной модели выполнялось в программном комплексе AutoCAD Civil 3D используя двумерный чертеж. Трехмерная модель, полученная в результате

моделирования в Civil 3D представлена на рисунке 2, откалиброванная модель на основе которой проводились расчеты в программном комплексе Diana FEA [5] представлена на рисунке 3.

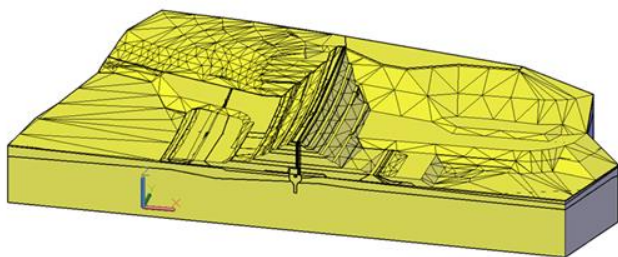


Рис. 2. Трехмерная модель правобережного примыкания каменно-набросной плотины

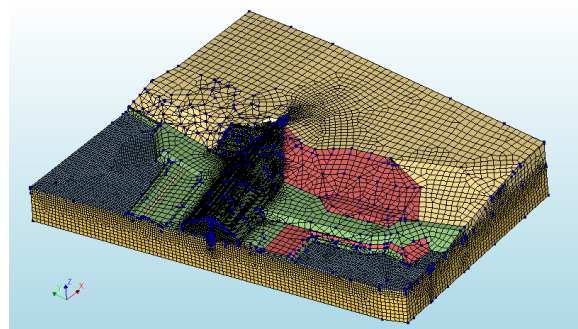


Рис. 3. Фрагмент участка КНП в районе правобережного примыкания в 3D постановке

Таблица 1 – Сравнение данных натуральных наблюдений по пьезометрам в основании КНП и результатов расчета в сечении на ПК 28+66,4 м при УВБ = 207,70 м, УНБ = 138,48 м

№ пьезометра (створ на ПК 28+66,4)	Показания напорных пьезометров, м	
	По натурным данным на 10,01,2020 г, (створ на ПК 28+66,4)	По результатам расчета (створ на ПК 28+66,4)
2309061 ВБ	175,44	196,68
2309062 НБ	142,08	160,83
2309063 НБ	140,14	162,96
2309064 НБ	140,22	165,51
2309067 НБ	140,34	162,03
2309068 НБ	140,31	160,42
2309069 НБ	140,25	158,86
2309070 НБ	140,20	157,53
2309071 НБ	140,30	156,41

Значительное расхождение натуральных данных с расчетом объясняется тем, что расчетной сечение находится в береговом примыкании и на его фильтрационный режим могут оказывать значительное влияние дополнительные факторы [3].

На рисунках 4–5 показаны расчетные распределения отметок пьезометрических уровней на участке плотины от ПК 26+90 до берегового примыкания при работоспособной (рисунок 4) и вышедшей из строя (рисунок 5) цементационной завесе.

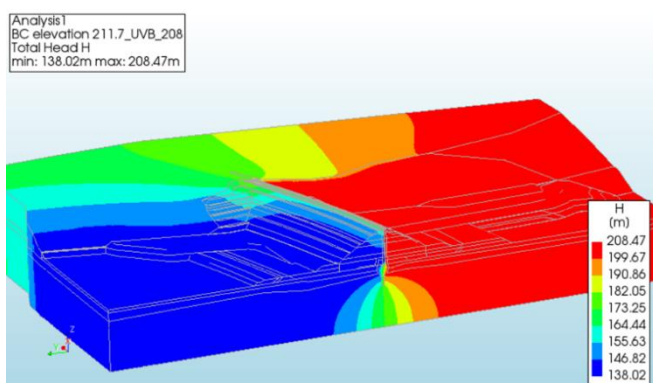


Рис. 4. Расчетные распределения отметок пьезометрических уровней на участке плотины от ПК 26+90 до берегового примыкания

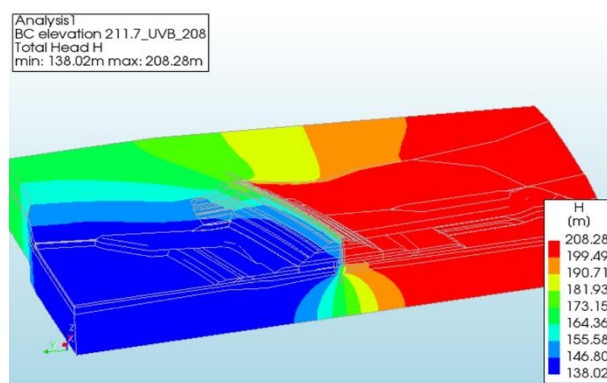


Рис. 5. Расчетные распределения отметок пьезометрических уровней на участке плотины от ПК 26+90 до берегового примыкания

Таким образом, в работе выполнено построение трехмерной модели правобережного примыкания каменно-набросной плотины, выполнен фильтрационный расчет. По результатам расчетов было получено, что полное исключение из работы цементационной завесы в районе правобережного примыкания практически не сказывается на распределении напоров в нем. Данное обстоятельство может быть связано с недостаточной изученностью геологического строения правобережного примыкания, в котором могут присутствовать трещины различной направленности. Для обеспечения возможности усовершенствования трехмерной модели правобережного примыкания рекомендуется выполнить работы по построению его геоструктурной модели.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Руководство пользователя Plaxis 2D, 2019 (www.plaxis.ru).
2. Ничипорович А.А., Журек Я. Деформации упорных призм и ядер плотин из местных материалов при заполнении водохранилища, Тр. ВОДГЕО, 1968, вып. 19
3. СТО 17330282.27.140.021-2008. Контрольно-измерительные системы и аппаратура гидротехнических сооружений ГЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования.
4. Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов: Учеб. пособие для строительных вузов. – М.: Высш. школа, 1978.
5. Руководство пользователя Diana FEA, 2021 (<https://dianafea.com/diana-manuals>).

УДК 69.059.73

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

АНАЛИЗ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ОГРАДИТЕЛЬНОГО СООРУЖЕНИЯ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «PLAXIS 2D»

Введение: Оградительным сооружением называется гидротехническое сооружение для защиты портовой акватории от течений, наносов, волнений и ледяного поля. В зависимости от условий использования, конструкции могут быть разными. В данной работе рассматривается оградительное сооружение состоит из обыкновенных массивов.

Цель: разработка и исследование/анализ математической модели оградительного сооружения в программном комплексе «Plaxis 2D» для определения перемещений оградительного сооружения из кладки обыкновенных массивов. Расчеты на сейсмике в данном исследовании не проводились [1, 2].

В практике портового строительства под обыкновенными понимают массивы весом до 100 т [3]. Сооружения из таких массивов являются старейшими из сооружений гравитационного типа. В практике зарубежного портостроения, в особенности в Англии, они строились преимущественно на скалистых, грунтах.

Характеристики грунта и скальной породы под нагрузкой, как правило, отличаются крайней нелинейностью. А их нелинейная деформируемость может быть моделирована на нескольких уровнях сложности. Поэтому в программе PLAXIS есть выбор различных моделей, воспроизводящих поведение грунта и сплошных сред [4].

Модель материала для всех грунтов применяется Мора-Кулона. Это линейно-упругая идеально пластическая модель для общего представления поведения грунта в первом приближении. Для каждого слоя полагается постоянная средняя жесткость. Для материала бетона принята линейно-упругая модель. Она представляет закон Гука при изотропной линейной упругости и используется в основном для жестких конструкций.

Важной особенностью грунта является присутствие в нем поровой воды. А реакция грунта зависит от порового давления. Поэтому PLAXIS предлагает несколько типов поведения, позволяющих учесть взаимодействие между поровой водой и скелетом грунта при моделировании реакции грунта.

Для всех типов грунта и постели принят дренированный тип поведения материала, для бетона выбрано поведение непористого материала. Опция дренированное поведение грунта не генерирует поровое давление. Применяется для сухих грунтов, а также в случае полного дренирования из-за высокой водопроницаемости грунта. Можно использовать для грунта при стабилизированном состоянии без необходимости воссоздавать историю нагружения и консолидации не дренированного грунта [5–7].

Поведение непористого материала не учитывает ни начального, ни избыточного порового давления, что подходит для бетона. После этого задается вес грунтов в насыщенном и ненасыщенном состоянии. Для бетона это одинаковые значения. Для грунтов в насыщенном состоянии это значение больше. Во вкладке параметры задаются жесткостные и прочностные параметры, зависящие от выбранных моделей грунта и его поведения. Задается модуль Юнга, коэффициент Пуассона, удельное сцепление, угол трения. Остальные параметры считаются автоматически с учетом этих введенных или принимаются значения по умолчанию в связи с отсутствием данных в работе. Ниже приведена таблица, в которой представлены характеристики материалов, используемых в программном комплексе.

Таблица 1 – Характеристики материалов для задания в программном комплексе

Характеристика	Ед. измерения	Суглинок	Песок (технический)	Песок	Каменная наброска	Бетон
γ_{unsat}	кН/м ³	17	22	16	21	23,3
γ_{sat}	кН/м ³	19,5	25	17,4	23	25
E'	кН/м ²	$17 \cdot 10^3$	$19 \cdot 10^3$	$19 \cdot 10^3$	$22,5 \cdot 10^6$	$32,5 \cdot 10^6$
ν'	–	0,32	0,29	0,29	0,32	0,28
c'_{ref}	кН/м ²	17	1	1	70	60
$\varphi'(\phi)$	град.	18	33	30	50	40

Первым слоем идет песок, толщиной 5 м, затем суглинок – 5 м.

После задания грунтов задаем конструкцию мола сплошной конструкцией высотой 18 м) потому, что массивы скреплены между собой связями. Также задаем каменную наброску высотой 3 м и подушку из технического песка толщиной 0,5 м. Модель продемонстрирована на рисунке 1. После этого задаем равномерно-распределенную нагрузку 100 кН/м.

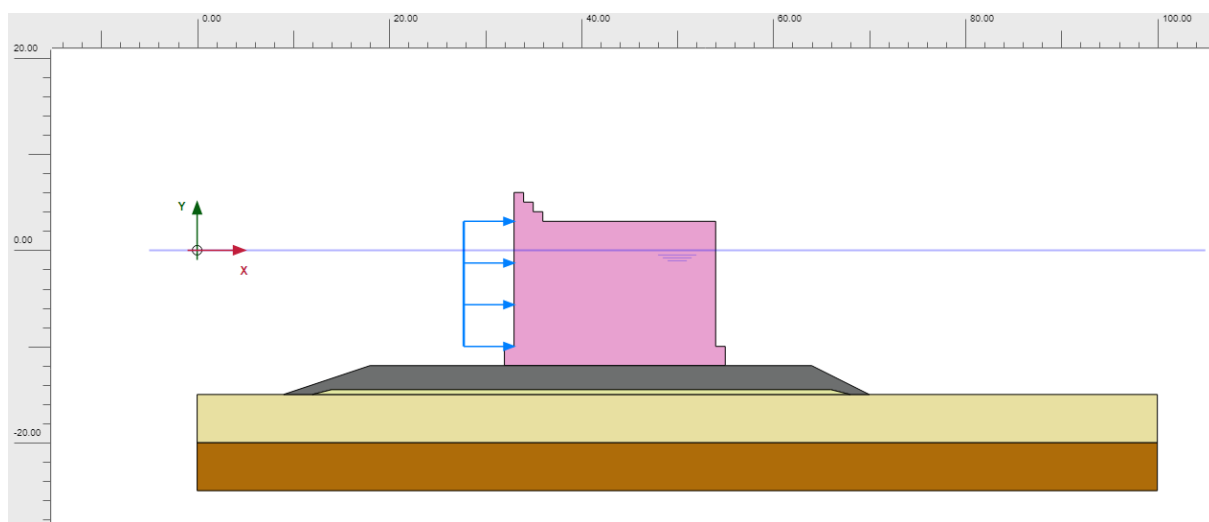


Рис. 1. Заданная модель в программном комплексе

После задания грунтов и конструкций проводим расчет и получаем полные перемещения ограждающего сооружения, которые продемонстрированы на рисунке 2.

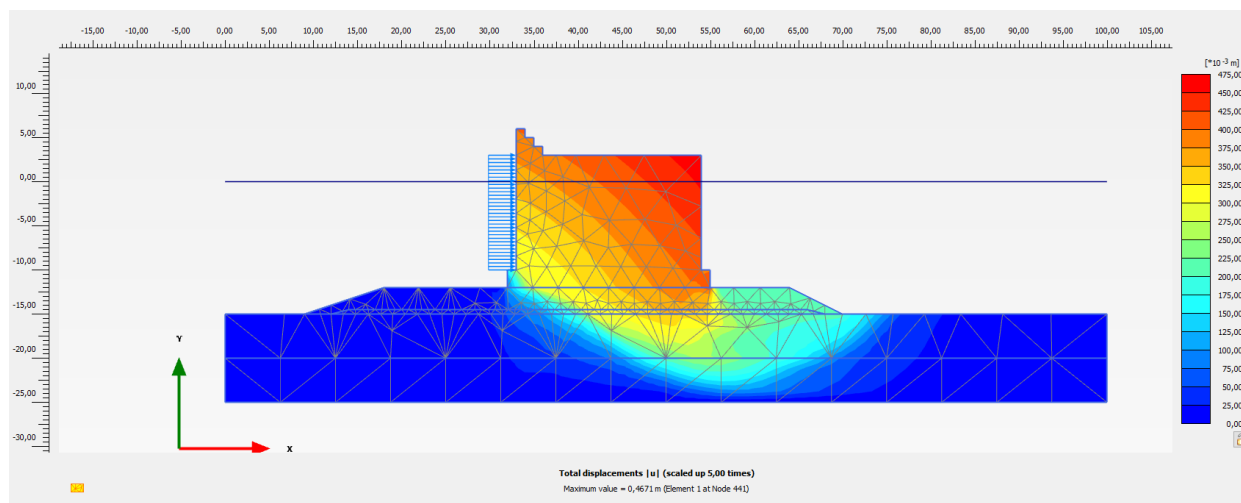


Рис. 2. Полные перемещения

Максимальное перемещение составило 0,47 м. В связи с отсутствием технического задания на проектирование портового ограждающего сооружения нельзя сделать заключение, является ли это перемещение допустимым.

Вывод: были определены и проанализированы перемещения в программном комплексе «Plaxis 2D» ограждающего сооружения из обыкновенных массивов. Так как нет технологических карт, в которых содержится информация о допуске перемещения ограждающего сооружения, то, текущие, определенные перемещения следует оценивать по критериям допустимого целесообразного использования. Уменьшение перемещения возможно при увеличении ширины мола или изменении типа конструкции, к примеру на свайную.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Крицук Л.А., Шарапов Д.А. Динамический расчет на сейсмическую нагрузку в PLAXIS 2D. Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 125–127.
2. 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>.
3. ГОСТ Р 54523-2011. Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – М.: Стандартинформ, 2012.
4. Иванов П.Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений. – М.: Высшая школа, 1991 г.
5. Бугров А.К. Механика грунтов. Учебное пособие, СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011.
6. СП 38.13330.2018. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов) Утвержден приказом министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16 августа 2018 г. №531.
7. РД 31.31.38-86. Инструкция по усилению и реконструкции причальных сооружений. / Министерство морского флота СССР. М., 1987 г.

РАСЧЕТ ЗААНКЕРЕННОГО БОЛЬВЕРКА
ПРИ ЕГО УСИЛЕНИИ ГРУНТОЦЕМЕНТНЫМИ СВАЯМИ

Цель работы: исследование возможности оценки прочности и устойчивости причального сооружения при усилении его грунтоцементными сваями с целью компенсации износа лицевой стенки с использованием метода конечных-элементов.

Россия – страна, омываемая большим числом морей, что ведет к тому, что в стране строится и рассчитывается (в том числе средствами программного комплекса Plaxis) множество морских причалов в составе портов, каждый из которых подвержен как воздействиям от окружающей среды (ледовым, волновым нагрузкам, сейсмическим нагрузкам [1]), так и от судов (навал судна на причал, швартовные нагрузки) [2, 3]. Эксплуатация морских причалов неминуемо приводит к тому, что происходит их износ, что может вести к нарушениям в работе несущих конструкций вплоть до критических, которые могут вызвать разрушение сооружения [4].

Для предотвращения наступления данного состояния выполняются периодические технические обследования причала различными методами: внешний осмотр, геодезические проверки положения конструкций, их смещения, проведение контроля несущей способности материалов причала неразрушающими методами, водолазный осмотр состояния подводной части конструкции [5, 6].

При наступлении неработоспособного состояния конструкции или приближения к нему производятся работы по восстановлению причала или его капитального ремонта. Данный вопрос будет рассмотрен в данной работе.

В данной работе рассматривается причал, расположенный в акватории Финского залива. При ежегодных обследованиях конструкции было выявлено отклонение положения лицевой стенки причального сооружения от паспортного, увеличивающееся с каждым годом. Кроме этого, путем метода неразрушающего контроля было выявлено уменьшение толщины лицевой стенки из-за коррозии материала. Данное уменьшение при дальнейших «выпорах» лицевой стенки в сторону акватории может привести к разрушению конструкции причала.

Как один из возможных методов ремонта причала был рассмотрен способ перевода конструкции из распорной в массивно гравитационную, путем моделирования в теле причала грунтоцементных колонн [7–10]. Данный метод позволяет уменьшить давление на лицевую стенку и предотвратить дальнейшие деформации шпунта.

Моделирование конструкции производилось в программе Plaxis 2D.

Конструкция причала представляет собой заанкеренный больверк с разгрузочной платформой. Лицевая стенка и анкерная опора представляют собой шпунт Larsen607. Свая под разгрузочной платформой выполнена из трубы $\varnothing 1220$. Грунтоцементные сваи (ГЦС) приняты диаметром 0,7 и 1,5 м [7]. Железобетонное верхнее строение выполнено в виде оголовка с разгрузочной платформой.

Грунты в основании причала представляют собой пылеватые пески, пески средней крупности, суглинок и техногенный песок засыпки. Нагрузка на причал приведена равной 1,5 и 3 тс/м².

Схематичная конструкция причала приведена на скриншоте из программы Plaxis 2D (рис. 1).

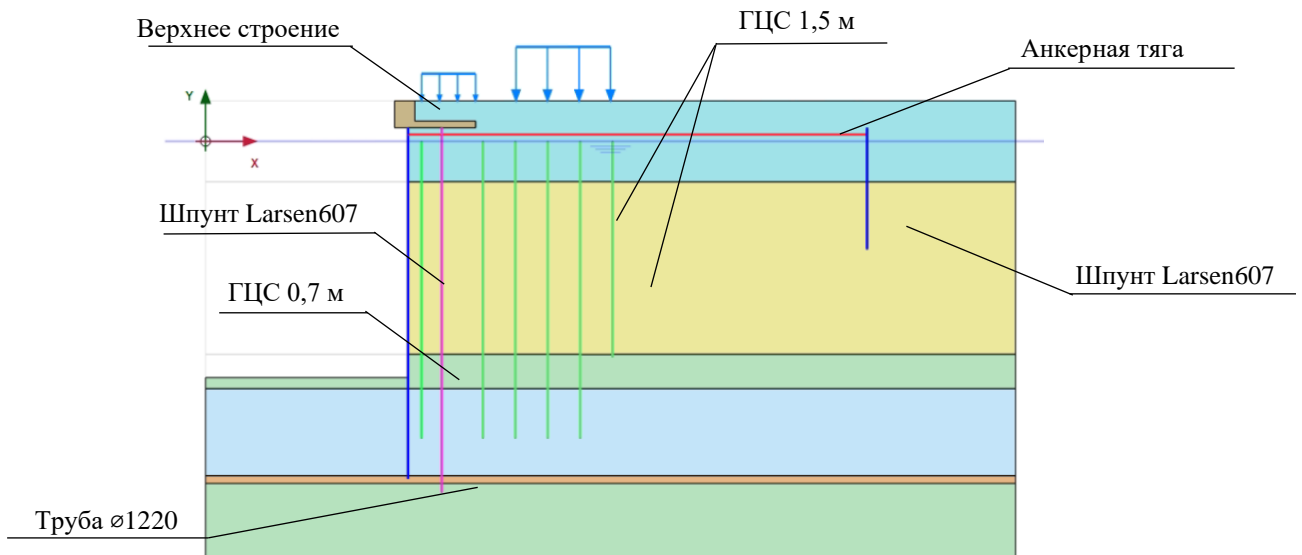


Рис. 1. Схема конструкции причала в программе Plaxis 2D

В программе были заданы последовательно шаги загрузки конструкции:

1. В модели создаются только элементы конструкции (сваи, шпунт, тяга);
2. Моделируется проектное дно сооружения и верхнее строение. Считается устойчивость сооружения только при собственном весе конструкции;
3. К сооружению прикладываются нагрузки от оборудования на причале и считается устойчивость/перемещения с их учетом;
4. Идет поиск наибольших участков напряжения/деформации при проектной работе конструкции.

Из расчета в программе Plaxis 2D были получены следующие результаты:

Наибольшее перемещение элементов конструкции составляет 10,14 см, что меньше существующего выпора лицевой стенки.

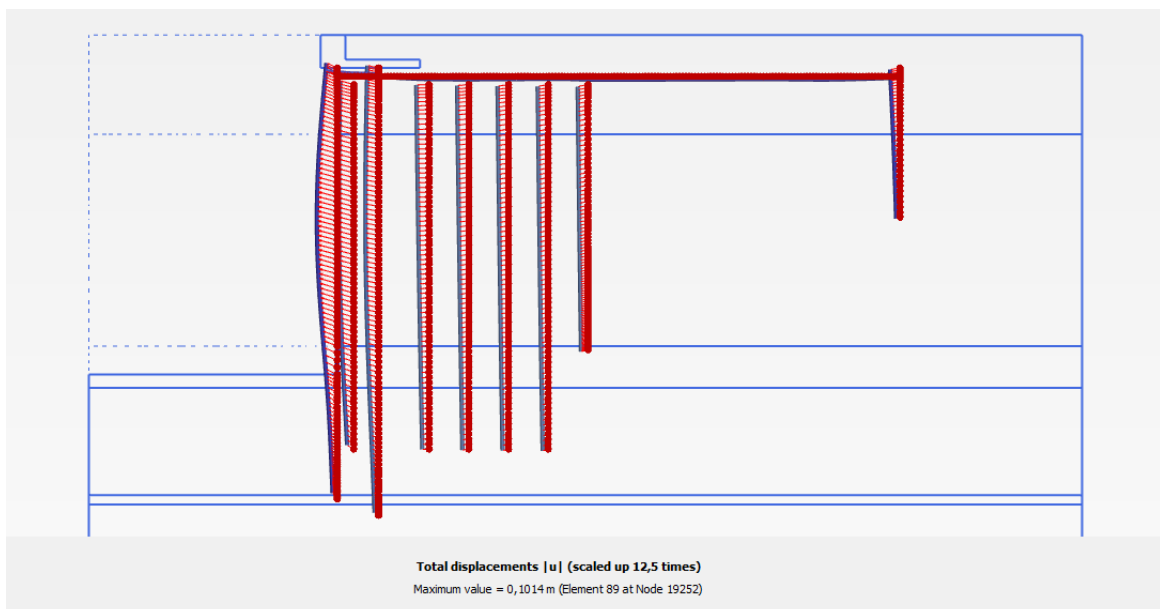


Рис. 2. Наибольшие перемещения конструкции

Как видно из рисунка 3 наибольшие напряжения сосредоточены в области между грунтоцементной свай $\varnothing 0,7$ м и сваями под разгрузочной платформой.

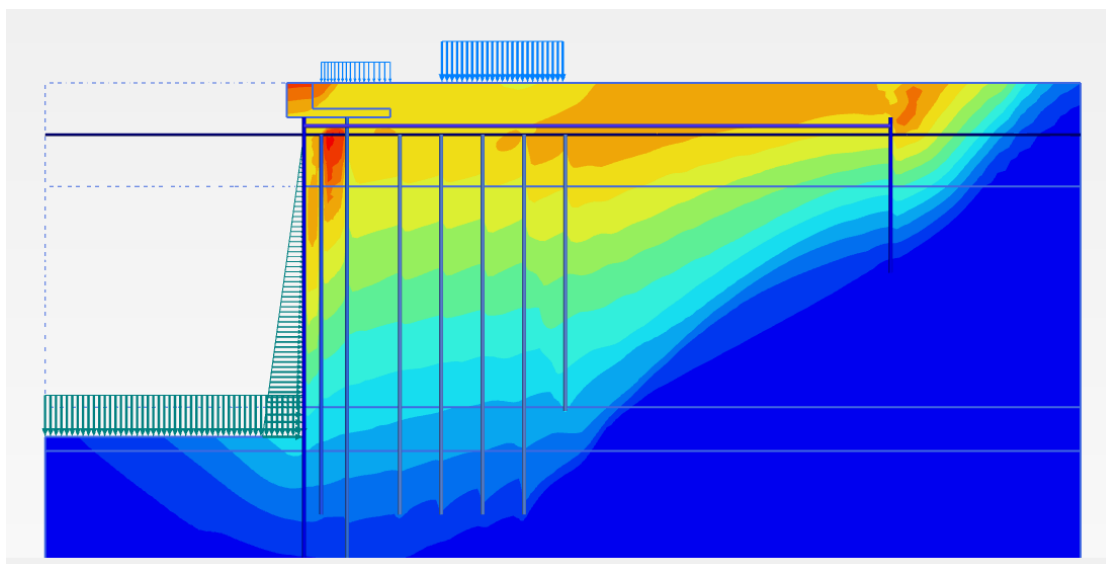


Рис. 3. Участки наибольших напряжений в конструкции

Вывод: в работе был рассмотрен способ ремонта конструкции с помощью устройства грунтоцементных свай в теле причала. При расчете в программе Plaxis 2D были получены перемещения конструкции величиной в 10,14 см, что находится в допустимых пределах. С конструктивной точки зрения данный способ реконструкции возможен. В дальнейшем необходимо рассмотреть экономическую составляющую данного способа ремонта и провести сравнение с другими методами для поиска наиболее целесообразного.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Крицук Л.А., Шарапов Д.А. Динамический расчет на сейсмическую нагрузку в PLAXIS 2D. В сборнике: Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 125 по программе 08.03.01_04127.
2. Тяготин В.М., Шарапов Д.А. Расчет смещения якоря с помощью PLAXIS 3D, В сборнике: Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 94–96.
3. СП 38.13330.2018. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов) Утвержден приказом министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16 августа 2018 г. №531.
4. Малеванов К.А., Беляев Н.Д. Характерные повреждения причалов типа «больверк» и мероприятия по их устранению. XXXII неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской НТК. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2004. С. 17–19.
5. 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.
6. ГОСТ Р 54523-2011. Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – М.: Стандартинформ, 2012.
7. РД 31.31.38-86. Инструкция по усилению и реконструкции причальных сооружений. / Министерство морского флота СССР. М., 1987 г.
8. Николаевский М.Ю., Горгуца Р.Ю., Соколов А.В. Реконструкция причалов типа «больверк» путем изменения характера работы сооружения с распорного на гравитационное. // Гидротехника. XXI век. – 2014. – №1. – С.48–53.
9. СП 291.1325800.2017 Конструкции грунтоцементные армированные. Утвержден приказом министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 15 мая 2017 г. №785.
10. Дерябин А.С., Шарапов Д.А. Укрепление грунтов месторождения «Утреннее» методом инъектирования с поверхности ледяного покрова для постановки массивов-гигантов. Современное строительство и архитектура. 2019. № 2 (14). С. 19–25.

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ БОЛЬВЕРКА В СОСТАВЕ ПРИЧАЛЬНОЙ СТЕНКИ
МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Целью работы является исследование показателей устойчивости больверка в составе причальной стенки с применением программного комплекса PLAXIS 2D. Рассматриваемый причал располагается на территории Центра строительства крупнотоннажных морских сооружений в сельском поселении Междуречье Кольского района Мурманской области.

Конструкция причала представляет собой заанкеренный больверк с лицевой шпунтовой стенкой. Лицевая стенка сооружения выполнена из трубошпунта $\varnothing 1420 \times 16$ мм с приваренными замками. Анкерные тяги Schroeder 072/M80 диаметром 72 мм установлены с шагом 1,59 м. Анкерная опора представляет собой анкерную стенку из труб сечением $\varnothing 1020 \times 16$ мм [1]. Подобные конструкции успешно рассчитываются в рассматриваемом программном комплексе [2–4].

Инженерно-геологические условия территории объекта сложные. Данная местность характеризуется сильным ветровым волнением, носящим беспорядочный характер, ледовыми явлениями, а также изменчивостью грунтов. Грунты основания представлены (сверху вниз) [5]:

- песок пылеватый, плотность $\rho = 1,78$ г/см³, степень плотности – средней плотности, реже рыхлые, модуль деформации $E = 120$ кг/см², угол внутреннего трения $\varphi = 20^\circ$;
- пески крупный и гравелистый, плотность $\rho = 1,96$ г/см³, степень плотности – средней плотности, модуль деформации $E = 260$ кг/см², угол внутреннего трения $\varphi = 32^\circ$;
- супесь пластичная, плотность $\rho = 2,11$ г/см³, показатель текучести – 0,59, модуль деформации $E = 160$ кг/см², угол внутреннего трения $\varphi = 13^\circ$, удельное сцепление $c = 0,07$ кг/см²;
- суглинок текучий, плотность $\rho = 1,95$ г/см³, показатель текучести – 1,44, модуль деформации $E = 40$ кг/см², угол внутреннего трения $\varphi = 6^\circ$, удельное сцепление $c = 0,06$ кг/см²;
- галечниковый грунт, модуль деформации $E = 400$ кг/см², угол внутреннего трения $\varphi = 40^\circ$;
- гранито-гнейсы прочные, временное сопротивление одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии $R/c = 1037$ кг/см², коэффициент выветрелости $K_{wr} = 0,91$.

Для выполнения расчета и последующего анализа была использована программа PLAXIS 2D. Данный комплекс позволяет выполнять конечно-элементный расчёт напряжённо-деформированного состояния сооружений [6]. Для проведения расчета в программу необходимо ввести следующие данные:

1. Данные инженерно-геологических изысканий;
2. Свойства элементов конструкции причала;
3. Нагрузки, действующие на причальное сооружение [7]. Принята равномерно-распределенная нагрузка в количестве 30 кН/м от собственного веса конструкции, а также значение ледовой нагрузки.

С учетом всех введенных данных был выполнен расчет. Результаты расчетов приведены на рисунках 1, 2, 3. На основании выполненных расчетов определены:

1. Полное перемещение сооружения (рис. 1). По представленному ниже рисунку видно, что полное перемещение составляет 0,045 м;
2. Эпюра распределения нагрузок на гидротехническом сооружении (рис. 2);
3. Коэффициент устойчивости сооружения.

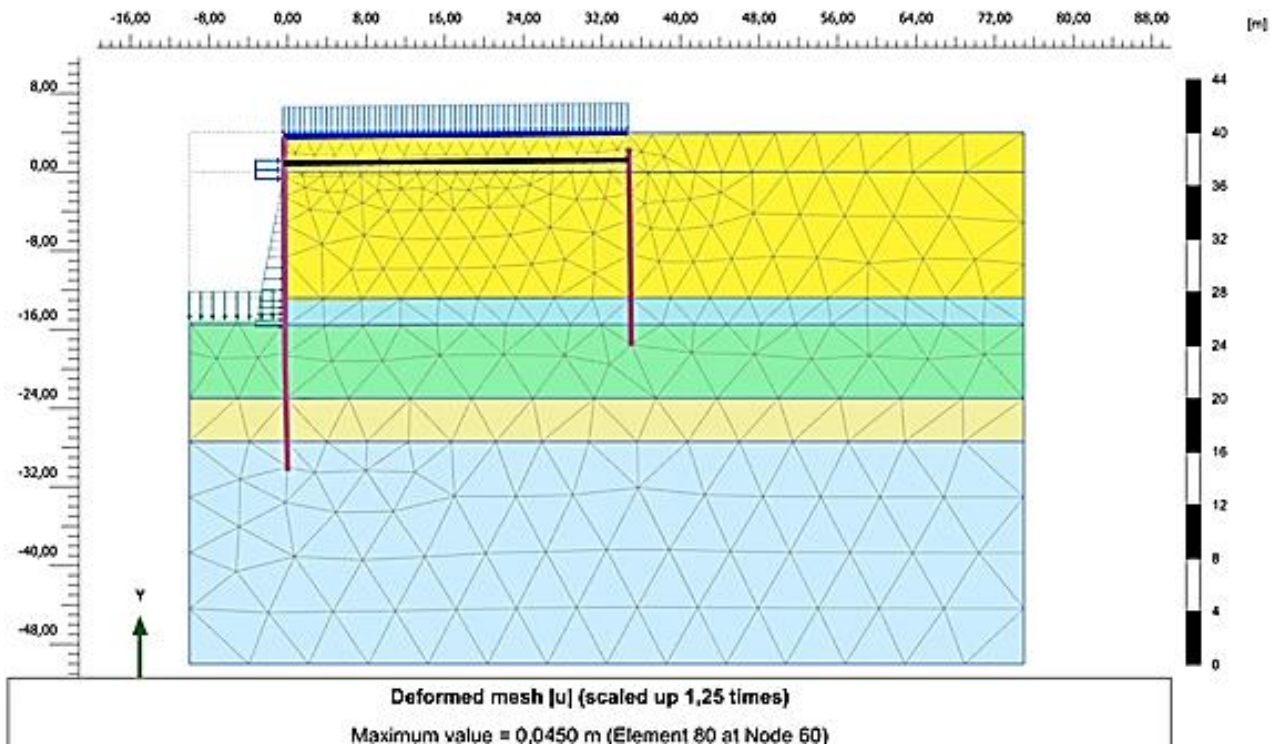


Рис. 1. Сетка конечных элементов

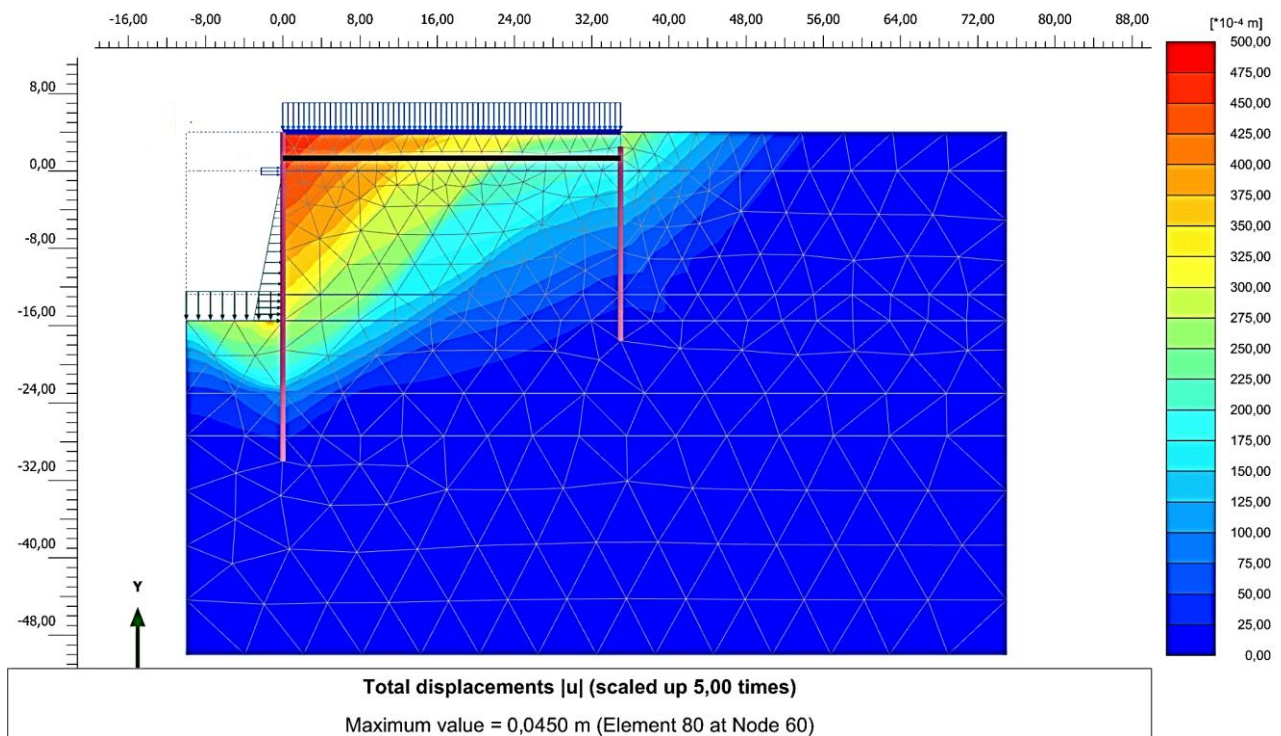


Рис. 2. Поля деформация, перемещения конструкции, коэффициент устойчивости $M_{sf} = 1,3$

Вывод. В результате проведенного исследования, была создана и проанализирована конечно-элементная модель, показывающая приемлемые расчетные результаты. По результатам расчета модели можно установить, что сооружение обладает достаточным коэффициентом устойчивости.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ 52664-2010. Шпунт трубчатый сварной. Введ. 11.09.2011.
2. Бучнев И.Д., Шарапов Д.А. Расчет оградительных сооружений порта «Бухта Север» в программном комплексе PLAXIS 2D. Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. Инженерно-строительный институт. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 92–94.
3. Карпова А.А., Стрябкова Ю.В., Шарапов Д.А. Расчет больверка в составе искусственного острова методом КЭ. Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 61–62.
4. Крицук Л.А., Шарапов Д.А. Динамический расчет на сейсмическую нагрузку в PLAXIS 2D. Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 125–127.
5. Технический отчет по выполненным инженерно-геологическим изысканиям. ООО «ГеоГИС». СПб, 2020 г.
6. PLAXIS. 2D, V.20.3.060 – Руководство пользователя.
7. СП 38.13330.2018. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). 2019.

УДК 627.841

Н.Р. Духопельникова, И.Е. Фролова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ДЕРИВАЦИОННОГО КАНАЛА ДЗАУДЖИКАУСКОЙ ГЭС

Введение. Аварии на гидротехнических сооружениях имеют катастрофические последствия и наносят огромный ущерб всем сферам жизнедеятельности человека, а также окружающей среде. Для того, чтобы снизить вероятность возникновения аварии на ГТС, необходимо при проектировании гидротехнических сооружений предусматривать и обеспечивать безопасность и надежность сооружений на всех стадиях их строительства и эксплуатации [2].

Эксплуатационная надежность гидротехнического сооружения – это свойство гидротехнического сооружения без отказов и в полной мере выполнять свои функции в течение всего срока эксплуатации в проектном режиме.

Эксплуатационная надежность – это сложное свойство, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения состоит из таких характеристик, как безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

Безопасность гидротехнического сооружения – это свойство гидротехнического сооружения, позволяющее обеспечивать защиту жизни, здоровья и законных интересов людей, окружающей среды и хозяйственных объектов [5].

Понятия надежности и безопасности гидротехнических сооружений (ГТС) являются очень важными при строительстве и эксплуатации ГТС.

Дзауджикауская ГЭС расположена в г. Владикавказ Республики Северная Осетия-Алания. Гидроузел расположен на горной реке Терек и входит в состав Терского каскада ГЭС. Река Терек характеризуется резко выраженным паводком летом и особо низким расходом воды зимой [1, 3].

Целью работы является анализ состояния деривационного канала и разработка технических решений по повышению надежности сооружения.

Результаты обследования деривационного канала. В ходе проведения визуального обследования деривационного канала Дзауджикауской ГЭС были получены следующие результаты:

- повсеместно на участках деривационного канала наблюдаются дефекты бетонной облицовки канала с частичным оголением арматуры, вплоть до разрушения швов и выноса через разрушенные участки грунтов основания с образованием пустот под плитами [4];
- дно канала повсеместно загрязнено наносами и различным мусором, наблюдается несанкционированный сброс канализационных вод с прилегающей к каналу территории садоводства.

Выводы о состоянии деривационного канала. Дефекты плит крепления откосов канала несут в себе высокие риски для работы гидротехнического сооружения, так как могут повлечь за собой оползание откосов. В совокупности с наносами и мусором может снизиться пропускная способность канала и, как следствие, возможно повышение уровня воды в канале.

Мероприятия по повышению эксплуатационной надежности деривационного канала Дзау ГЭС. Основным мероприятием для повышения эксплуатационной надежности деривационного канала ДзауГЭС является восстановление целостности железобетонных плит облицовки канала и межсекционного заполнителя.

Для восстановления гидроизоляционного слоя необходимо произвести демонтаж значительно поврежденных облицовочных бетонных плит канала и выполнить устройство откоса с проектным значением заложения. Для повышения эксплуатационной надежности откосов деривационного канала перед подготовкой грунта следует положить слой гидроизоляционной мембраны, которая защитит восстановленную облицовку канала от воздействия на нее влаги [5]. Далее следует слой основания из гравийно-песчаной смеси. После укладки новых железобетонных плит производится герметизация швов.

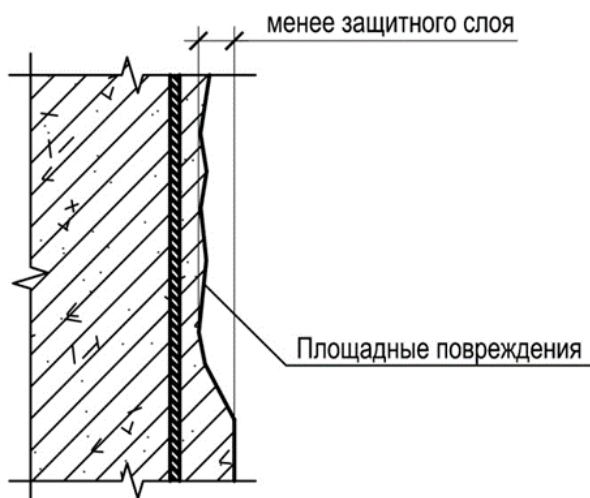


Рис. 1. Вид участка бетонной плиты перед производством работ

При наличии локальных повреждений поверхности бетона, работы по восстановлению облицовки канала ведутся в следующей последовательности:

1. Удаление деструктивного и слабого бетона на глубину, достигающую структурно-целостного слоя (рис. 1).
2. Оконтуривание дефектного участка фрезой с алмазным диском на глубину 15-20 мм.
3. Очистка подготовленной поверхности бетонной плиты от различных загрязнений (пыль, наносы и др.) с помощью гидроструйного аппарата высокого давления.
4. Очистка оголенных участков арматуры от коррозии. При сквозной коррозии производится замена поврежденного участка арматуры.

5. Ремонтный материал для восстановления поверхности бетонных плит готовится в соответствии с инструкцией от производителя.
6. Нанесение праймерного слоя на подготовленную поверхность для повышения адгезии.
7. Нанесение ремонтного раствора на основе ЦМИД-2 ручным способом с уплотнением при помощи полутерок.
8. Ручное нанесение тонкослойного эластичного гидроизоляционного покрытия толщиной не менее 2 мм в два слоя.

Выводы. По результатам визуального обследования деривационного канала Дзауджикауской ГЭС были выявлены дефекты железобетонных облицовочных плит канала. Дальнейшее разрушение бетонной облицовки с высачиванием грунтовых вод на поверхность плит может привести к серьезным последствиям, таким как вымывание грунта из-под плит и оползание откосов. Для восстановления эксплуатационной надежности и безопасности канала были разработаны мероприятия по устранению выявленных дефектов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Комплексное обследование и оценка технического состояния грунтового основания, фундаментов и дренажных систем гидротехнических сооружений, производственных зданий и прочих сооружений дзауджикауской ГЭС. Технический отчет. АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева». СПб. 2018. – 51 с.
2. СП 58.13330.2019. Гидротехнические сооружения. Основные положения.
3. Дзауджикауская ГЭС [Электронный ресурс]. URL: <http://www.osetia.rushydro.ru/hpp/dzauhpp/> (Дата обращения: 11.03.2022).
4. Загрядский И.И. Курс лекций по мониторингу гидротехнических сооружений и оценке уровня их безопасности: Учебное пособие. – 154 с.
5. Гидроизоляционная мембрана [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tn.ru> (Дата обращения: 11.03.2022).

УДК 627.8

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

ФИЛЬТРАЦИОННЫЙ РАСЧЁТ ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ МЕЛЬНИЧНОЙ МГЭС МОЩНОСТЬЮ 412 КВТ В КАРЕЛИИ В СРЕДЕ PLAXIS

Цель работы – провести исследование возможности монтажа асфальтобетонной диафрагмы в тело грунтовой плотины, используемой в качестве противofильтрационного элемента Мельничной малой гидроэлектростанции (МГЭС), с целью снижения фильтрационного расхода через неё, а также проверить значение максимальных скоростей фильтрационного потока вблизи точки опирания диафрагмы на грунт основания.

Расчётная модель. Грунтовая плотина представляет собой неоднородную земляную плотину из среднезернистого песка с диафрагмой. Заложение низового откоса принимается $m_n = 2,25$, верхового откоса $m_v = 2,5$. Отметка гребня земляной плотины равна 186,0 м, ширина гребня $B = 6,25$ м, так как на нём предусматривается автомобильная дорога [1].

В расчете была принята модель основания, состоящая из трёх грунтов. Расчетные значения физико-механических характеристик грунтов тела и основания плотины приведены в таблице 1. Аналогичные модели, включающие фильтрационные расчеты в рассматриваемом программном комплексе Plaxis 2D, ранее успешно применялись на практике [2].

При расчетах проведении фильтрационных расчётов гидротехнических сооружений и их оснований необходимо ссылаться на СП 39.13330.2012, СП 23.13330.2018 и СП 58.13330.2019 [3–5].

Таблица 1

№ слоя	Вид грунта	Мощность слоя, м	Удельный вес, т/м ³	Угол внутреннего трения, град	Удельное сцепление, т/м ²	Коэффициент фильтрации, м/сут.
Грунт тела плотины						
	Песок мелкозернистый	–	1,85	28	–	4,0
Грунты основания						
1	Пески мелкозернистые	2,0	1,70	25	–	4,0
2	Супеси	1,0	1,90	26	0,9	3,7
3	Суглинки	–	1,95	18	3,2	0,5

Результаты. Фильтрационный расчёт производился в программе PLAXIS 2D. Выполнялась оценка максимальных скоростей фильтрационного потока в трёх случаях:

- при отсутствии диафрагмы;
- при заглублении диафрагмы в мелкозернистые пески (слой № 1);
- при заглублении диафрагмы в суглинки (слой № 3).

Результаты расчёта представлены на рисунках 1–3.

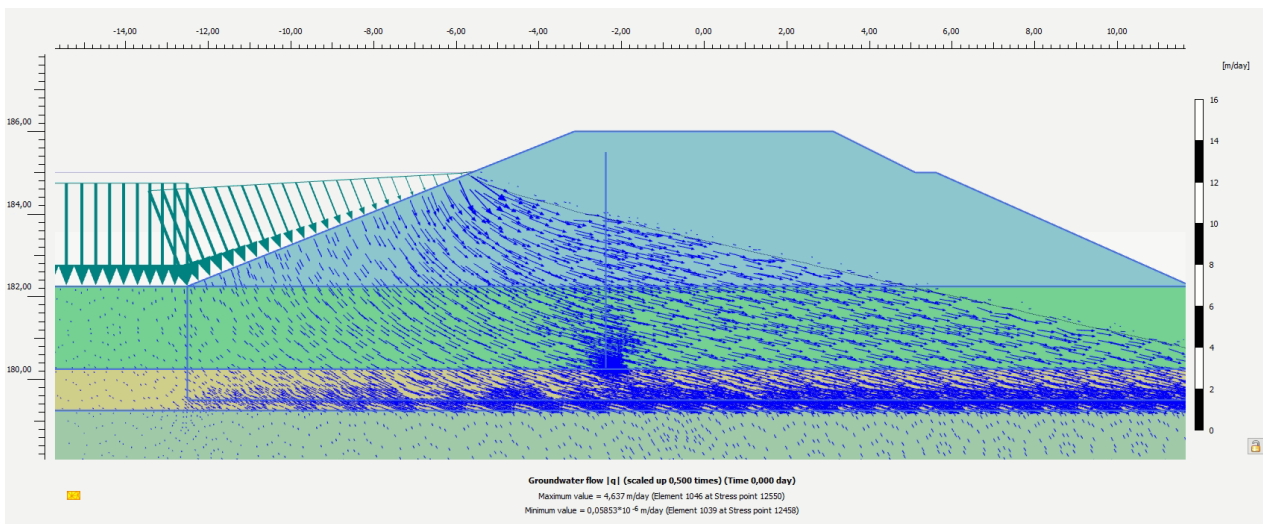


Рис. 1. Значение максимальных скоростей фильтрационного потока при отсутствии диафрагмы

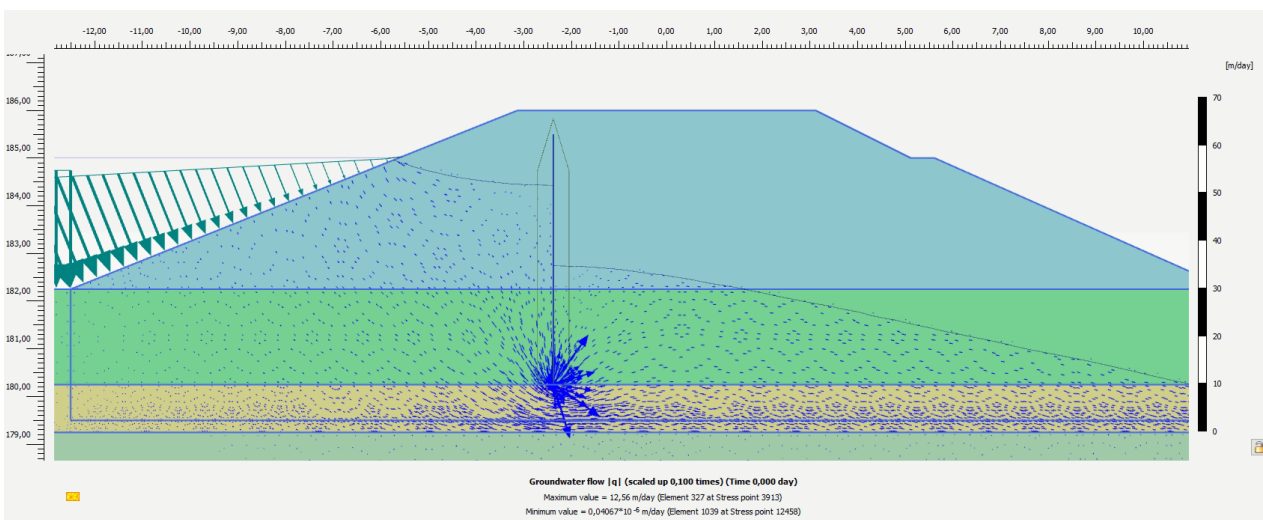


Рис. 2. Значение максимальных скоростей фильтрационного потока при заглублении диафрагмы в мелкозернистые пески (слой №1)

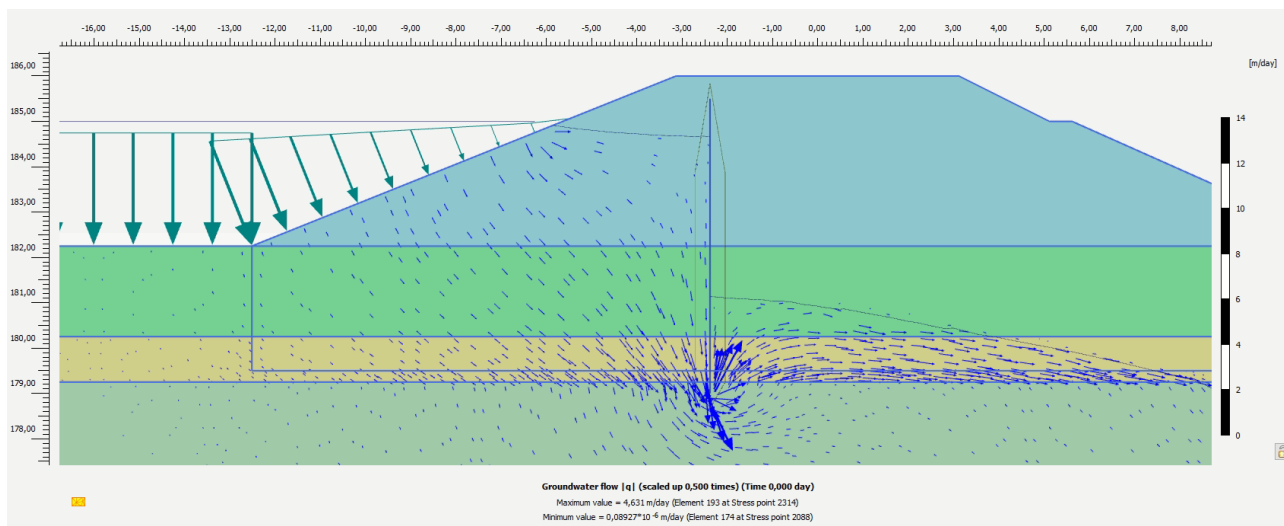


Рис. 3. Значение максимальных скоростей фильтрационного потока при заглублении диафрагмы в суглинки (слой №3)

Выводы.

Согласно результатам проведённых расчётов:

- в случае отсутствия диафрагмы фильтрационный поток более равномерно распределяется в теле плотины, практически отсутствуют точки концентрации линий тока. Значение максимальной скорости фильтрационного потока составляет 4,637 м/сут.;
- в случае заглубления диафрагмы в мелкозернистые пески (слой № 1) значение максимальной скорости фильтрационного потока наблюдается в точке опирания противофильтрационного элемента на грунт основания и составляет 12,56 м/сут. Также по рис. 2 видно, что значение скорости в этой точке значительно превышает скорости фильтрации в теле плотины;
- в случае заглубления диафрагмы в суглинки (слой № 3) значение максимальной скорости фильтрационного потока также наблюдается в точке опирания противофильтрационного элемента на грунт основания, однако составляет 4,631 м/сут. Уменьшение максимальной скорости фильтрационного потока (по сравнению со случаем заглубления диафрагмы в мелкозернистые пески) происходит вследствие меньшего значения коэффициента фильтрации того грунта, на который происходит опирание противофильтрационного элемента [6].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ерёмченко К.В. Мельничная ГЭС мощностью $N = 420$ кВт в Карелии. Выпускная квалификационная работа бакалавра. СПбПУ, ИСИ, 2021 г, 53 с.
2. Школьная А.А., Огиевич И.А., Шарапов Д.А. Статическая устойчивость дамбы хвостохранилища Михайловского ГОКа им. А.В. Варичева в среде PLAXIS, В сборнике: Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 55–57.
3. СП 39.13330.2012. Плотины из грунтовых материалов.
4. СП 23.13330.2018. Основания гидротехнических сооружений.
5. СП 58.13330.2019. Гидротехнические сооружения.
6. Чугаев Р.Р. Гидротехнические сооружения. Учеб. пособие для студ. гидротехн. вузов. В 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. Ч. I. Глухие плотины. Изд-во: Агропромиздат, 1985, 302 с.

УСТОЙЧИВОСТЬ МОРСКОГО АРКТИЧЕСКОГО АЭРОДРОМА

Цель работы. Разработка конечно-элементной модели и определение возможности использования ПК Plaxis 3D для оценки устойчивости морского арктического аэродрома, расположенного в Карском море, под воздействием ледовой нагрузки в соответствии с СП 38.13330.2018 [1].

1. Конструкция аэродрома. Первоначальная конструкция имеет опоры сложной формы, представленные: конусом с нижним диаметром 55 м и верхним 7 м; колонну в переменном уровне воды с диаметром 7 м для снижения ледовой нагрузки, обратным конусом с нижним диаметром 7 м и верхним 20 м. Опоры устанавливаются с шагом 85 м. Взлетная полоса имеет ширину 40 м и толщину 4 м. Первично принято, что оболочка выполнена из металла толщиной 100 мм и плотностью 7850 кг/м³. Для учета внутренних конструктивных элементов масса сооружения будет принята с коэффициентом 1,5. Внешний вид аэродрома, выполненный в ПК AutoCAD, представлен на рисунке 1.

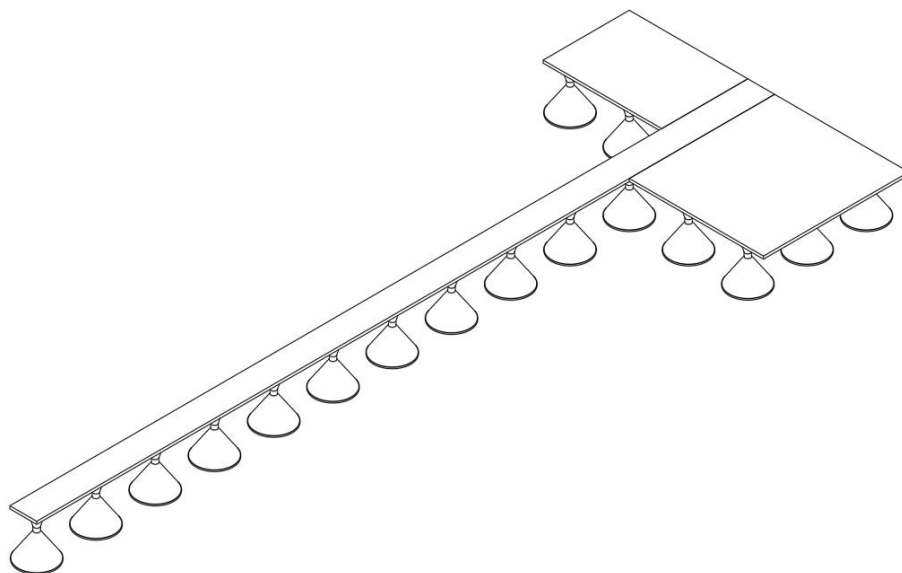


Рис. 1. Внешний вид аэродрома

2. Геологические данные. Расчетная глубина моря принимается 40 м, исходные данные по геологии представлены в таблице 1 [2].

Таблица 1 – Физико-механические характеристики грунтов

Характеристика	ИГЭ 1	ИГЭ 3	ИГЭ 5	ИГЭ 6	ИГЭ 7	ИГЭ 8	ИГЭ 9
Модель материала	Mohr-Coulomb (Liner Elastic)						
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
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

После задания исходных данных в ПК Plaxis 3D получилась модель, представленная на рисунке 2.

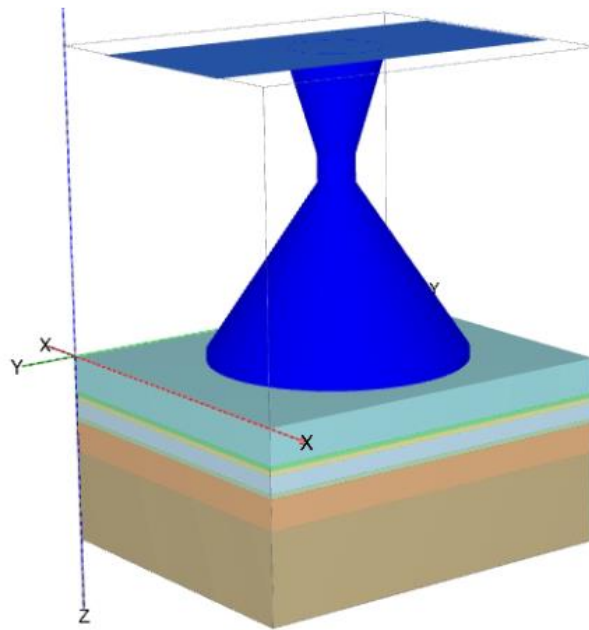


Рис. 2. Модель опоры в ПК Plaxis 3D

3. *Определение нагрузки от полей ровного льда.* Максимальная нагрузка от поля ровного льда определяется по формуле (52) [1]:

$$F_{b,p} = mk_b k_V R_c b h_d,$$

где m , k_b , k_V – коэффициенты, определяемые по [1], соответственно приняты равными 0,83, 2,07, 1,00; $R_c = 1,20$ МПа – предел прочности льда при сжатии; $b = 7$ м – ширина преграды; $h_d = 2$ м – толщина льда.

По расчету определено, что горизонтальная нагрузка на одну колонну составляет 46,76 МН [3].

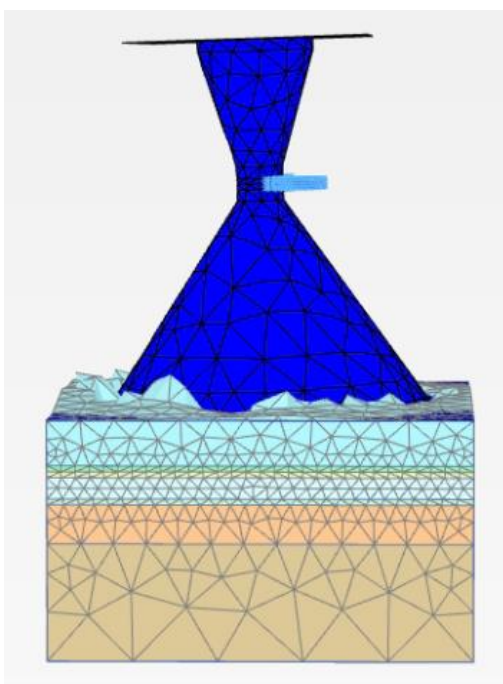


Рис. 3. Деформация сетки конечных-элементов

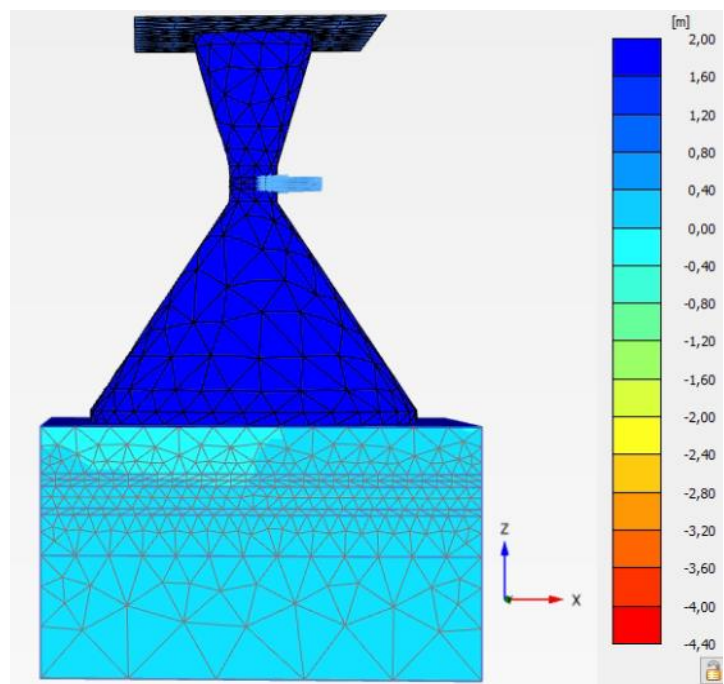


Рис. 4. Перемещения конструкции под действием нагрузки

4. *Результаты расчета в ПК Plaxis 3D.* По результатам расчета была получена модель деформаций, представленная на рисунке 3. Вертикальные перемещения взлетно-посадочной полосы достигают 3-х метров, а горизонтальные – 2,5 м, шкала горизонтальных перемещений представлена на рисунке 4. Также важным показателем является значение коэффициента устойчивости, который по итогу моделирования составил 1,14 [4].

Вывод. По результатам выполненной работы можно сделать вывод, что в рассмотренной модели конструкции несущая способность грунта недостаточна для восприятия нагрузки от сооружения. Для возведения конструкции на рассмотренных грунтах необходимо облегчать конструкцию и использовать свайное основание, благодаря чему нагрузка от веса сооружения будет распределяться на более твердые грунты. Устройство свайного основания позволит повысить устойчивость конструкции и уменьшить расчетные перемещения конструкции.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 38.13330.2018. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов).
2. Бугров А.К. Механика грунтов: Учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. 287 с.
3. Ледовые нагрузки на морские гидротехнические сооружения: учебное пособие, В.А. Политько, И.Г. Кантаржи, К.П. Мордвинцев: Изд-во Моск. гос. строит. ун-та, 2016. 88 с.
4. СП 58.13330.2019. Гидротехнические сооружения. Основные положения, актуализированная редакция СНиП 33-01-2003.
5. PLAXIS 3D CE V20 – Руководство пользователя.

УДК 681.5.037

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

УСТРОЙСТВО ПРИЧАЛА РАЗГРУЗКИ И ХРАНЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ В РАЙОНЕ ПОСЕЛКА СУМКИНО

Цель работы – создание и исследование модели для определения качественных показателей причальной стенки, предназначенной для перегрузки с барж-площадок негабаритного тяжеловесного оборудования в районе поселка Сумкино (Тюменская область) с применением программного комплекса PLAXIS 2D в процессе эксплуатации.

Причал для разгрузки негабаритного тяжеловесного оборудования и берегоукрепление площадки для хранения оборудования относится к IV классу основных постоянных гидротехнических сооружений [1]. Конструкция причальной стенки представляет собой два ряда металлического, разделенного диафрагмами через 6 м на ячейки шпунта Ларсен 5-УМ из стали прочности С345 [2], шириной 11,43 м и длиной 21,50 м. Соединение шпунтовых стен осуществляется с помощью сварных фасонных шпунтин Ларсен 5-УМ и стальных уголков. Для сохранения формы ячеек предусмотрены металлические анкеры во избежание деформации шпунта в момент засыпки. Анкера выполняются из стали класса прочности С245 [3] диаметром 80 мм и длиной 11,50 м. По интенсивности работы причал относится к 4 категории. Подобные конструкции успешно рассчитываются в рассматриваемом программном комплексе [4–6].

Водный режим рек этого района характеризуется высоким весенним половодьем, летне-осенней меженью нарушаемой относительно небольшими дождевыми паводками и продолжительной устойчивой зимней меженью. В отдельные годы в период половодья проходит до 90% годового стока рек. В этот же период наблюдаются максимальные расходы

и наибольшие уровни воды. Интенсивный подъем уровней воды начинается обычно в конце первой декады апреля при ледоставе.

Геолого-литологическое строение на глубину до 20 м характеризуется развитием верхнечетвертичных аллювиальных отложений первой надпойменной террасы, перекрытых современными аллювиальными отложениями высокой и низкой поймы и современными техногенными отложениями.

В связи с нахождением в деятельном слое сильно-пучинистых грунтов в зимнее время на территории могут развиваться процессы морозного пучения.

Опасные процессы на площадке изыскания представлены абразией, вызываемой, в основном, волной от работы судовых двигателей на оз. Саускановское. Абразия, также обусловленная паводками, представлена плановыми деформациями русла реки с отступлением бровки незакрепленного берега.

В связи со сложным водным режимом и геолого-литологическим строением на данном участке необходимо было проанализировать полное перемещение и устойчивость сооружения. Для анализа и расчета был использован программный комплекс PLAXIS 2D. Данный комплекс позволяет выполнять конечно-элементный расчёт напряжённо-деформированного состояния сооружений.

По данным инженерно-геологических изысканий, были использованы показатели физико-механических свойств грунтов, которые были перенесены в программный комплекс PLAXIS 2D. Результаты расчетов приведены на рисунках 1, 2, 3.

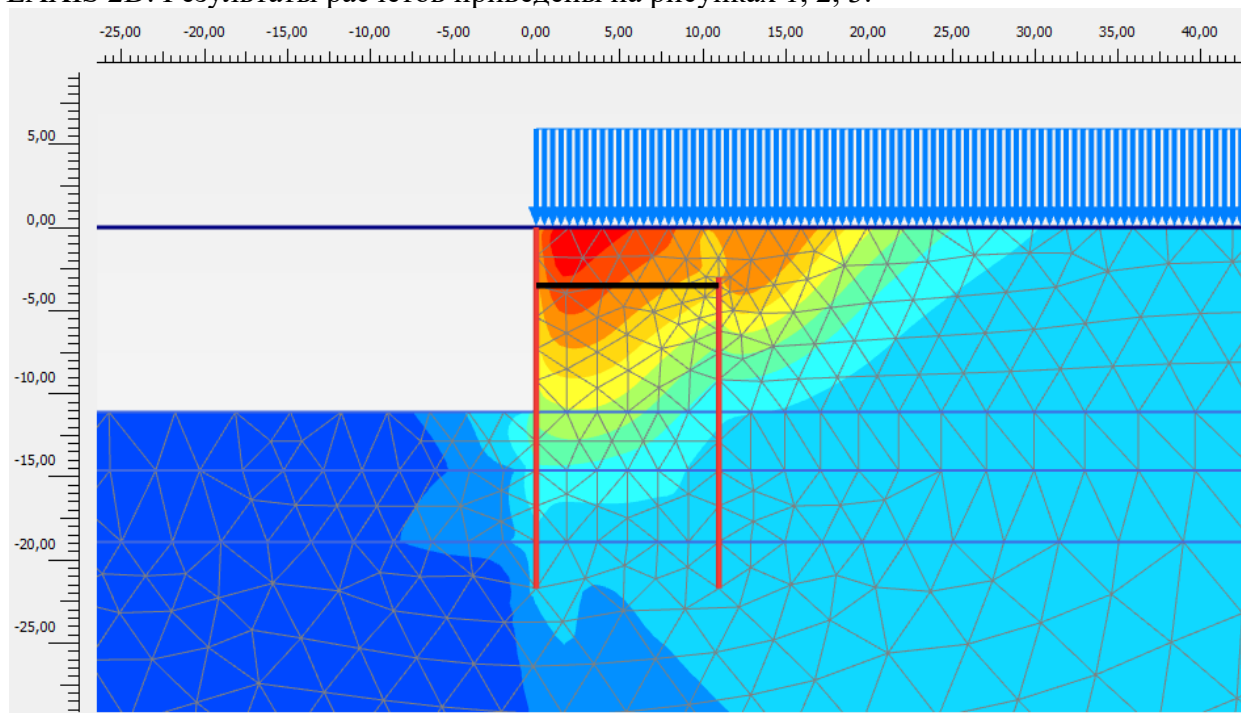


Рис. 1. Разбивка схемы на конечные элементы

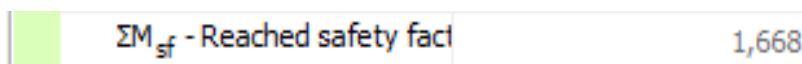


Рис. 2. Определенный коэффициент устойчивости сооружения

На основании выполненных серийных расчетов с помощью PLAXIS 2D определены: проблема оценки устойчивости (рис. 1) и коэффициент устойчивости, равный 1,668 (рис. 2), полное перемещение, составляющее 0,1855 м (рис. 3).

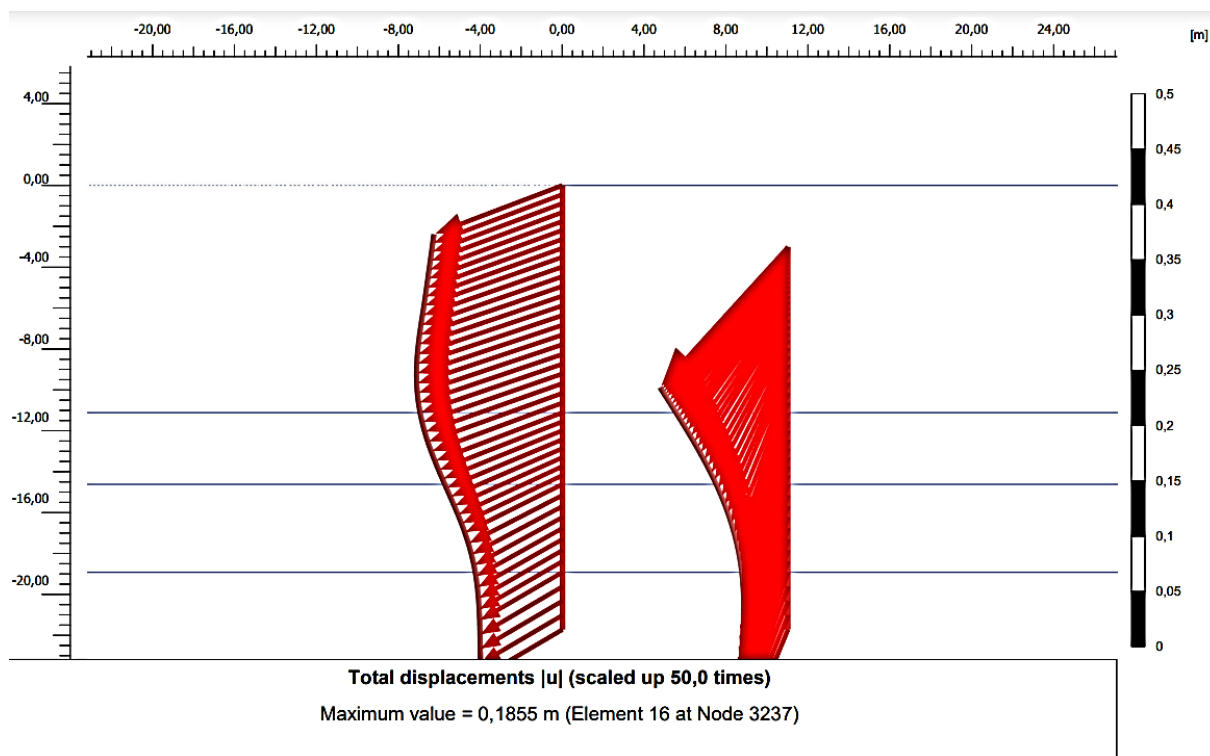


Рис. 3. Перемещения элементов конструкции

Выводы. Портовые гидротехнические сооружения принадлежат к числу строительных конструкций, подвергающихся наиболее интенсивным и разнообразным внешним воздействиям и работающим зачастую в весьма сложных эксплуатационных и естественных условиях. В результате исследования конструкции получены основные нормируемые расчетные значения для причала, функционирующего в условиях сложных водного режима и геолого-литологического строения местности [7].

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. ГОСТ 27772-88. Прокат для строительных стальных конструкций.
3. ГОСТ 2590-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент.
4. Бучнев И.Д., Шарапов Д.А. Расчет оградительных сооружений порта «Бухта Север» в программном комплексе PLAXIS 2D. Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 92–94.
5. Карпова А.А., Стрябкова Ю.В., Шарапов Д.А. Расчет больверка в составе искусственного острова методом КЭ. Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 61–62.
6. Крицук Л.А., Шарапов Д.А. Динамический расчет на сейсмическую нагрузку в PLAXIS 2D. Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 125–127.
7. Будин А.Я. Эксплуатация и долговечность портовых гидротехнических сооружений. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Транспорт, 1977. – 320 с.

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВОЙ ДАМБЫ
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Актуальность. На территории Российской Федерации расположено 26 257 гидротехнических сооружений (ГТС). Степень их износа составляет от 9 до 88%. Наиболее опасны сооружения, подходящие к этапу износовых отказов, то есть имеющие срок эксплуатации более 30–40 лет. Поэтому на этих сооружениях необходимо увеличение качества ведения мониторинга. Часто эксплуатационный персонал испытывает трудности в оценке состояния сооружения и прогнозировании его дальнейшей надежности.

Целью работы является определение оптимальной модели прогнозирования осадки на основе опытных данных для золоотвала ТЭЦ во время оперативного наблюдения за аварийным участком и оценка дальнейшей надежности участка дамбы по данной модели. Для этого был проведен сравнительный анализ аппроксимированных функций графика осадок участка дамбы.

Мониторинг состояния участка промышленного накопителя геодезическими методами на основе сети поверхностных марок может применяться не только для контроля состояния, но и для определения прогнозных осадок. При небольших колебаниях уровня верхнего бьефа осадки будут зависеть только от времени [1]. На основе анализа осадок грунтовых дамб подбирается феноменологическая математическая модель процесса в виде одной из функций, наиболее соответствующей графику наблюдаемых осадок. Существует множество функций, предложенных разными авторами, для отображения процесса осадок, все они описывают сооружение без учета материалов, геометрических параметров и нагрузок на сооружение. Осадки в безаварийной ситуации должны характеризоваться плавным затуханием во времени. При этом интенсивность приращения осадки со временем должна уменьшаться. Наиболее распространённые степенная, логарифмическая, дробно-линейная зависимости [2].

$$S = \frac{t}{a + bt}; S = a \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{t}{b + ct} \right] \right\}; S = a (1 + \ln(t + b)),$$

где t – время эксплуатации, мес.; a , b , c – эмпирические коэффициенты. Численные коэффициенты a , b , c определяются методом наименьших квадратов по обработанным данным геодезического мониторинга. Данные модели рекомендуются к применению без указания вида гидротехнического сооружения, отсутствует оценка применимости данных функций для промышленных накопителей отходов производства.



Рис. 1. Места установки поверхностных марок

Для сравнения возможности использования данных функций рассмотрен аварийный участок дамбы золоотвала тепло-электроцентрали в Казахстане. Осадки измеряются на гребне и в основании грунтового сооружения с 22.01.2022 по 12.02.2022, так как на данном участке появились продольные и поперечные трещины (рис. 1).

Наблюдались две поверхностные марки (ПМ) при помощи дистанционных средств зондирования – спутником Sentinel 1. Точность спутниковой съемки – 0,2 мм в масштабе плана. Для правильной обработки результатов, значения осадок должны быть выше точности

измерений. Максимальная расчетная осадка 0,34 м [4]. Промежутки времени выбраны равные для повышения однозначности результата. Осадка ПМ 4а приведена на рис. 2. Осадка ПМ 1а приведена на рис. 3. Аппроксимация была выполнена дробно-линейной, экспоненциальной, логарифмической и линейной функциями



Рис. 2. Аппроксимация опытных значений осадки гребня дамбы золоотвала ТЭЦ

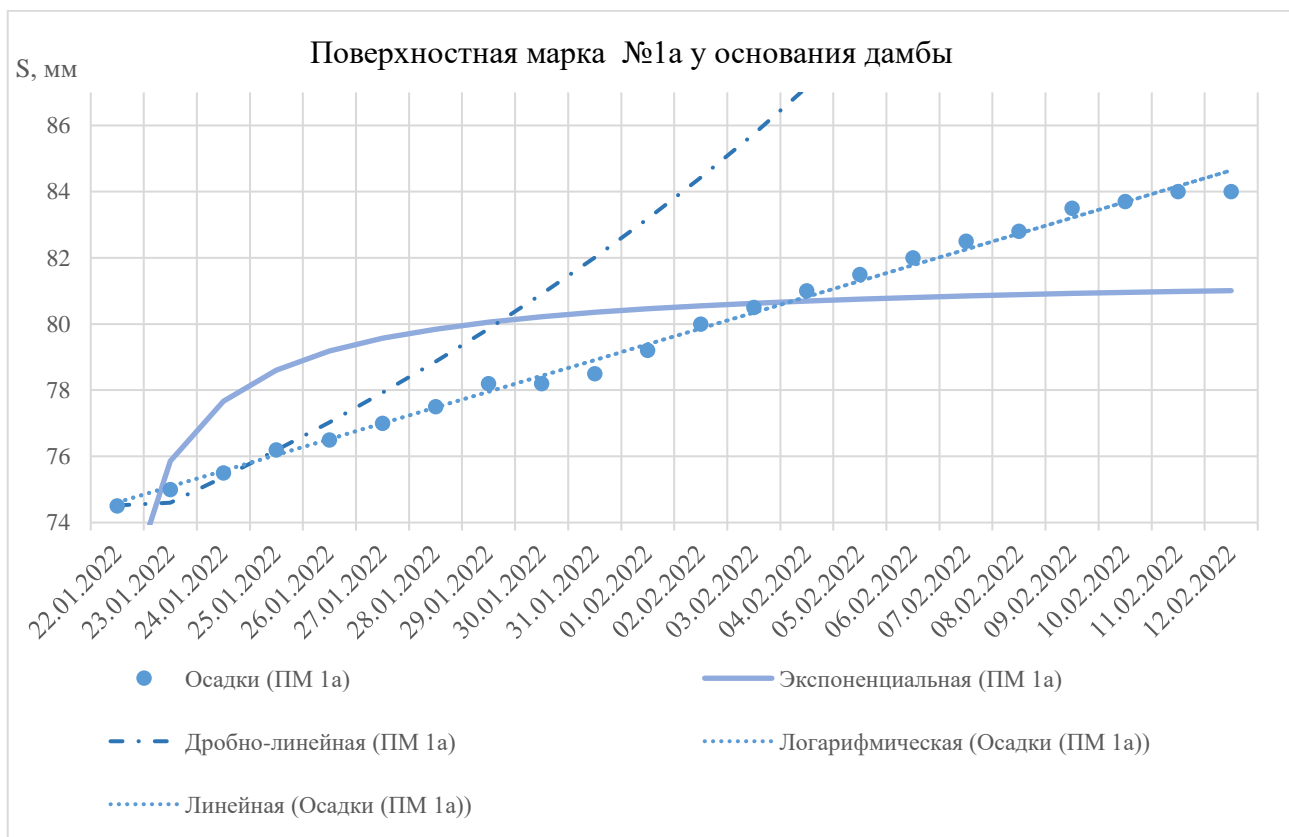


Рис. 3. Аппроксимация опытных значений осадки основания дамбы золоотвала ТЭЦ

Результаты статистической обработки приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты обработки опытных данных

№	Полученная функция	Вычисленные значения осадки в мм для моментов времени			Достоверность аппроксимации R^2	Применимость для прогнозирования
		22.01.22	26.01.22	12.02.22		
1	Поверхностная марка №1а у основания дамбы					
1.1	$S = 0,4778t - 21228$	74,5	76,5	84,0	0,9945	Да
1.2	$S = 21307\ln(t) - 228021$	74,5	76,5	83,9	0,9945	Да
1.3	$S = -1726380 - \exp(3182 + 21167t)$	70,9	79,1	81,0	0,5019	Нет
1.4	$S = t/(-0,0353488 + 0,0236655t)$	74,52	77,0	102,8	0,1044	Нет
2	Поверхностная марка №4а на гребне дамбы					
2.1	$S = 0,5458t - 24242$	90	92,8	101,3	0,9898	Да
2.2	$S = 24339\ln(t) - 260460$	90	92,8	101,3	0,9898	Да
2.3	$S = -25916400(1 - \exp(36425 + 263520t))$	86,4	95,7	97,7	0,5078	Нет
2.4	$S = t/(0,00140549 + 0,0101681t)$	86,4	95,7	97,7	0,4147	Нет

Результаты. Анализ полученных зависимостей говорит о том, что деформации имеют незатухающий характер, осадки происходят как в низовом, так и в верховом откосе. Сооружение находится в частично неработоспособном – предельно допустимом состоянии [4, 5].

Выводы. Экспоненциальная и линейно-дробные функции малоприспособны для анализа и прогнозирования состояния данного сооружения, так как чаще применяются для нормального ход развития осадок. Дробно-линейная функция могла бы применяться на ранних стадиях осадки. Лучшие показатели по достоверности аппроксимации показали линейная и логарифмическая функции. Данные функции отображают быстрое развитие процессов деформации аварийного участка, поэтому могут быть применены для прогноза дальнейших осадок в недалеком (до 2 недель) будущем.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Тер-Мартirosян З.Г. Проблемы прогноза осадок оснований сооружений. Гидротехническое строительство. 2000. № 1 С. 55–60.
2. Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов Учеб. Пособие для строительных вузов. – М. Высш. Школа, 1978. – 447 с., ил.
3. П 87-2001 Рекомендации по проведению натурных наблюдений за осадками грунтовых плотин.
4. Рабочая документация. Реконструкция золоотвала ТЭЦ-3 путем наращивания дамбы 3-ей секции, 2016 г.
5. Малаханов В.В. Классификация состояний и критерии эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений. Гидротехническое строительство. 2000. № 1 С. 8–14.

УДК 626/627

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

РАСЧЕТ ОСНОВАНИЯ ТИПА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЙ КЕССОН МЕТОДОМ КЭ

Введение. Гидротехнические сооружения, конструкции которых представлены массивами-гигантами, чаще всего возводятся с целью освоения шельфовых месторождений. Анализ технико-экономических показателей при проектировании сооружений показывает,

что строительство берегоукрепительных, причальных и оградительных сооружений является наиболее капиталоемким и трудозатратным. Обеспечение несущей способности является ключевым фактором при проектировании морских сооружений. Основное воздействие – ледовая нагрузка и морское волнение.

Массив-гигант конической гравитационной конструкции, основной принцип которого заключается в том, чтобы позволить движущемуся льду проходить мимо конструкции с минимальным сопротивлением, кардинально отличается от конструкции из многоугольных массивов-гигантов. Во втором типе конструкции массив-гигант сохраняет устойчивое положение под действием ледяной нагрузки благодаря своей большой массе и прочности материала.

Морские платформы, в основании которых второй тип конструкции чуть более экономически выгодны в строительстве с их альтернативами благодаря минимальным строительным работам. Они обладают высокой грузоподъемностью и могут легко адаптироваться к различным средам и условиям эксплуатации. К конструкции предъявляются минимальные требования по её техническому обслуживанию. Объем используемого карьерного материала гораздо меньше, чем при формировании волнореза из каменной наброски. С другой стороны, у конструкции из многоугольных массивов-гигантов также есть несколько недостатков. Нет никаких гарантий в том, что конструкция выдержит наихудшие возможные ледовые условия. При буксировке в арктическую зону необходима значительная осадка судна-транспортёрщика. Посадка массива-гиганта на конечное местоположение осуществляется только на прочные грунты [1].

Целью данного исследования. Целью данного исследования является практический анализ деформации и устойчивости гидротехнического основания из массивов-гигантов в составе искусственного острова.

Актуальность. Проектирование и строительство различных типов морских сооружений является необходимым для того, чтобы выполнять задачи, связанные с постоянным развитием и растущей жесткой конкуренцией в мире. В рамках реализации мегапроекта «Газ Ямала» планируется размещение искусственного острова с основанием из стального кессона [2]. Применение именно такой конструкции в основании сооружения подтверждено результатами технико-экономического анализа. Однако, существует возможность заменить стальное основание на железобетонное. Для реализации подобного технического решения недостаточно опыта проектирования российских инженеров. Поэтому необходимы дополнительные исследования и изучение поведения железобетонной конструкции в арктических условиях.

Методы исследования. Для исследования устойчивости конструкции применен ПК Plaxis 2D. Грунты смоделированы упругой идеально-пластической моделью Мора-Куллона, которая применяется для приблизительной к реальности оценки напряженно-деформированного состояния. Оценка возведения сооружения производилась с использованием метода конечных элементов.

Применяемая в данном исследовании расчетная методика ранее использовалась для расчета искусственного острова, конструкция которого представлена в виде взаимозаанкеренного больверка, методом конечных элементов [3].

Объектом исследования. Район строительства характеризуется естественными глубинами до минус 12 м. Исследование конструкции проведено на основании имеющейся информации о геологических и гидрологических условиях, представленные (сверху вниз) следующими слоями:

1. Суглинок тяжелый пылеватый текучий мощностью до 7 м ($\varphi = 24,9^\circ$, $c = 19,4$ кПа, $IL = 1,46$, $E = 1,7$ МПа);
2. Песок мелкий плотный водонасыщенный мощностью до 1 м ($\varphi = 37,3^\circ$, $c = 7,7$ кПа, $E = 16,9$ МПа);

3. Суглинок тяжелый пылеватый текучий мощностью до 4 м ($\varphi = 24,9^\circ$, $c = 19,4$ кПа, $IL = 1,46$, $E = 1,7$ МПа);
4. Песок мелкий плотный водонасыщенный мощностью до 9 м ($\varphi = 37,3^\circ$, $c = 7,7$ кПа, $E = 16,9$ МПа);
5. Суглинок легкий песчанистый тугопластичный мощностью до 11 м ($\varphi = 35,4^\circ$, $c = 10,6$ кПа, $IL = 0,39$, $E = 4,9$ МПа);

Так как пылеватый текучий суглинок классифицируется как «слабый» грунт и имеет низкие прочностные и деформационные свойства, то его необходимо удалить в процессе строительства сооружения. Это позволит создать плотное основание, обладающее высокой несущей способностью на требуемой глубине.

Для снижения воздействия на массивы-гиганты от подвижек ледяных полей в зимний период и от дрейфа льда по время весенне-летнего ледохода наружные грани массивов-гигантов выполнены с наклонным участком, который обеспечивает возможность наползания льда на массив-гигант, пригружая его своей массой и при этом увеличивая устойчивость массива-гиганта на сдвиг под действием ледовой нагрузки [4].

Железобетонные массивы-гиганты устанавливаются на каменную постель из сортированного камня массой 15...100 кг с тщательным ровнением и виброуплотнением горизонтальной поверхности и заполнением неровностей щебнем фракцией 40...70 мм. В основании каменной постели отсыпается слой щебня толщиной 0,5 м, уплотняющий естественное грунтовое основание. Общая толщина каменной постели (включая подготовку из щебня) составляет 5 м исходя из отметки удаления «слабых» грунтов. Конструктивный разрез сооружения представлен на рисунке

Рис. .

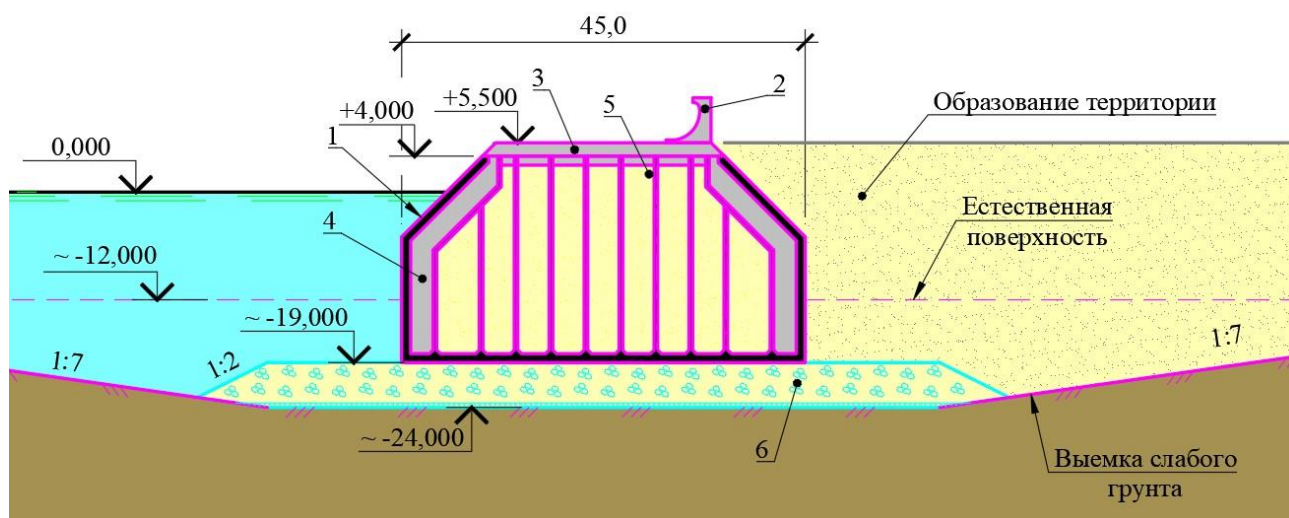


Рис. 1. Конструктивный разрез сооружения:

- 1 – массив-гигант, 2 – ледозащитная стенка, 3 – железобетонная надстройка,
4 – бетонное заполнение, 5 – песок, 6 – каменная постель, толщиной 5 м

Наружные ряды ячеек массивов-гигантов в пределах наклонных граней заполняются бетоном на всю высоту (противоледовый пояс) с целью усиления конструкции массивов для восприятия ледовой нагрузки во время зимнего дрейфа ледовых полей и в период весенне-летнего ледохода.

Проектируемое сооружение относится к опасным производственным объектам. В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 5 октября 2020 года N 1607 проектируемое сооружение относится ко II классу сооружений со сроком

службы 100 лет [5]. Проектируемое сооружение относится к классу КС-3 – сооружение повышенного уровня ответственности согласно п. 8 ст. 4 № 384-ФЗ [6].

Равномерно-распределенная эксплуатационная нагрузка составляет 40 кН/м от собственного веса конструкции [7].

На рисунке 2 представлена расчетная схема гидротехнического основания. Максимальные полные фазовые перемещения составляют 0,27 м, что не является критическим значением.

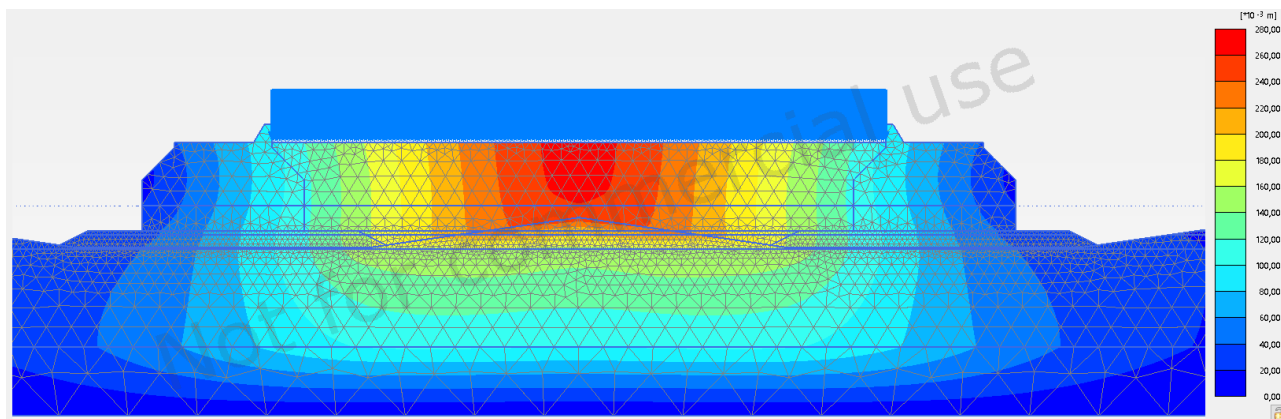


Рис. 2. Расчетная схема гидротехнического основания

Выводы. Использование массивов-гигантов в качестве конструкции гидротехнического основания не всегда является технически возможным и экономически целесообразным. Их строительство от проектирования и проведения прочностных расчетов до транспортировки и установки на конечную позицию требует обоснования. Результаты, полученные по расчетам в программном комплексе Plaxis 2D, позволяют оценить возможность реализации гидротехнического основания из железобетонных массивов-гигантов в Обской губе.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Carino N.J. Offshore Concrete Structures in the Arctic: Research Needs. Tech. Note 11 92, 52 pages (Apr.1984).
2. Новые горизонты добычи [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gazprom.ru/press/news/reports/2020/production-horizons/>, (Доступ: 11.03.2022).
3. Карпова А.А., Стрябкова Ю.В., Шарапов Д.А. Расчет бьефка в составе искусственного острова методом КЭ. Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 61–62.
4. СП 287.1325800.2016 Сооружения морские причальные. Правила проектирования и строительства.
5. Постановление правительства Российской Федерации от 5 октября 2021 г. N 1607 «Об утверждении критериев классификации гидротехнических сооружений»;
6. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. ФЗ от 25 декабря 2009 г. с изменениями от 2 июля 2013 г. N 384-ФЗ.
7. СП 38.13330.2018 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). СНиП 2.06.04-82*.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ВОДОПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ
ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Цель работы – определение длительной фильтрующей и дренирующей способности геосинтетических материалов, используемых в гидротехническом строительстве.

Геосинтетические материалы в гидротехническом строительстве должны быть рассчитаны для применения в конструкциях с учетом факторов воздействия, характерных для условий эксплуатации с течением времени [1]. К основным факторам, влияющим на длительную водопрпускную способность геосинтетических материалов, можно отнести следующие: механические воздействия (проникновение частиц грунта, сжимаемость, ползучесть и т.д.); засорение (частицами, химическое, биологическое) и воздействие агрессивных сред [2]. В результате при определении длительной водопрпускной способности геосинтетического материала и при проектировании гидротехнических конструкций в случае применения фильтрующих и дренирующих материалов необходимо принимать в расчет ряд понижающих коэффициентов. Расчетное значение длительной водопрпускной способности геосинтетического материала определяется по формуле [3, 4]

$$Q_d = \frac{Q_n}{k_1 \cdot \dots \cdot k_i}, \quad (1)$$

где Q_n – номинальная водопрпускная способность геосинтетического материала; k_i – понижающий коэффициент, учитывающий влияние факторов деградации свойств геосинтетического материала

$$k_i = \frac{Q_0}{Q_s}, \quad (2)$$

где Q_s – водопрпускная способность после воздействия на материал; Q_0 – водопрпускная способность исходного материала.

Необходимым условием водопрпускной способности геосинтетического материала в гидротехнической конструкции является превышение значения длительной водопрпускной способности в течение расчетного срока эксплуатации. Для определения значения длительной водопрпускной способности геосинтетического материала необходимо корректно учесть все факторы. В результате на практике [3, 4] приходится учитывать несколько групп понижающих коэффициентов. Указанные коэффициенты сведены воедино на рис. 1. Значения указанных коэффициентов варьируются значительно. В случае отсутствия

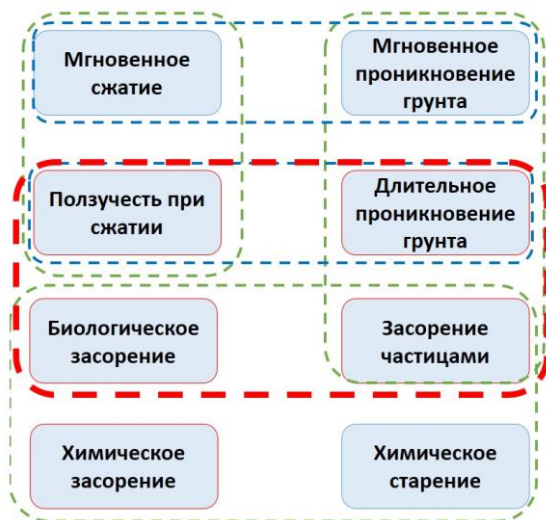


Рис. 1

какого-либо фактора коэффициент может приниматься равным 1, а в некоторых случаях, например, при засорении их величина может достигать до 10 [3]. Проведенный анализ показал, что учет восьми коэффициентов [4] не всегда целесообразен. Наиболее значимые коэффициенты выделены полужирной штриховой линией.

В данной работе были исследованы: геокompозит, состоящий из полипропиленового экструдированного геомата с подложкой из нетканого фильтрационного материала, с поверхностной плотностью 600 г/м^2 и нетканое термоскрепленное полотно с поверхностной плотностью 90 г/м^2 . Проведены три вида экспериментов:

- оценка ползучести при сжатии для определения изменения толщины геокompозита с течением времени (рис. 2, а);
- определение водопропускной способности геокompозита для установления взаимосвязи между толщиной геомата и расходом (рис. 2, б);
- искусственное засорение твердыми частицами для определения расхода и коэффициента фильтрации (рис. 2, в).

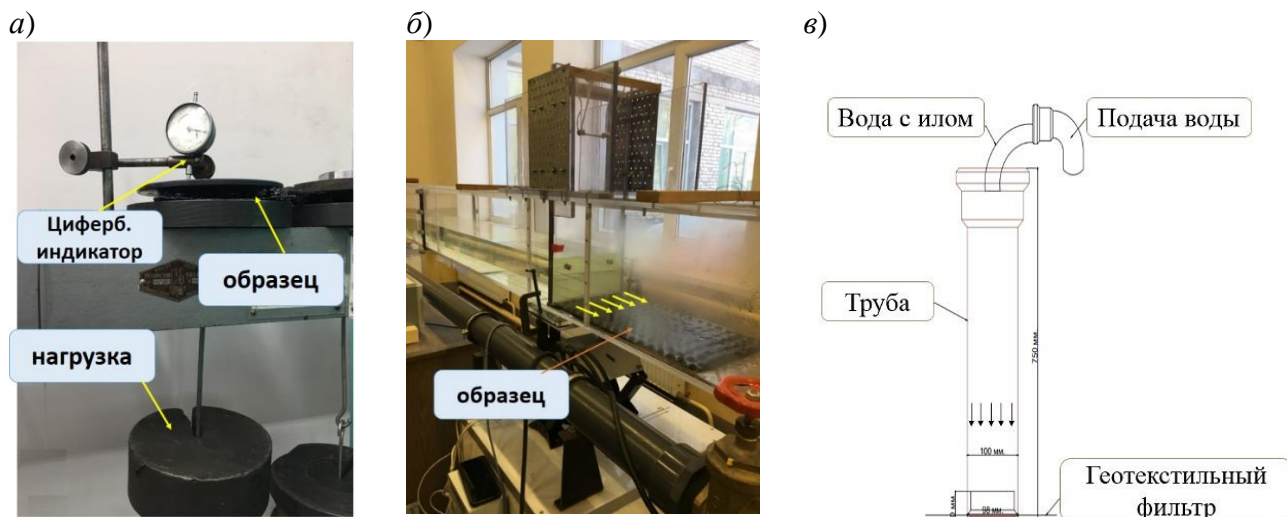


Рис. 2. Экспериментальные исследования

Первый и второй эксперименты были направлены на определение водопропускной характеристики геокompозита в плоскости. На рис. 3 представлены диаграммы ползучести при сжатии для трех уровней нагружения в 20, 40 и 60% от предела пропорциональности геокompозита. Видно, что с увеличением нагрузки увеличивается накапливаемая деформация и, как следствие, снижается толщина геокompозита. Последнее негативно сказывается на водопропускной способности материала с течением времени. Результаты измерений на ползучесть используются для определения водопропускной способности геокompозитов и гидротехнических конструкций с их применением. Эксперименты, проведенные в гидравлическом лотке, показали, что геомат оказывает существенное гидравлическое сопротивление. Эксперименты проводились в три этапа. На начальном этапе определялся расход в лотке мерным способом без использования геосинтетического материала. Расход измерялся объемным способом. Измерительный объем был фиксирован и составлял 50 л. Затем укладывался геокompозит и расход определялся еще раз. Аналогичным образом был исследован деформированный мат (после сжатия) со значительно уменьшенной толщиной. Это было сделано для сопоставления с результатами ползучести.

Результаты измерений расхода в лотке представлены в таблице 1. По полученным показателям видно, что при использовании геокompозита расход уменьшается в 1,65 раза. При испытании образца геокompозита после сжатия расход уменьшается в 1,35 раза, что, в принципе, свидетельствует об эффективности использования геокompозита. Разница в величине расхода между исходным образцом геокompозита и геокompозитом после сжатия составляет 1,17 раз. То есть изменение толщины с 14,6 мм до 11,0 мм (примерно на 25%)

повлекло за собой изменение расхода. Это соответствует величине толщины, достигаемой через 1000 ч испытания. Отсюда определяется понижающий коэффициент, учитывающий ползучесть. Также было проведено искусственное засорение частицами для определения расхода и коэффициента фильтрации нетканого материала [5, 6]. В результате установлена зависимость фильтрационной способности от степени заиливания.

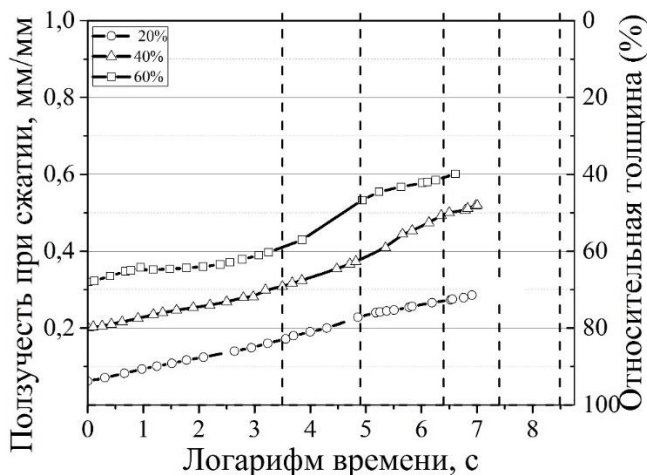


Рис. 3

Таблица 1

Эксперимент	Толщина, мм	Объем, л	Время, с	Расход, л/с	$k_{пол}$
Без геокомпозиата	–	50	77±3	0,65±0,03	–
С геокомпозиатом	14,6	50	122±2,6	0,41±0,01	–
Сжатый геокомпозиат	11,0	50	103,6±1,2	0,48±0,01	1,17

Выводы. В результате выполнения работы рассмотрены ключевые показатели, влияющие на длительную водопропускную способность геосинтетических материалов. Проведены комплексные эксперименты в механической и гидравлической лабораториях, позволяющие спрогнозировать изменение водопропускной способности геокомпозиата в зависимости от уровня приложенной нагрузки. Установлена взаимосвязь между толщиной геомата и водопропускной способностью. Искусственное засорение частицами ила позволило выявить фильтрационную способность нетканого полотна в зависимости от степени засорения. Полученные данные могут быть использованы при определении долговременных характеристик геокомпозиатов в гидротехническом строительстве.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Koerner G.R., Hsuan Y.G., Koerner R.M. The durability of geosynthetics // Geosynthetics in civil engineering. – 2007. – С.36–65.
2. Veylon, G., Stoltz, G., Meriaux, P., Faure, Y., Touze-Foltz, N. Performance of geotextile filters after 18 years' service in drainage trenches. Geotextiles and Geomembranes. 2016, 44, 515–533.
3. Koerner R.M., Koerner G.R., Folsom P.A. GRI White Paper# 5 //Situ Separation of GCL Panels Beneath Exposed Geomembranes, Geosynthetic Institute, Folsom, PA, USA. – 2005.
4. Greenwood J.H., Schroeder H.F., Voskamp W. Durability of Geosynthetics Edition Second edition // Geosynthetics in civil engineering. – 2015. – С. 352.
5. Palmeira E.M., Gardoni M.G. The influence of partial clogging and pressure on the behaviour of geotextiles in drainage systems //Geosynthetics International. – 2000. – Т. 7. – №. 4-6. – С. 403–431.
6. Palmeira E.M. et al. A study on biological clogging of nonwoven geotextiles under leachate flow // Geotextiles and Geomembranes. – 2008. – Т. 26. – №. 3. – С. 205–219.

УСТРОЙСТВО ПРИЧАЛЬНОГО СООРУЖЕНИЯ №3 ПОРТА НАБИЛЬ
В ОХОТСКОМ МОРЕ

Цель работы – разработка и исследование модели причала №3 порта Набиль в Охотском море для расчета качественных показателей двух вариантов материалов лицевой причальной стенки с применением программного комплекса PLAXIS 2D.

Причальное сооружение №3 порта Набиль представляется собой сооружение типа заанкеренный «Больверк». Длина причала составляет 50 м. Причал состоит из двух секций, длина которых 25 м каждая. Причал не имеет запроектированный железнодорожный фронт. Аналогичные модели, содержащие больверк ранее успешно моделировались в рассматриваемом программном комплексе Plaxis 2D [1–3]. Порт-пункт Кайган находится в северо-восточной части о. Сахалин на берегу залива Набиль, глубоко врезающегося в сушу и представляющего собой обширную мелководную лагуну, отделенную от Охотского моря узкой песчаной косой [4].

Инженерно-геологические условия характеризуются развитием глинистых грунтов нутовской свиты неогена и покрывающих их рыхлых четвертичных отложений разнообразного генезиса [5]. Инженерно-геологические условия, непосредственно в пределах расположения причальных сооружений можно считать, как благоприятные [6].

Для анализа и расчета был использован программный комплекс PLAXIS 2D. Данный комплекс позволяет выполнять конечно-элементный расчёт напряжённо-деформированного состояния сооружений [7]. С помощью программы могут быть выполнены расчеты фильтрации грунтов, расчеты устойчивости с определением потенциальных поверхностей разрушения и значений коэффициентов запаса, отвечающих уровню достигнутых напряжений. Базовой моделью грунта является модель Кулона-Мора, которой достаточно на проведения подобных расчетов.

Было выполнено 2 одинаковых по конструктивной схеме, но различных по составу материала лицевой шпунтовой стенки. Конструктивная схема представляет собой возведение шпунтовой стенки и шапчного бруса в габаритах прилегающих участков существующего сооружения. В первом случае рассматривался вариант возведения металлической шпунтовой стенки Ларсен IV с бетонным шапчным брусом, во втором – рассматривался вариант применения современного отечественного композитного шпунта ШК–200 УМ. Анкерные тяги в двух вариантах приняты Ø90 мм из стали Ст3сп.

По данным инженерно-геологических изысканий, выполненных ООО «Гидротекс», были использованы показатели физико-механических свойств грунтов, которые были перенесены в программный комплекс PLAXIS 2D. С учетом прилагаемой временно-длительной и кратковременной нагрузки [8], был выполнен расчет на основное сочетание нагрузок. За кратковременную нагрузку наиболее наихудшего сочетания нагрузок было принято усилие на швартовую тумбу. Результаты расчетов приведены на рисунках 1, 2, 3.

На основании выполненных серийных расчетов с помощью PLAXIS 2D определены: полное перемещение, составляющее 0,171 в первом варианте расчета, во втором перемещение составило 0,1715 м (рис. 1), проблема оценки устойчивости для двух вариантов расчета (рис. 2) и коэффициент устойчивости, равный 1,347 в первом варианте расчета, во втором коэффициент устойчивости составил 1,348 (рис. 3).

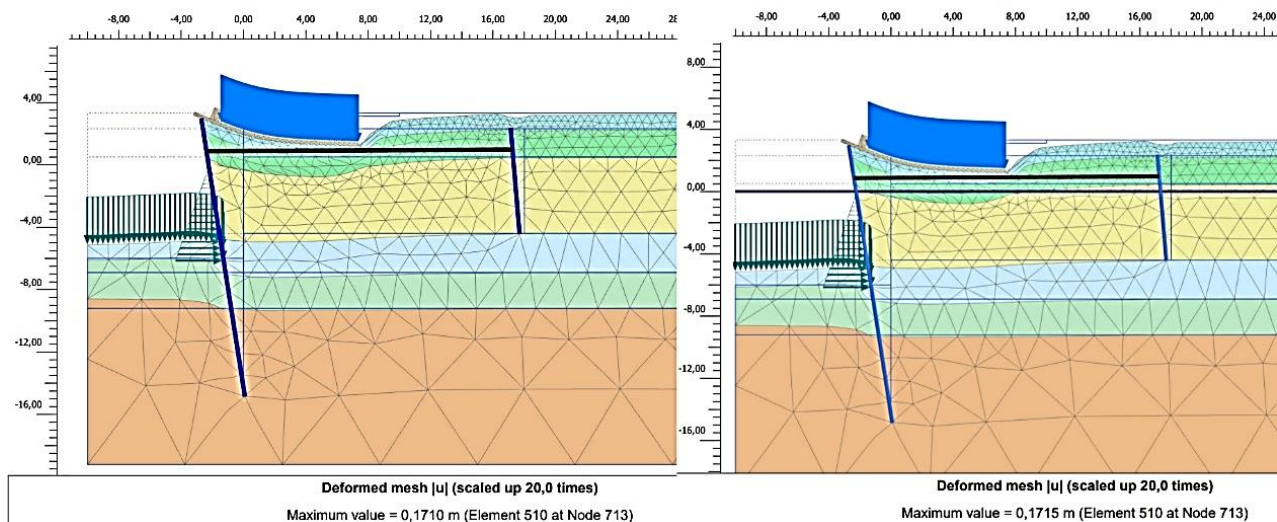


Рис. 1. Сетка конечных элементов
(слева – шпунтовая стенка Ларсен IV, справа – композитный шпунт)

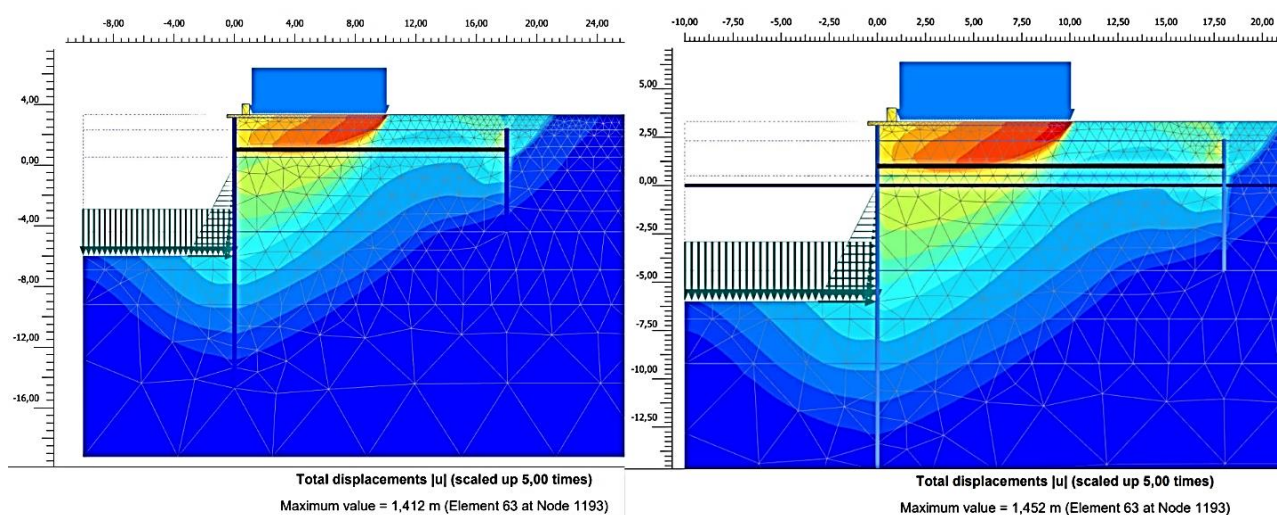


Рис. 2. Перемещения в модели под действием нагрузки
(слева – шпунтовая стенка Ларсен IV, справа – композитный шпунт)



Рис. 3 Значение коэффициента устойчивости
(слева – шпунтовая стенка Ларсен IV, справа – композитный шпунт)

Выводы.

Проведен анализ устройства причального сооружения типа «Болверк» в порту Набилль о. Сахалин с расчетом двух вариантов одинаковых по конструктивной схеме, но различных по составу материала лицевой шпунтовой стенки.

По результатам расчета можно сделать вывод, что при выборе материала строительства шпунтовой лицевой стенки причала с точки зрения надежности разницы нет, т.к результаты расчета гарантируют устойчивость и безопасность данной конструкции при геологических условиях строительства и наихудшем сочетании нагрузок.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бучнев И.Д., Шарапов Д.А. Расчет оградительных сооружений порта «Бухта Север» в программном комплексе PLAXIS 2D. Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 92–94.
2. Карпова А.А., Стрябкова Ю.В., Шарапов Д.А. Расчет больверка в составе искусственного острова методом КЭ. Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 61–62.
3. Крицук Л.А., Шарапов Д.А. Динамический расчет на сейсмическую нагрузку в PLAXIS 2D. В сборнике: Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 125–127.
4. Порт Набиль. Комплекс по перегрузке лесных грузов Том 4. Строительные решения. Книга 1. Гидротехнические сооружения и подкрановые пути. Москва. АО Союзморниипроект. 1990 г. 224 с.
5. Обследование причала порт-пункта Кайган. Отчет. Южно-Сахалинск ЗАО «Мидо». 2000 г. 46 с.
6. Гидрографические и геофизические изыскания в порт-пункте Кайган. Отчет. Том 5. Книга 1. Владивосток. ООО «Гидротекс». 2001 г. 38 с.
7. PLAXIS. 2D, V20 SE Руководство пользователя.
8. СП 38.13330.2018. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). М.: Стандартинформ. 2019. 106 с.

УДК 681.5.037

Н.С. Носов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЫБОР КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ ПРИЧАЛЬНОГО СООРУЖЕНИЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УСЛОВИЯМ АКВАТОРИИ НОВОЛАДОЖСКОГО КАНАЛА

Выбор конструкции причального сооружения основывается на условиях его строительства и эксплуатации в период швартовки малогабаритных судов (длинной около 30 м). Кроме того, рассматривались особенности подъезда к сооружению автотранспортных средств при доставке и спуске судов в акваторию Новоладожского канала. План расположения причального сооружения представлен на рис. 1.

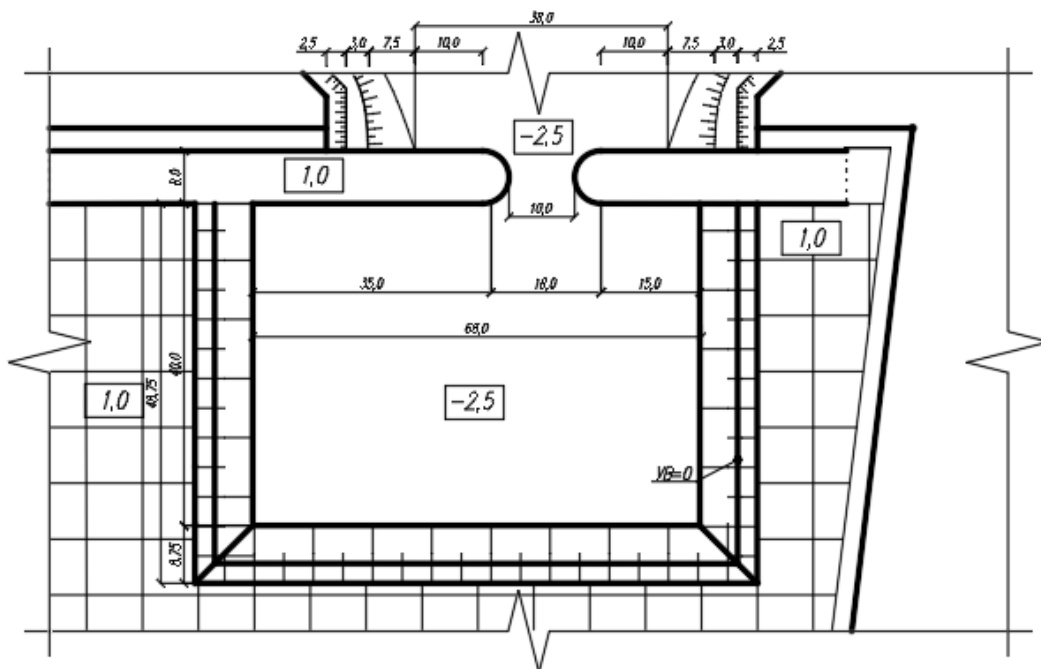


Рис. 1. План расположения причальной стенки

На стадии проектирования учитываются нагрузки, действующие на сооружения. В зимний период при формировании ледостава акватории Новоладожского канала, а также при ледоходе в весенний период, сооружение будет испытывать статические нагрузки от ледового покрова. К причальному сооружению оборудован подъезд автотранспорта, которым осуществляется доставка маломерных судов (рис. 2). Соответственно, нагрузки от воздействия этого автотранспорта на сооружение также учитываются. В дополнение к этому следует отметить, что при проектировании учитываются и швартовые нагрузки от навала маломерных судов на причальную стенку в период эксплуатации.

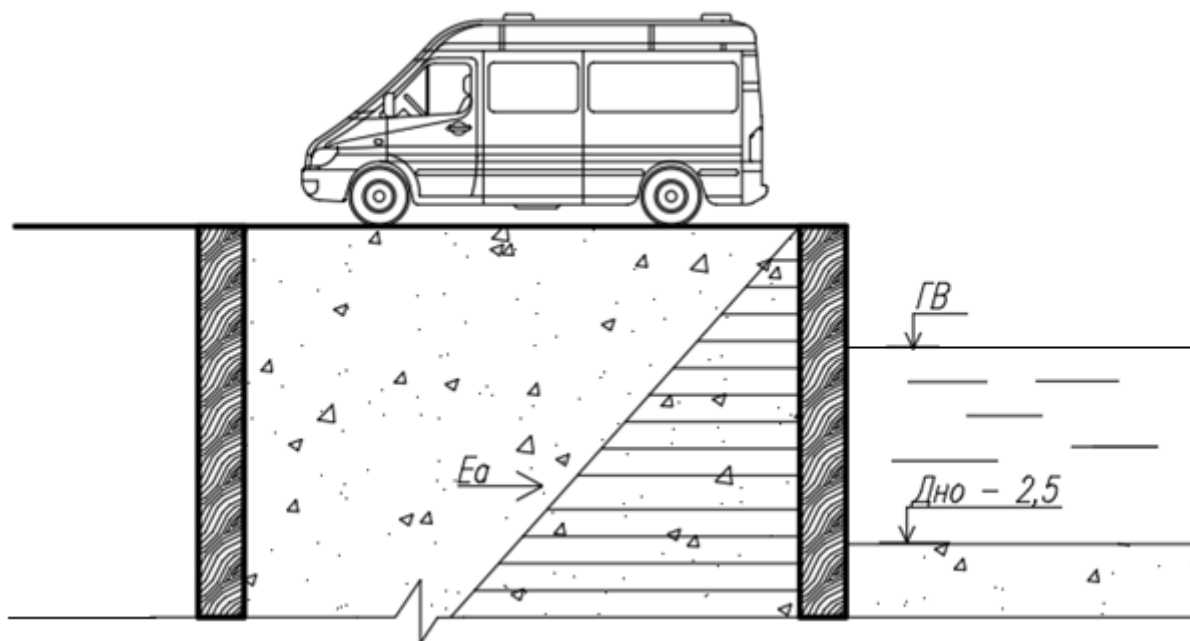


Рис. 2. Схема подъезда автотранспорта к акватории канала

При проектировании рассматривались различные конструктивные схемы причального сооружения. На основе сопоставления вариантов, окончательно принята конструкция причального сооружения типа больверк (рис. 3).

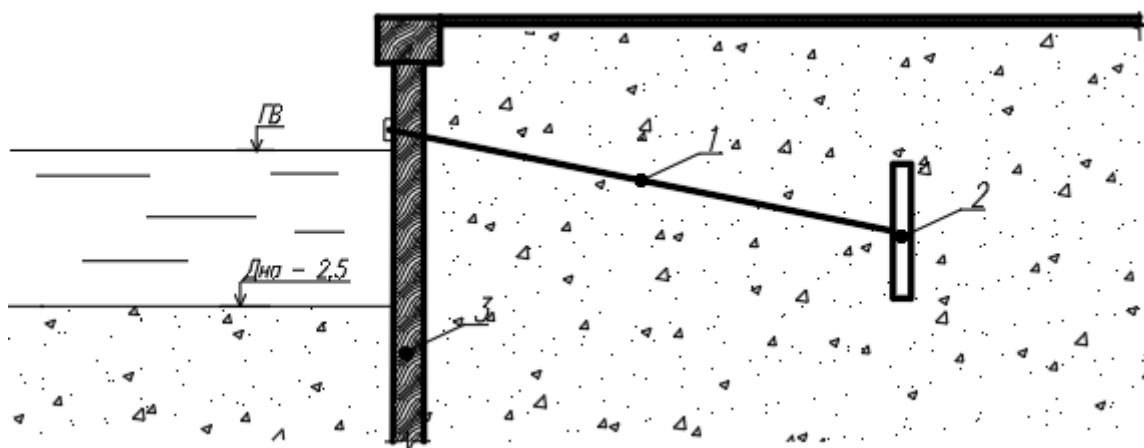


Рис. 3. Схема выбранной конструкции причальной стенки:
1 – анкерная тяга, 2 – анкерная плита, 3 – деревянный брус

Выбор материала причальной стенки основывается на анализе условий производства работ. В связи с тем, что инфраструктура района строительства слабо развита, а подъезд техники с тяжелыми и массивными конструкциями осложнен, в качестве основного конструктивного решения была принята схема больверка из деревянного бруса и анкером в виде плоской железобетонной плиты (см. рис. 3).

Преимущество такой схемы заключается в простоте возведения конструкции, в малых затратах при производственных работах и в применении относительно недорогих материалов для строительства. Использование деревянного бруса для стенки больверка по сравнению с применением металлического или пластикового шпунтов в данном случае обосновано геологическими условиями района строительства. Выбор размеров анкерной плиты, места ее расположения, а также размеров анкерной тяги определяются расчетом.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Будин А.Я. Эксплуатация и долговечность морских гидротехнических сооружений. Изд. 2-е. М.: Транспорт, 1977 – 320 с.
2. Яковенко В.Г., Яковлев П.И. Гидротехнические работы на водном транспорте. Учебник для средн. спец. учебн. заведений. М.: Транспорт. 1988 – 377 с.
3. Правдивец Ю.П., Симаков Г.В. Введение в гидротехнику. Учебное пособие для вузов 2-у издание. М.: Энергоатомиздат, 1995. – 304 с.
4. Проектирование причальных сооружений в виде набережных-стенки с высоким свайным ростверком. Учебное пособие.
5. Эрстов В.С. Производство гидротехнических работ. М.: Стройиздат, 1970. – 560 с.

УДК 681.5.037

М.В. Рудаков
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ВЫСОКОГО СВАЙНОГО РОСТВЕРКА С ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМ ВЕРХНИМ СТРОЕНИЕМ

Цель работы – создание математической модели причала для расчета и проверки устойчивости проектируемого сооружения с применением программного комплекса PLAXIS 2D.

Рассматриваемый участок располагается на Таманском полуострове в районе мыса Железный Рог, в поселке Волна недалеко от станицы Тамань Темрюкского района Краснодарского края. Сооружение размещается вдоль береговой линии между двух соседних причалов. Конструкция причала выполнена в виде высокого свайного ростверка на металлических сваях, выполненных из труб диаметром 1020×10 мм, с железобетонным верхним строением. Причал предназначен для перегрузки навалочных грузов [1].

В связи с уникальностью конструкции и ее расположения в порту Тамань, а также полным отсутствием защитных сооружений, которые присутствуют во многих аналогичных проектах [2, 3], и серьезным волнением в районе необходимо провести анализ полного перемещения и устойчивости сооружения ссылаясь на инженерно-геологические условия рассматриваемого участка для дальнейших конструктивных решений. Для выполнения конечно-элементного расчёта напряжённо-деформированного состояния сооружений был использован программный комплекс PLAXIS 2D [4].

По данным имеющихся инженерно-геологических изысканий, были использованы показатели физико-механических свойств грунтов, которые были перенесены в программный комплекс PLAXIS 2D. Существующие российские нормативные документы [5, 6] допускают применение КЭ программных комплексов. На верхнее строение воздействует распределенная нагрузка величиной 25 кН/м².

Расчеты проводились в несколько этапов, результаты представлены на рисунках 1 и 2.

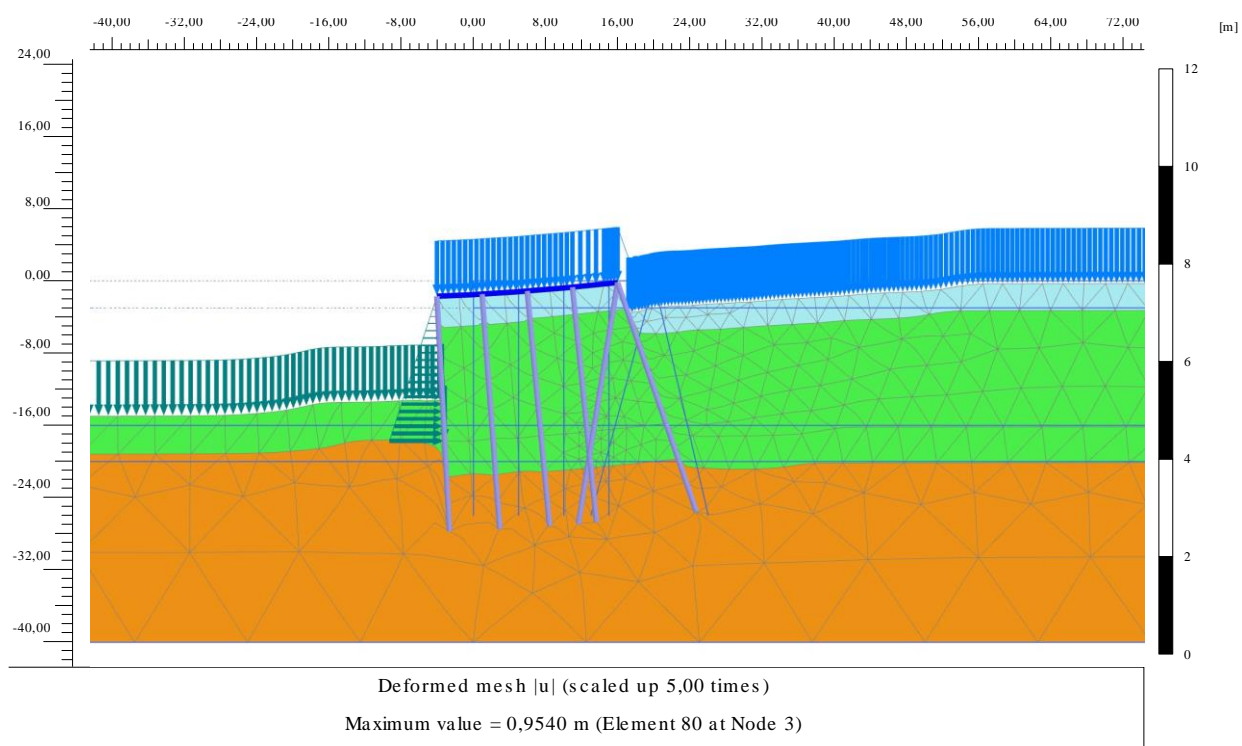


Рис. 1. Деформированная схема сооружения

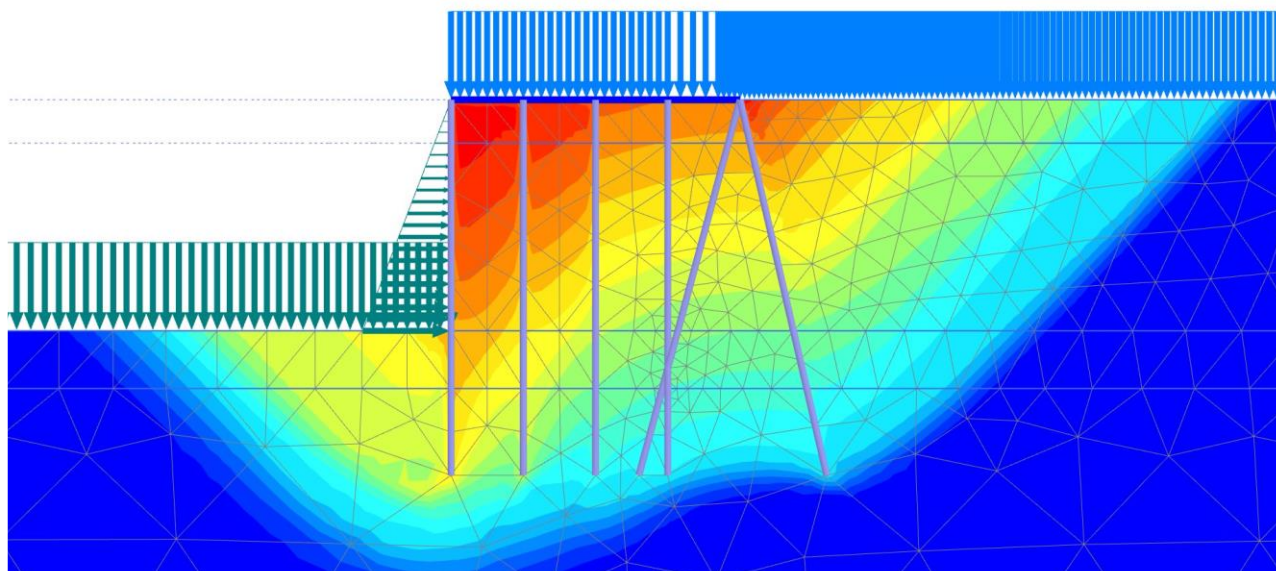


Рис. 2. Поля деформаций при потере устойчивости

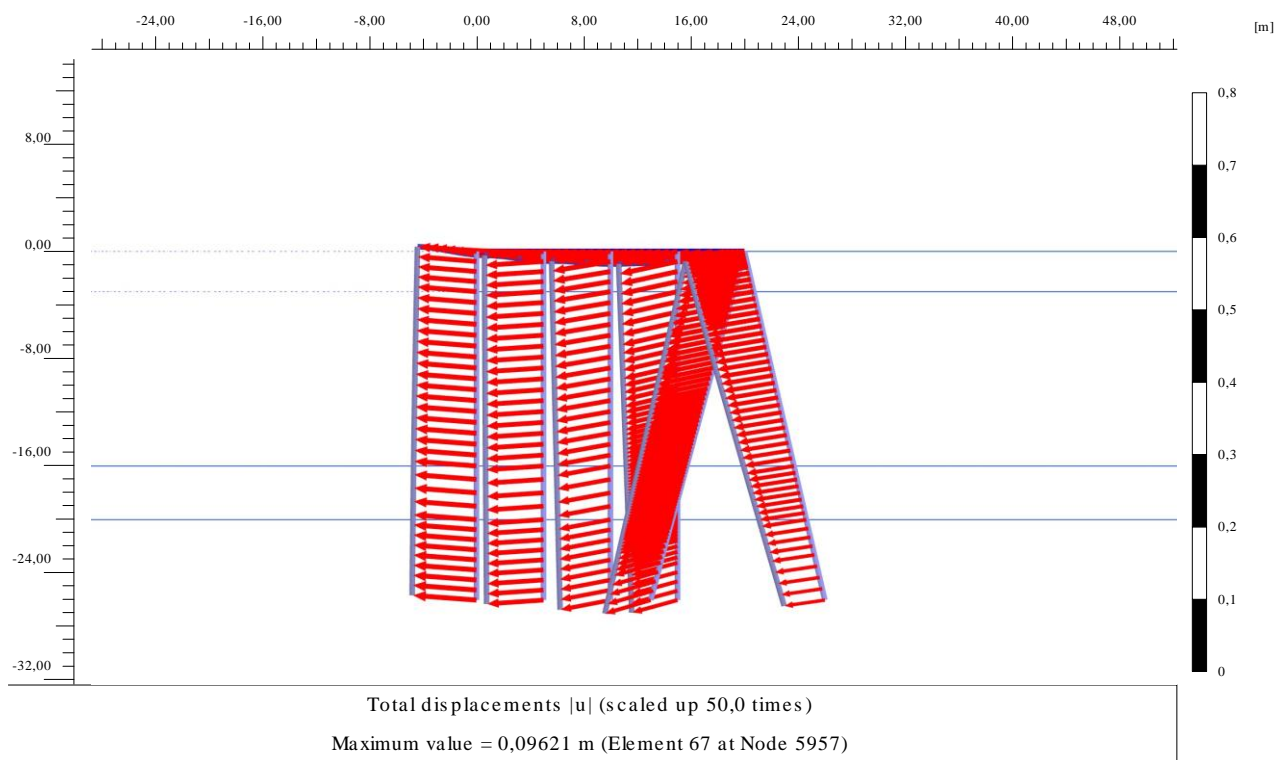


Рис. 3. Перемещения элементов конструкции

В результате математического моделирования и расчетов с помощью ПК PLAXIS 2D определены: приблизительная модель перемещения (рис. 1), проблема оценки устойчивости с учетом распределённой нагрузки (рис. 2) и полные перемещения модели (рис. 3). В результате расчета в ПК PLAXIS был определен коэффициент запаса устойчивости сооружения $k_s = 1,76$.

Вывод: полученные результаты расчета гарантируют устойчивость и безопасность данной конструкции, что обосновывает принятые проектные решения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент.
2. Бучнев И.Д., Шарапов Д.А. Расчет оградительных сооружений порта «Бухта Север» в программном комплексе PLAXIS 2D. Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 92–94.
3. Карпова А.А., Стрябкова Ю.В., Шарапов Д.А. Расчет больверка в составе искусственного острова методом КЭ. Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 61–62.
4. PLAXIS. 2D, V.20.3.060, Руководство пользователя.
5. СП 38.13330.2018. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения. М.: Стандартиформ. 2019. 106 с.
6. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты.

МЕТОДЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ
НА ПРИМЕРЕ ГТС В ПОС. ГОРЕЛОВО

Малая гидроэнергетика в своё время являлась важной составляющей гидроэнергетики многих стран мира. В России был накоплен большой опыт использования гидроэнергетических ресурсов малых рек. В 50–60 годы страна занимала первые позиции по сооружению малых ГЭС в мире. Но стоит отметить, что с вводом единой энергосистемы страны строить и восстанавливать малые ГЭС стало экономически не целесообразно. На сегодняшний день более 90% малых ГЭС, которые были построены в России выведены из эксплуатации и не используются по прямому назначению [1]. Для решения этой проблемы одним из лучших решений представляется строительство новых сооружений взамен старых. Однако такой подход гарантирует большие капитальные затраты и, как правило, осуществление их невозможно по причине особенностей экономической ситуации.

В настоящее время новейшие разработки и исследования в сфере технологии ремонта и реконструкции гидротехнических сооружений становятся альтернативой сносу и строительству объектов заново. Определение целесообразности реконструкции гидротехнического сооружения возможно после проведение обследования с целью выявления дефектов и нарушений работоспособности этого сооружения, а также установления причин появления этих нарушений [2]. Особенно важным является проведение обследования подводных частей сооружения для обоснования продления срока безопасной эксплуатации [3].

Гидротехническое сооружение, построенное в 1956 г., расположено в Красносельском районе г. Санкт-Петербурга.

Функциональное назначение гидротехнического сооружения «Плотина с водосбросом, пруд» в поселке Горелово – регулирование стока в Гореловском пруду.

В состав ГТС входят: грунтовая плотина и водосбросное сооружение.

Грунтовая плотина представлена глухой земляной плотиной с заложением откосов 1:2 без чётких контуров и обладает длиной 60 м по гребню.

Водосброс представляет собой две трубы: металлическую диаметром (внутренним) 1,0 м и длиной 6 м и железобетонную диаметром (внутренним) 0,5 м и длиной 5,15 м, на которых установлены сороудерживающие решётки.

В соответствии с критериями классификации ГТС гидротехническое сооружение относится к IV классу [4].

В результате анализа данных инженерно-технического обследования было определено, что состояние водосбросного сооружения и всех его конструктивных элементов оценивается как ограниченно работоспособное: имеются дефекты и повреждения, приведшие к снижению несущей способности, было принято решение реконструкции сооружения.

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

Предусматривается разборка тела плотины в месте водопропускного сооружения; демонтаж существующих водопропускных труб с последующей укладкой одной новой полимерной трубы $\varnothing 1000$ мм длиной 6,00 м и устройством монолитных железобетонных входного/выходного оголовков. К преимуществам полимерных труб перед металлическими можно отнести: долговечность, совершенную коррозионную стойкость и эластичность [5].



Рис. 1. План сооружения

Монолитные железобетонные конструкции выполняются из арматуры класса А400 диаметром 8 и 14 мм. Для бетонирования используется гидротехнический бетон марки В25 по прочности, F300 по морозостойкости и W8 по водонепроницаемости. Гидроизоляция бетонных поверхностей, соприкасающихся с грунтом, осуществляется оклеечным гидроизоляционным материалом гидроизолом по битумной мастике. Гидроизол изготавливается из стекловолокна, пропитанного с обеих сторон битумом, в который добавлен пластификатор. Он обладает хорошей эластичностью и высокой стойкостью к растрескиванию, не гниет и не разрушается со временем [6].

Со стороны входа в водосбросное сооружение поверх противофильтрационного экрана предусмотрено крепление дна и откосов пруда матрацами Рено с заполнением бутовым камнем фр. 100–120 мм, уложенными на подготовку из щебня фр. 20–40 мм слоем 150 мм по геотекстилю. Для сопряжения крепления с дном пруда по краю крепления предусмотрена каменная наброска. Матрац Рено (габион Макаферри) – плоский габион высотой 0,17; 0,23; 0,3 м. Система матрацев Рено способна выдерживать большие нагрузки и хорошо противостоит оползням [7].

Планировочные отметки гребня плотины предусмотрено довести до расчетных проектных отметок равных 43,8 м БС путем отсыпки грунта. На гребне предусмотрен технологический проезд шириной 3,5 м. Покрытие проезда предусматривает поверхность песчаной подушки мощностью 300 мм укладку геотекстиля и отсыпку слоя щебня фр. 40–80 мм толщиной 250 мм с расклинцовкой щебнем фр. 10–20 мм. В месте водопропускного сооружения покрытие технологического проезда усиливается укладкой железобетонных плит ПП18.15-30 поверх щебня. Крепление обочин предусмотрено щебнем фр. 40–80 мм толщиной 250 мм с расклинцовкой щебнем фр. 10–20 мм, слоем 200 мм.

Верховой откос восстанавливается до заложения 1:2. Крепление участка дна пруда и верхового откоса плотины предусмотрено каменной наброской фр. 100–120 мм (толщина слоя 300 мм) по слою щебня фр. 20–40 мм толщиной 200 мм, отсыпанного на геотекстиль.

На низовом откосе плотины и на всей свободной от воды территории в границах предусмотрено: удаление остатков существующего разрушенного крепления полимерной

решеткой с поверхности низового откоса плотины; планировка низового откоса плотины до заложения 1:2 путем подсыпки или срезки грунта; устройство противоэрозионного крепления.

Противоэрозионное крепление устраивается путем укладки геосинтетического материала типа геомат на спланированный слой грунта толщиной. К откосу геосинтетический материал крепится П-образными металлическими скобами с шагом 1 шт./м. После укладки материал сверху присыпается ранее срезанным слоем растительного грунта толщиной 50 мм без уплотнения с посевом семян многолетних трав. Использование геоматов обусловлено преимуществами их использования такими как легкость и прочность, которые обеспечивают широкое применение данного материала для защиты откосов от эрозии и укрепления основания [8].

Использование различных геосинтетических и полимерных материалов в различных видах работ не ново и практики использования данных материалов показывают эффективность их работы. Из опыта практического применения и длительного периода эксплуатации показывают перспективность использования различных видов геосинтетических материалов [8].

Вывод. На примере гидротехнического сооружения, расположенного в пос. Горелово, Красносельского р-на, г. Санкт-Петербурга, был рассмотрен вариант проведения ремонтно-восстановительных работ с применением различных методов.

Результаты показали, что совместное использование методов ремонта с использованием геосинтетических материалов и методов с применением природных материалов позволяет увеличить не только функциональную эффективность конструкций, но и, основываясь на положительном опыте использования, сделать их более экономичными и экологичными.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Васильев Ю.С., Елистратов В.В. Использование ресурсов малой и нетрадиционной энергетики в Ленинградской области. // Научно-технические ведомости. СПбГТУ, 1998.
2. Затворницкая, Т.А. Современный опыт реконструкции и ремонта зон переменного уровня воды ГТС на примере Саратовской ГЭС / Т.А. Затворницкая, С.Ю. Кузнецов, Ю. В. Хрипакова // Безопасность энергетических сооружений. – 2016. – № 1(21). – С. 52–66.
3. Романенко, С.В. Водолазное обследование как элемент обеспечения промышленной безопасности гидротехнических сооружений / С.В. Романенко, Л.А. Торгашов // Вестник науки Сибири. – 2012. – № 5(6). – С. 41–48.
4. Об утверждении критериев классификации гидротехнических сооружений: постановление Правительства РФ от 5 окт. 2020 г. № 1607 // Собрание законодательства. 2020.
5. Хубаев, С.М.К. Перспективы использования полиэтиленовых труб при строительстве и ремонте инженерных трубопроводов / С.М.К. Хубаев, С.И. Мусаев, А.В. Янарсаев // Труды Грозненского государственного нефтяного технического университета им. академика М.Д. Миллионщикова. – 2006. – № 6. – С. 259–260.
6. Коржова, Ю.Н. Оклеенная гидроизоляция фундамента / Ю.Н. Коржова, А.М. Косухин, М.А. Богачева // Международный студенческий строительный форум-2017 / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2017. – С. 353–357.
7. Комаров, А.К. Теория и практика устройства защитных сооружений с использованием габионов / А.К. Комаров, И.А. Иванов, Б. Лундэнбазар // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2019. – Т. 9. – № 1(28). – С. 78–89.
8. Ветрова, О.В. Исследование технологии укрепления склонов геосинтетическими материалами для применения на территории г. Перми / О.В. Ветрова // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2018. – Т. 1. – С. 119–125.

ПРОБЛЕМЫ ЛОКАЛЬНОЙ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНОГО (ДОЖДЕВОГО И ТАЛОГО) СТОКА С ТЕРРИТОРИЙ МОРСКИХ ПОРТОВ

Цель работы – формирование подхода к определению степени загрязнённости поверхностного стока с причальных сооружений морских портов и анализа применения для его очистки стандартных очистных сооружений, эксплуатируемых в автодорожном строительстве и селитебных территориях. При этом требуется решить задачу компактности очистных сооружений с целью экономии занимаемых площадей, а также их стоимости и эффективности очистки стока.

Актуальность. Загрязнённый поверхностный сток, образующийся на причальных сооружениях морских портов, подверженный существенному негативному воздействию от работающего автотранспорта, технологического оборудования и переваливаемых грузов, является большой опасностью для их акваторий. Разработка практических подходов к комплексному решению задач сбора, отведения и локальной очистки поверхностного стока с портовых гидротехнических сооружений является актуальной, поскольку в научной литературе такие подходы практически не описаны.

Образование загрязнённого поверхностного стока на портовых сооружениях является следствием промышленно-технической и хозяйственной деятельности портов, оказывающей негативное воздействие на акватории портов, ухудшая качество морской воды и нанося вред животному миру, являясь также источником потенциальной опасности для людей. Основные источники загрязнения поверхностного стока портовой инфраструктуры – это продукты жизненного цикла транспорта (взвешенные вещества, тяжелые металлы, нефтепродукты и другие органические вещества) и твёрдые аэрозоли, образующиеся в результате уноса сыпучих грузов (например, уголь, удобрения, руды и т. д.) при их перевалке и проведении судоремонтных работ. Дальнейшее взаимодействие таких аэрозолей, а также твёрдых частиц, осевших и скопившихся на покрытиях гидротехнических сооружений, с выпавшими осадками приводит к формированию загрязнённого поверхностного стока, отводимого без очистки напрямую в акваторию.

Требования, которые предъявляются к поверхностному стоку, сбрасываемому в прибрежные воды морей, к которым относятся и акватории портов, наиболее жёсткие и соответствуют предъявляемым при отведении сточных вод в водоёмы рыбохозяйственного значения [1]. Таким образом, очистка поверхностных сточных вод с территорий морских портов должна быть глубокой и комплексной. Учитывая практически полное отсутствие в научной литературе информации об очистке поверхностного стока с территорий портов, в качестве наиболее близкого аналога с точки зрения условий образования загрязнённого стока, факторов негативного воздействия и условий отведения очищенного стока приняты очистные сооружения, применяемые на автомобильных дорогах и мостовых переходах.

Основными видами очистных сооружений, используемых при решении задач по очистке поверхностного стока с объектов дорожной инфраструктуры и промышленных площадок, являются: емкостные очистные сооружения (ЕОС), гидробиологические площадки (ГБП) и сорбционно-фильтрационные картриджные системы [2, 3].

ГБП представляет собой гидротехническое сооружение, основным элементом которого – пруд-накопитель небольшой глубины с высаженной в нём высшей водной растительностью [4]. Как правило, пруды ГБП имеют существенные в плане размеры, что связано с необходимостью накопления значительного объёма поверхностных сточных вод. Принцип работы ГБП, как предполагается, основан на задержании высшей водной растительностью

диспергированных загрязнителей, их накопление в самих растениях и вероятную дальнейшую переработку, что возможно только в период вегетации. Применение ГБП в портах не представляется возможным ввиду отсутствия места для создания прудов-накопителей, низкой эффективности очистки, короткого периода реальной работы, сложностей с организацией глубокой комплексной очистки.

Работа ЕОС основана на использовании комплекса методов механической и физико-химической очистки, оборудованных в одном корпусе или нескольких, расположенных последовательно [5]. Основные недостатки ЕОС: значительные размеры, что влечёт за собой большой объем земляных и бетонных работ, высокие затраты на доставку и монтаж по месту; низкая эффективность сорбционной доочистки ввиду недостаточной высоты слоя используемых сорбционных материалов; высокая доля ручного труда при эксплуатации.

С учётом основных требований, предъявляемых к технологиям очистки поверхностного стока с территорий портов, – это компактность, удобство монтажа, эксплуатации и утилизации образующихся отходов, низкие капитальные затраты – использование сорбционно-фильтрационной технологии является наиболее оптимальным.

Наиболее совершенным в плане конструкции и надёжности средством реализации данной технологии являются широко применяемые в настоящее время системы очистки на основе фильтров ФОПС [2, 6–9]. Фильтры ФОПС представляют собой цилиндрические промышленные картриджи (фильтрующие патроны), внутри которых находятся различные сорбционные и фильтрующие материалы. Для размещения фильтров ФОПС используются типовые канализационные колодцы из различных строительных материалов (сборный ж/б, футерованный ж/б, полимерные материалы и др.), обеспечивая высокую надёжность конструкции, удобство монтажа и простоту установки фильтров в колодцы при помощи широко применяемой грузоподъёмной техники, а также низкую стоимость обустройства ЛОС. Схема размещения фильтра ФОПС внутри канализационного колодца представлена на рисунке 1.

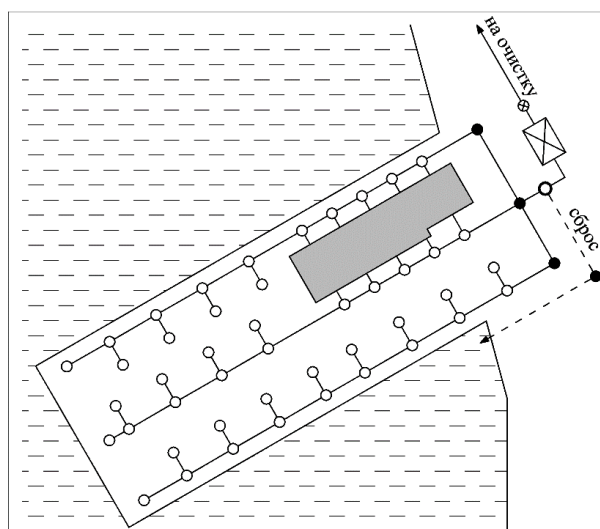
Одним из главных достоинств технологии сорбционно-фильтрационной очистки на основе фильтров ФОПС является возможность обустройства комплексных систем, состоящих из нескольких последовательно расположенных фильтров разного типа, что позволяет реализовать глубокую очистку стока от широкого круга загрязнителей. Учитывая указанные ранее основные требования к локальным очистным сооружениям поверхностного стока с территорий портов, было разработано техническое решение по очистке поверхностного стока с пирса на основе фильтров ФОПС, схема которого показана на рисунке 2.

В качестве концептуального примера при разработке приняты следующие упрощения: на пирсе расположено одно здание с организацией отвода с кровли через внутрестеночные водоотводы; пирс оборудован сетью дождеприемных колодцев, внутри которых размещаются фильтры-корзины ФОПС-К для сбора мусора. Через ливневую сеть очищенный от мусора поверхностный сток через разделительную камеру направляется в накопительную ёмкость. Дальнейшая подача стока осуществляется при помощи канализационной насосной станции (КНС). Следом за КНС по ходу движения поверхностного стока размещаются канализационные колодцы с фильтрами ФОПС разных типов, обеспечивая глубокую комплексную очистку сточных вод в несколько этапов.

На первом этапе очистки фильтрами ФОПС-К удаляется плавающий мусор, попадание которого в сети канализации может привести к их закупорке, нарушению работы накопительной ёмкости и КНС, и потому недопустимо. Более того, слой мусора, скапливающегося в фильтре ФОПС-К, выполняет функцию фильтрующего материала, который способен задерживать довольно мелкие частицы взвешенных веществ и часть плёночно-эмульгированных нефтепродуктов [7].



Рис. 1. ФОПС внутри канализационного колодца



- - дождеприемные колодцы с фильтрами ФОПС[®]-К
- - поворотные колодцы с крышками КЛ-3
- - разделительная камера
- ⊗ - КНС
- - проезжая часть пиаса
- - здание
- ⊠ - аккумулирующий резервуар

Рис. 2. Схема организации сбора и отведения поверхностного стока на очистку с территории пиаса

Второй этап очистки – фильтр-сепаратор ФОПС-С, на котором из поверхностного стока удаляется основная масса взвешенных частиц и эмульгированных нефтепродуктов [10]. На двух заключительных этапах очистки с использованием фильтров угольных ФОПС-У и цеолитовых ФОПС-Ц осуществляется глубокая сорбционная доочистка стока от органических веществ и ионов тяжелых металлов соответственно.

Как видно из проведенного анализа, локальные очистные сооружения поверхностного стока, обустроенные с использованием фильтров ФОПС, обладают комплексом преимуществ, среди которых базовыми являются высокая эффективность очистки и эксплуатационная пригодность, в сравнении с другими популярными системами (ГБП и ЕОС). Простота, удобство и доступность утилизации отработанных фильтров ФОПС делает их применение ещё более привлекательным. Отработанные фильтры ФОПС являются малоопасными отходами IV класса, что позволяет использовать для их утилизации повсеместно представленные полигоны твёрдых коммунальных отходов (ТКО).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13.12.2016 г. № 552
2. Винокуров К.И. Локальные очистные сооружения поверхностного стока на автомобильных дорогах и мостовых переходах / К.И. Винокуров, А.Ю. Крестьянинова // Экология и строительство. – 2019. – №4. – С. 42–52.
3. Методические рекомендации по содержанию очистных сооружений на автомобильных дорогах: ОДМ 218.8.005–2014. – М.: Информавтодор, 2017. – 78 с.
4. Sharley D.Y. Linking urban land use to pollutants in constructed wetlands: Implications for stormwater and urban planning / D.Y. Sharley, S.M. Sharp, S. Marshall, K. Yeppe // Landscape and Urban Planning. – 2017. – v.162. – P.p. 80–91.
5. Майстришин И.С. Очистка сточных вод с дорожных покрытий в пределах морских водоохранных зон / И.С. Майстришин, И.Ю. Шлекова, А.И. Кныш // Экологические проблемы региона и пути их разрешения. – 2019. – №5. – С. 154–159.
6. Глухов В.В. Поверхностный сток: проблемы и решения / В.В. Глухов, Ю.Г. Лазарев, А.В. Чечевичкин, Л.А. Якунин // Дорожная держава. – 2019. – №89. – С. 86–89.

7. Чечевичкин А.В. Проектирование и применение локальных очистных сооружений поверхностного стока на основе фильтров ФОПС® / А.В. Чечевичкин – СПб.: Любавич, 2017. – 176 с.
8. Ватин Н.И. Тестовая эксплуатация фильтра ФОПС® с природным цеолитом для очистки загрязненного инфильтратом поверхностного стока / Н.И. Ватин, Г.А. Панкова, Л.В. Леонов и др. // Водоснабжение и санитарная техника. – 2017. – №9. – С. 40–49.
9. Ватин Н.И. Опыт всесезонной эксплуатации фильтра ФОПС® при очистке поверхностного стока с техногенно нагруженной территории / Н.И. Ватин, М.А. Греков, Л.В. Леонов и др. // Водоснабжение и санитарная техника. – 2018. – №8. – С. 40–50.
10. Греков М.А. Тестовая эксплуатация фильтра-сепаратора ФОПС®-С при очистке поверхностного стока с территории автопарковки / М.А. Греков, С.В. Елагин, Г.Л. Козинец и др. // Водоснабжение и санитарная техника. – 2021. – №2. – С. 38–45.

УДК 626.01

Н.И. Серов, Н.Д. Беляев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА ЛЕДОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭЛЕМЕНТЫ ГТС

В настоящее время проектирование гидротехнических сооружений (ГТС) ведется с учетом нагрузок и воздействий, определяемых в соответствии с СП 38.13330.2018 «Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)» [1].

Особое внимание в нормативных документах уделяется необходимости изучения опасных природных явлений, оказывающих негативное или разрушительное воздействие на сооружения [2-5]. Применительно к рассматриваемым ГТС термина наличие ледяного покрова на поверхности воды необходимо рассматривать как опасное природное явление. При этом опасное воздействие льда на сооружения терминала может иметь несколько форм. Причинами воздействия льда являются [6]:

- подвижки или дрейф ледяных образований;
- термические деформации ледяного покрова;
- обмерзание конструкций ГТС;
- вмерзание конструкций ГТС в лед с последующей подвижкой льда;
- вмерзание конструкций ГТС в лед с последующим изменением уровня воды.

Даты наступления ледовых фаз использованы по данным станции Певек. Средняя дата первого появления льда 5.10, ранняя – 179. Полное замерзание происходит в среднем 17.10, раннее – 26.9. Взлом льда начинается по среднему сроку 8.7, по позднему – 30.7. Окончательное очищение можно ожидать в среднем 25.7, позднейшее – 31.8.

Таблица 1 – Толщина льда (см) с вероятностью превышения 1,0% и 0,1%, рассчитанная по часовым данным по месяцам

Точка	%	Месяц											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H_1	1,0	145	161	176	193	193	188	96	2	16	51	81	116
	0,1	147	164	179	194	196	191	98	2	18	59	84	119
H_2	1,0	145	160	176	192	190	188	96	3	21	68	99	122
	0,1	148	163	178	194	195	190	97	3	26	85	101	125

Для расчета использовалась величина толщины в наиболее близкой к причалу точке H_2 и соответствующей июню. Этот срок рекомендуется брать как срок начала дрейфа льда.

Для моделирования используются следующие величины скорости суммарного дрейфа льда, возможные 1 раз в 100 лет (максимальная скорость дрейфа), и 1 раз в 5 лет (минимальная) [4]. Максимальная равна 115 см/с, средняя – 70 см/с.

Прочностные характеристики ровного льда получены на основе СП 38.13330.2012 [1] с привлечением данных о температурах воздуха с 0,1% и 1% обеспеченности с ОГМС Певек. При этом учитывались толщина снега, соленость воды и льда, скорость ветра и др. Приняты в соответствии с выполненными расчетами величины 0,1% обеспеченности для 17-ой декады (рекомендованная дата) для пределов прочности при сжатии и для изгиба составляют 2,6 МПа и 0,3 МПа соответственно.

Предел прочности льда консолидированного слоя и его толщина определены на основе соотношений, приведенных в СП 38.13330.2012. Толщина консолидированного слоя 0,1% обеспеченности для 17-ой декады составляет 2,7 м, а прочность при сжатии – 1,97 МПа.

На основании этого же СП [1] глубина киля 0,1% обеспеченности составляет величину 22,4 м. Высота паруса тороса при этом 10,2 м для вероятности превышения 0,1%.

Учитывая, что глубина в районе причалов порта составляет около 17 м и борозды экзарации выявлены на глубине 15–16 м, глубину киля тороса необходимо принять не превышающей эту величину. При этом высота паруса для свободно плавающего (не сидящего на грунте) тороса составит величину около от 5 до 3 м.

Для оценки возможности формирования заметных нагромождений льда со стороны акватории порта проанализированы необходимые факторы, перечисленные выше: достаточная протяженность ледяного поля, достаточная продолжительность дрейфа льда и достаточная движущая сила, действующая на ледяное поле.

При наличии двух первых факторов, выполним оценку внешней движущей силы. Налицевую стенку со стороны акватории порта может воздействовать оторвавшийся от берега припай – ледяное поле с поперечными размерами примерно 2,7×2,0 км. При северном ветре со скоростью 24 м/с сила, действующая на указанное ледяное поле, может быть оценена по формуле:

$$F_{air} = 0,5c_a\rho_a v_a^2 A,$$

где c_a – коэффициент аэродинамического сопротивления ледяного поля, принимаемый равным 0,005 в соответствии с [8]; $\rho_a = 1,3 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха; $v_a = 24 \text{ м/с}$ – скорость ветра; $A = 5400000 \text{ м}^2$ – площадь ледяного поля.

Вычисление по приведенной выше формуле дает значение 10 МН, или погонную нагрузку на лицевую стенку примерно 16 кН/м. При толщине льда 1,9 м такая нагрузка соответствует среднему давлению льда на стенку 8,5 кПа. Такого давления недостаточно, чтобы происходило разрушение льда о вертикальную стенку сооружения. Возможны небольшие локальные разрушения льда и формирование незначительных скоплений битого льда при реализации рассмотренного сценария воздействия.

Таблица 2 – Глобальные ледовые нагрузки на грузовой причал

Направление дрейфа льда	Перпендикулярно лицевой стенке с мористой стороны	Под углом 45° к лицевой стенке
Ровный лед		
Ширина преграды, м	100	84,9
Глобальная горизонтальная ледовая сила, МН	247	209
Погонная нагрузка, МН/м	2,47	2,46
Расчетный сценарий	Разрушение льда по ширине преграды	Разрушение льда по ширине преграды
Торосистая гряда		
Глобальная горизонтальная ледовая сила, МН	412	325
Погонная нагрузка, МН/м	4,12	3,83

Следует также учесть, что принятие расчетной скорости ветра 24 м/с приводит к завышенным значениям движущей силы, поскольку эта скорость ветра не является долговременной величиной, а достигается при порывах длительностью несколько минут. Фактическое значение постоянно действующего на лед ветра может быть существенно ниже, и возникающие напряжения – ниже. Разрушение льда о стенку причала с внутренней стороны порта с образованием большого объема разрушенного льда происходить не будет.

Выводы:

1. Выполненные расчеты ледовых нагрузок в рассмотренных ледовых условиях на элемент причала длиной 100 м по принятым сценариям и параметрам ледяных образований дают следующие величины (см. табл. 2).
2. Расчетная оценка высоты формирующихся нагромождений льда показывает, что:
 - наплав льда на территорию нефтяного терминала со стороны акватории порта в рассмотренных ледовых условиях отсутствует;
 - наплав льда на территорию нефтяного терминала с мористой стороны в рассмотренных ледовых условиях при продолжительном однонаправленном дрейфе льда толщиной 0,5 м может начаться при протяженности дрейфа около 1450 м, а при толщине льда 1,9 м – при протяженности около 380 м.
3. Полученные расчетные величины ледовой нагрузки и высоты формирующихся нагромождений обломков льда должны быть использованы для:
 - оценки возможности эксплуатации терминала без дополнительных ограждающих сооружений с обеспечением устойчивости на грунте, общей и местной прочности;
 - оценки минимально необходимой отметки верха гидротехнических сооружений, обеспечивающих отсутствие наплавания льда на территорию нефтяного терминала с мористой стороны.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 38.13330.2018. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов).
2. СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения.
3. Беляев Н.Д. Причины аварий причальных сооружений. Предотвращение аварий зданий и сооружений. Межвузовский сборник научных трудов. МГТУ им. Г.И. Носова; Магнитогорск, 2003. С. 34–39.
4. Беляев Н.Д., Вилькевич В.В. Экспертиза технического состояния морских гидротехнических сооружений. Гидротехническое строительство. 2007. № 5. С. 37–45.
5. Колгушкин А.В., Беляев Н.Д. Инженерные мероприятия по увеличению долговечности сквозных гидротехнических сооружений. Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2007. № 1 (49). С. 185–193.
6. Карулин Е.Б., Проняшкин А.А., Ямщиков Д.В. Исследования основных закономерностей формирования нагромождений обломков льда перед МЛСП «Приразломная». Труды Крыловского государственного научного центра, Выпуск 91 (375), СПб, 2016.
7. СП 11-103-97. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства.
8. Barker A., Timco G.W. Maximum pile-up heights for grounded ice rubble. Cold Regions Science and Technology 135 (2017) 62–75.

А.А. Смирнов
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,
Н.Д. Беляев, Я.Э. Олехнович
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ГЕОДЕЗИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Введение. Геодезическое оборудование – это необходимая составляющая любых геодезических работ на строительной площадке. С помощью данного оборудования измерение углов и расстояний, а также определение высотных отметок точек происходит с очень высокой точностью.

Материалы и методы исследования. Для геодезического обеспечения строительства сооружений необходимо выполнять различные виды работ, например разбивочные работы, наблюдение за осадками и деформациями зданий, исполнительные съемки [1–5].

Геодезические приборы можно разделить на следующие виды: спутниковые; оптико-электронные; электронные; оптико-механические.

К приборам оптико-механического вида относятся оптические теодолиты и оптические нивелиры, которые являются одними из первых в геодезии и их можно использовать для решения множества задач. Однако оптико-электронные приборы более широко используются [6]. К ним относятся электронные тахеометры, электронные теодолиты, цифровые нивелиры. Возможности этих приборов в различных сферах деятельности очень велики. Они незаменимы в таких отраслях как, геофизика, гражданское и военное строительство, земельный кадастр и многих других.

Приборы осуществляют цифровую систему снятия отсчета, что обеспечивает автоматическое получение и высокую точность данных измеряемых величин.

Оборудование для геодезических измерений. Основные методы разбивочных работ имеет очень важное значение при строительстве сооружений. Здесь производят определение на местности положение основных осей и границ сооружения в соответствии с проектом. Для таких работ используются тахеометры и теодолиты, с помощью которых возможно измерять вертикальные и горизонтальные углы. Это оборудование в свою очередь, бывает оптическим и электронным.

Тахеометр – незаменимый многофункциональный инструмент в геодезии. Современные модели тахеометров могут формироваться из отдельных модулей для выполнения пожеланий пользователя. К ним можно присоединять различные детали для расширения функциональности прибора. Тахеометр вместе с контроллером и радиомодемом может выступать в качестве робота, полностью выполняющего всю работу. Присутствие человека бывает необязательно. С помощью роботизированных измерений производительность значительно увеличивается и происходит снижение затрат [7].

Назначение тахеометра – не только измерение углов, этот прибор также способен измерить расстояние и выполнить расчеты с помощью программного обеспечения, установленного на телефон или компьютер. Среди тахеометров можно выделить следующие современные модели, которые в настоящее время они находятся в производстве и обладают схожими параметрам — удобный для пользователя интерфейс и цветной дисплей. Leica Flexline TS03 – механический тахеометр, с помощью которого легко и эффективно можно выполнять различные полевые работы. Встроенный дальномер очень точный и мощный, лазерный луч обеспечивает качественные измерения. Leica FlexLine TS07 RUS-современный и качественный прибор, обеспечивает получение надежных измерений в очень сжатые сроки. Стоимость приборов зависит от комплектации и варьируется от 900000 до 1400000 руб.

Теодолит – важный инструмент в геодезии для определения углов при различных видах геодезических и топографических работ. Применяется в маркшейдерских съёмках. Этот прибор оснащен оптическим механизмом отсчета, а также микропроцессорами, благодаря которому результат можно увидеть на экране. Последнее касается теодолитов последних моделей. С помощью компенсатора они могут позволить избежать погрешности, которая возникает при наклоне прибора во время работы. Электронные теодолиты имеют большой дисплей для считывания информации, а также четкий телескоп и подсветку, что не только более удобно в работе, но и позволяет получить четкий результат. Среди моделей теодолитов стоит отметить Condrol iTeo 5 2-2-014. Данный электронный прибор чрезвычайно прост в управлении. Несмотря на принадлежность к электронным приборам оснащен лазерным отвесом, который обеспечивает четкую и правильную установку аппарата. Винтовые регуляторы позволяют произвести плавную настройку на объект. ЖК-экран выводит точные числовые показатели произведенной настройки. RGK T-20 имеет встроенный датчик расчета уклона, что позволяет получать высокоточные данные при измерениях. В конструкции применяется оптика, сродни фотографической, что делает работу оператора намного проще. Подсветка клавиатуры электронного счетчика делает возможной работу при затемненных условиях.

Нивелир – прибор для геодезических измерений, которые помогают создать высотную опорную геодезическую сеть и при топографической съёмке. В определенных случаях необходимости в более дорогих и технически сложных тахеометрах нет. В этом случае вполне достаточно нивелира, основная функция которого – измерить повышение между точками. Современные приборы оснащены магнитными и воздушными компенсаторами, они надежны, легки и по точности стабилизации превосходят жидкостные [8]. Цифровой нивелир является высокоточным оборудованием и предназначен для самых ответственных работ. Он служит для построения горизонтальной, вертикальной или наклонной плоскости и может не только значительно улучшить качество, надежность производимых измерений, но автоматически снимать отсчеты по специальной рейке с нанесенным на нее штрих-кодом. Чаще всего, использование нивелира является более удобным и целесообразным. Высокоточные нивелиры с автоустановкой применяют для наблюдения за осадками сооружений, это значительно рациональнее, чем использование более дорогих тахеометров. Таким образом, популярность в различных работах этих приборов обусловлена простотой и более доступной ценой. Нивелир BOIF AL120 – современная модель классической компоновки. Угловые измерения проводятся посредством поворота вокруг вертикальной оси и фиксации показаний на горизонтальном лимбе. Оптический нивелир RedVerg RD-GAL20 является универсальным прибором для геодезических работ. Выставку по горизонтальной и вертикальной плоскости обеспечивает автоматический компенсатор с магнитным механизмом демпфирования.

В геодезии широко применяются электрофизические приборы для определения расстояний. К ним относятся светодальномеры и радиодальномеры. Работа этих приборов заключается в том, что они измеряют с помощью электромагнитных волн любые расстояния. Светодальномеры и радиодальномеры являются одними из самых высокопроизводительных и точных геодезических приборов. Линейные измерения в последнее время все больше выполняются лазерными рулетками, дальномерами разных конструкций.

С помощью георадарных технологий, геофизических методов, бурения скважин выполняется большая часть работ для построения геолого-литологических разрезов, отбора образцов грунта, изучения их свойств, изучения гидрогеологических условий. Георадар применяется для получения разрезов грунта, мониторинга среды в условиях, не требующих бурения и этот прибор предназначен для широкого спектра геотехнических, геологических, экологических, инженерных задач [2, 3, 5]. В георадаре электромагнитная волна проникает в многослойные среды и принимает отраженный сигнал.

Оборудование для дистанционного зондирования земли. С развитием технологии дистанционного зондирования земли и системы глобальной навигации появилась реальная возможность получить информацию о состоянии земной поверхности с точностью буквально до сантиметров. Аэрофотосъемка является одним из главных видов работ, позволяющим переносить полученную информацию о широком спектре геотехнических, геологических, экологических, инженерных данных благодаря средствам автоматизации и компьютерной техники. Выполняется это с помощью специальных аналоговых или цифровых фотокамер (Canon 5B, Hasselblad H1, RolleiMtttric A1C). Известны камеры среднего формата DSS, DigiCAM, DiMAC и A1C. Они позволяют получать изображения в видимой и ближней инфракрасной зонах спектра. Аэрокамеры большого формата ориентированы на решение топографических задач.

Оборудование для архитектурных обмеров объектов недвижимости. Лазерное сканирование позволяет быстро и с высокой точностью получить обмерные чертежи объектов, поэтажных планов фасадов, интерьеров. Лазерные сканеры являются более новым оборудованием. Они переносят в цифровой вид различные характеристики реальной поверхности, предоставляя результат в пространственной системе координат. Такой прибор может снимать объекты, которые находятся в любом месте сферы, благодаря чему его можно назвать незаменимым в геодезических работах.

Выводы. Геодезические работы – важная часть любого строительства. С их помощью возможно наиболее точно разместить объекты на участке, а также создать проектную документацию в соответствии с проектом и законодательными актами и выполнить измерительные работы. Парк геодезического оборудования расширяется с каждым годом. Он совершенствуется, становится более инновационным и более удобным в применении. Соответствие современным требованиям – основной критерий качества геодезического оборудования. К проведению геодезических работ стало предъявляться больше требований. Они должны быть выполнены в кратчайшие сроки и с высокой точностью. Новейшие модели геодезических измерительных приборов активно используются в строительном проектировании, в картографии, горном деле, сельском хозяйстве и промышленности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д., Боголюбова А.А. и др. Инженерная геодезия. Использование современного оборудования для решения геодезических задач. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014.
2. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д. Контроль качества строительства. Геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации водохозяйственных и гидротехнических сооружений. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014.
3. Михаленко Е.Б., Загрядская Н.Н., Беляев Н.Д., Вилькевич В.В., Духовской Ф.Н., Смирнов А.А. Инженерная геодезия. Геодезические разбивочные работы, исполнительные съемки и наблюдения за деформациями сооружений. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008.
4. Михаленко Е.Б., Загрядская Н.Н., Беляев Н.Д., Вилькевич В.В., Петров В.В., Смирнов А.А. Инженерная геодезия. Современные методы геодезических измерений с использованием искусственных спутников Земли. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009.
5. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д., Загрядская Н.Н. Инженерная геодезия. Наблюдения за техническим состоянием и деформациями при строительстве и эксплуатации сооружений. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014.
6. Зотова Е.В. Основы кадастра: Территориальные информационные системы: Учебник для вузов. – М.: Академический проект; Фонд «Мир», 2012. – 416 с.
7. Инженерная геодезия и геоинформатика: Учебник для вузов / Под ред. С.И. Матвеева. – М.: Академический проект; Фонд «Мир», 2012. – 484 с.
8. Емельянов Д.А. Прикладная геодезия: учебно-методическое пособие для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры. – Н.Новгород, 2019.

РАСЧЁТ УСТОЙЧИВОСТИ ЯКОРЯ НА СДВИГ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Цель работы – провести исследование поведения цилиндрического якоря в заданном типе грунта методом конечных элементов средствами Plaxis 3D. Определить максимальную нагрузку, которую выдерживает якорь в определенном типе грунта в программе Plaxis 3D.

В данной работе рассчитываются перемещения цилиндрического якоря диаметром 4 м и высотой 2 м, изготовленного из бетона класса В30 [1], который предназначен для удержания плавучего сооружения с вертикально туго натянутыми якорными связями – платформы типа TLP. Такие платформы удерживаются в месте эксплуатации с помощью системы натянутых тросов, которые требуют для необходимого удержания якорей, устанавливаемых в грунте и способных воспринимать вертикальные и горизонтальные нагрузки от якорных связей.

Для выполнения вычислений в программе Plaxis 3D была создана модель рассматриваемого якоря [2] и модель грунта [3]. Рассматриваемая модель является статической постановкой задачи, динамические явления не учитываются, несмотря на наличие такой инструментальной возможности в программе [4, 5]. Данная постановка ранее успешно была применена для расчета аналогичной конструкции [6].

Методом последовательных итераций было определено, что максимальная нагрузка, которую выдерживает данный якорь 630 кН под углом 2% к горизонтали. Нагрузка принята равномерно распределенной (рис. 1).

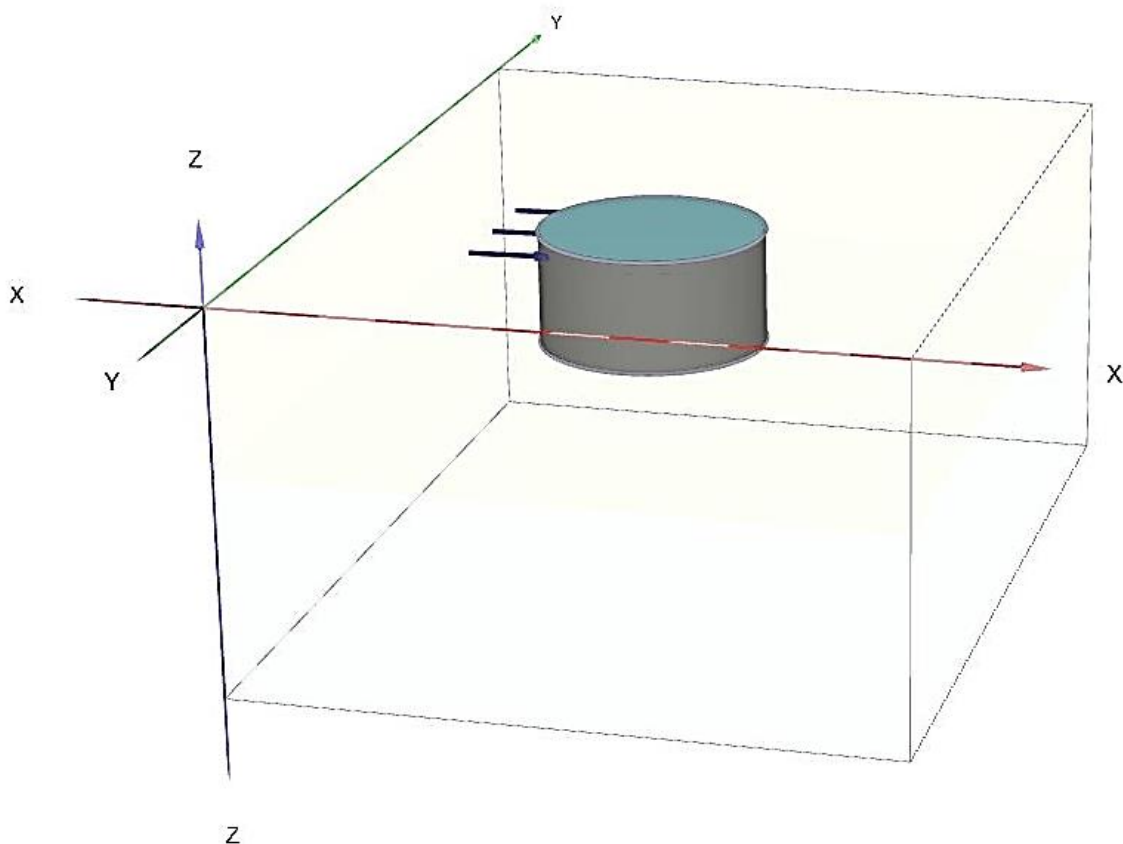


Рис. 1. Задание модели якоря и нагрузки на него в программе Plaxis 3D

Максимальные перемещения при такой нагрузке составили $9,01 \cdot 10^{-3}$ м (рис. 2). При этом отрыва якоря не происходит.

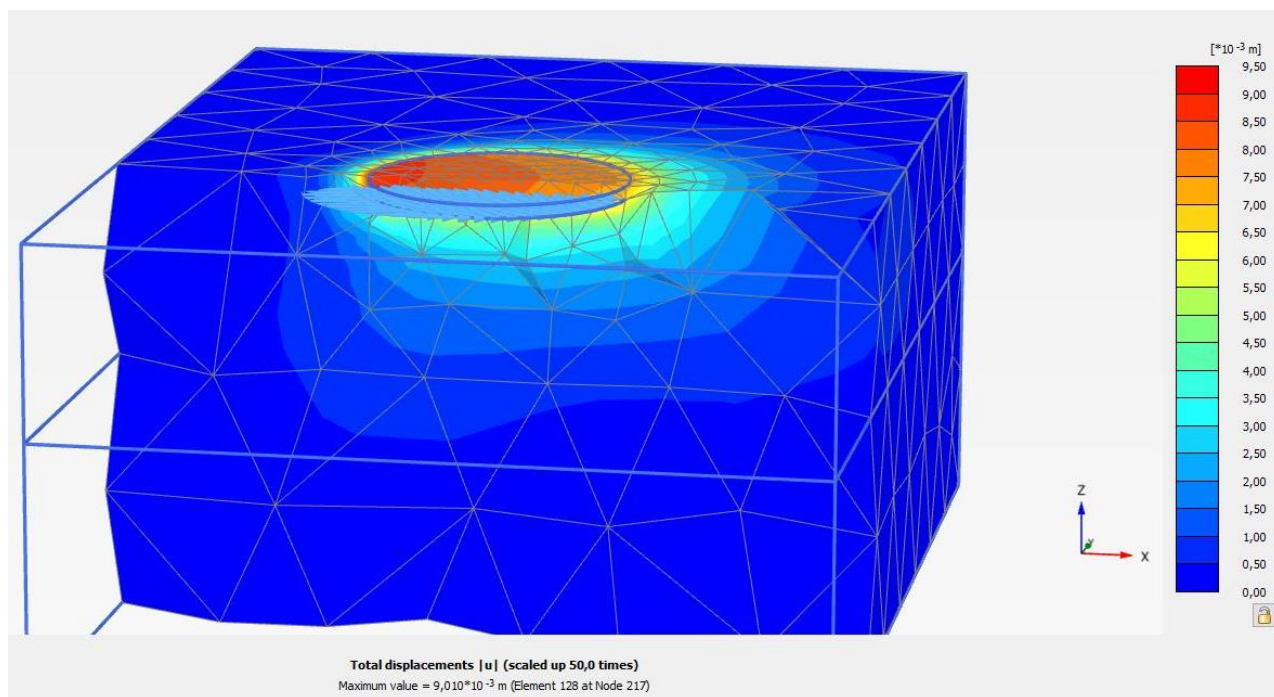


Рис. 2. Расчёт максимальных перемещений

Вывод: Проведенные в работе расчёты перемещений цилиндрического якоря из бетона позволили найти максимальную нагрузку, которую выдерживает якорь в определенном грунте без отрыва. Максимальная нагрузка была определена методом конечных элементов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ 25820-2014. Бетоны лёгкие. Технические условия. – Введ. 2015-07-01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 20 с.
2. ГОСТ 25496-82. Якоря повышенной держашей силы. Технические условия. – Введ. 1984-01-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 10 с.
3. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. – Введ. 2013-01-01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 85 с.
4. Крицук Л.А., Шарапов Д.А. Динамический расчет на сейсмическую нагрузку в PLAXIS 2D. Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 125–127.
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. Тяготин В.М., Шарапов Д.А. Расчет смещения якоря с помощью PLAXIS 3D. Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 94-96.
7. Plaxis 3D Foundation: Учеб. пособие. Версия 1 [Электр.ресурс]. URL: https://www.plaxis.ru/support/manual_supplement/

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ЭСТАКАДЫ НА СВАЯХ
С ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМ ВЕРХНИМ СТРОЕНИЕМ

Цель работы – создание и анализ математической модели эстакады для расчета и проверки устойчивости проектируемого сооружения с применением программного комплекса PLAXIS 2D.

Рассматриваемый участок расположен на северном берегу бухты Черного моря внутри акватории судоремонтного завода. Сооружение размещается вдоль существующего оградительного мола, в продолжение существующего глубоководного контейнерного причала.

Конструкция причала выполнена в виде эстакады на металлических сваях, выполненных из труб диаметром 1020×12 мм, с железобетонным верхним строением. Причал предназначен для обслуживания контейнеровозов типа СК-8000.

При проектировании конструкции данного типа необходимо проанализировать полное перемещение и устойчивость сооружения с учетом инженерно-геологических условий расчетного участка для дальнейших конструктивных решений, которые смогут увеличить показатели отдачи территории терминала. Для выполнения конечно-элементного расчёта напряжённо-деформированного состояния сооружений был использован программный комплекс PLAXIS 2D [1]. Данный программный комплекс широко используется для расчета морских сооружений аналогичных рассматриваемому [2, 3].

Выбранная расчетная схема – поперечный разрез, проходящий через прикордонный, средний и тыловой ряд секций. В ПК PLAXIS эстакада в виде высокого свайного ростверка представляется как единая математическая модель, состоящая из стальных труб, железобетонного верхнего строения, воды и грунтового массива. Свая из стальных труб 1020×12 мм [4] задавалась как плита с жесткостью на растяжении $EA = 7,6 \cdot 10^6$ кН и изгиб $EI_x = 9,65 \cdot 10^5$ кН·м². Железобетонная плита верхнего строения задавалась как плита с жесткостью на растяжение $EA = 4,32 \cdot 10^8$ кН и жесткостью на изгиб $EI_x = 1,44 \cdot 10^8$ кН·м². В расчетной схеме погружение свай задано на отметку минус 39 м.

В расчете использовалась упругопластическая модель грунтов Кулона-Мора. По результатам выполненных полевых и лабораторных исследований грунтов на рассматриваемом разрезе выделено 4 инженерно-геологических элементов (ИГЭ): суглинок щебенистый тяжелый текучепластичный (ИГЭ 5), суглинок щебенистый тяжелый мягкопластичный (ИГЭ 11), дресвяный грунт с суглинистым заполнителем полутвердой консистенции (ИГЭ 16), мергель средней прочности плотный неразмягчаемый (ИГЭ 17). Необходимые для расчета нормативные значения основных показателей физико-механических свойств грунтов представлены в таблице 1 [5, 6].

Таблица 1 – Нормативные значения основных показателей физико-механических свойств грунтов

Номер ИГЭ	Плотность, г/см ³	Угол внутреннего трения, град	Сцепление, кгс/см ²	Модуль деформации, МПа
5	19,1	14	12	6,3
11	19,5	16	18	9,8
16	21,4	31	22	30
17	25,3	31	22	30

Коэффициент Пуассона каждого из грунтов принят по методическим указаниям [7].

На плиту верхнего строения приложена равномерно распределённая нагрузка равная 30 кН/м^2 . Из созданной геометрической модели программа автоматически сгенерировала конечно-элементную сетку необходимую для выполнения расчета [8].

Расчеты проводились в несколько серий, результаты представлены на рисунках 1 и 2.

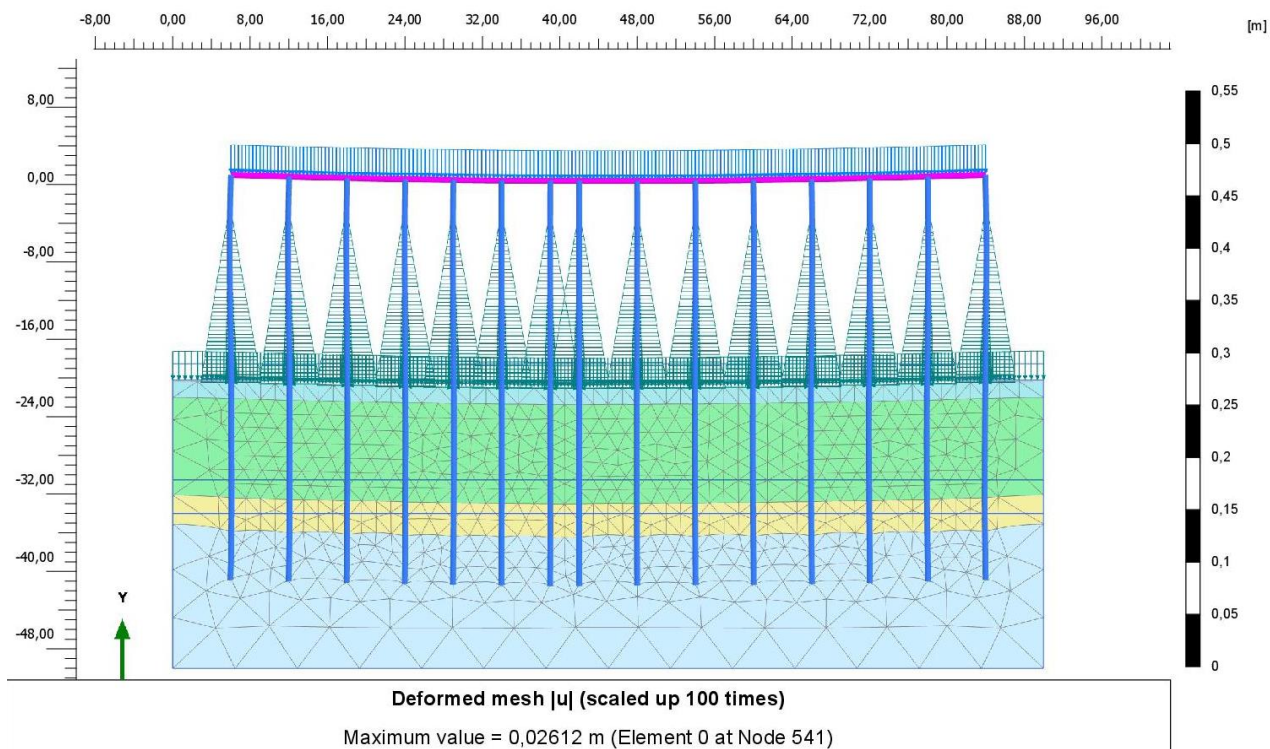


Рис. 1. Деформированная сетка конечных элементов

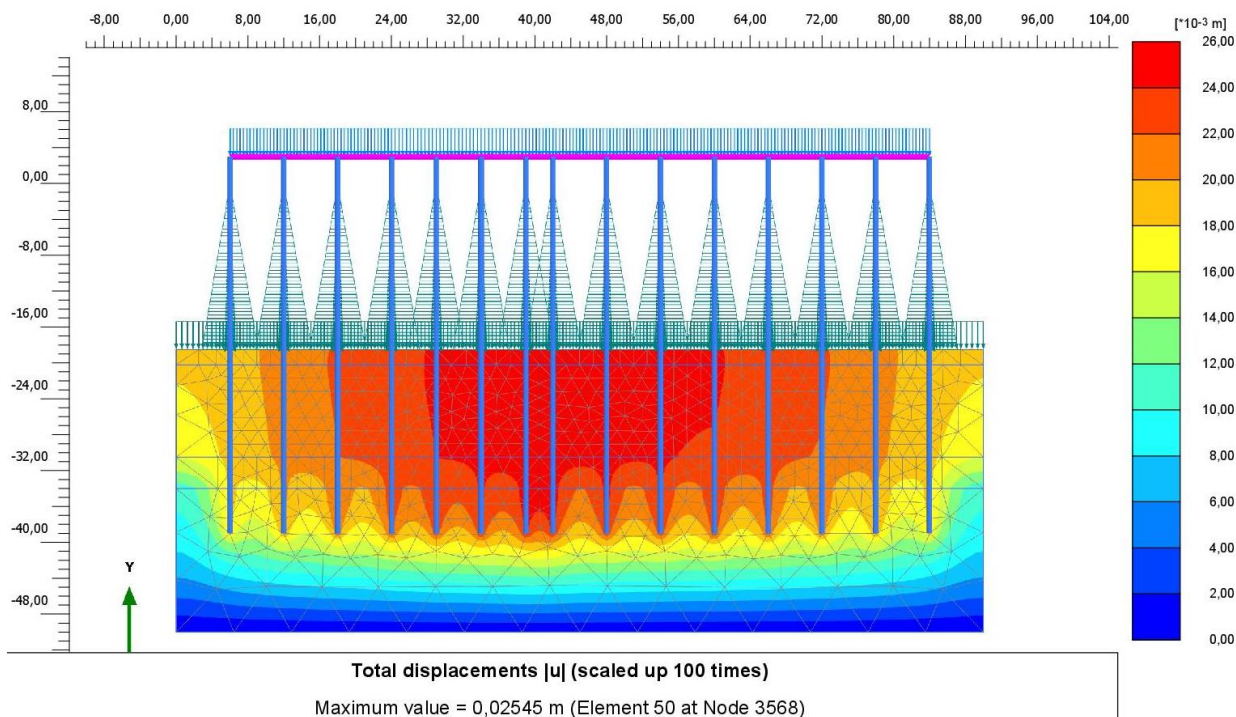


Рис. 2. Перемещения конструкции

В результате математического моделирования и расчетов с помощью ПК PLAXIS 2D определены: полное перемещение, составляющее $0,026 \text{ м}$ (рис. 1) и проблема оценки

устойчивости с учетом распределённой нагрузки (рис. 2). В результате расчета в ПК PLAXIS был определен коэффициент запаса устойчивости сооружения $k_s = 12,06$.

Вывод: полученные результаты расчета гарантируют устойчивость и безопасность данной конструкции, что обосновывает принятые проектные решения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. PLAXIS. 2D, V.20.3.060 Руководство пользователя.
2. Карпова А.А., Стрябкова Ю.В., Шарапов Д.А. Расчет бошверка в составе искусственного острова методом КЭ. Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 61–62.
3. Бучнев И.Д., Шарапов Д.А. Расчет оградительных сооружений порта «Бухта Север» в программном комплексе PLAXIS 2D. Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 92–94.
4. ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент.
5. Инженерно-геодезические изыскания, 2015 г.
6. ГОСТ 20522-2012. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний.
7. Камнев А.С. Лабораторные работы по инженерной геологии: учеб. пособие / А.С. Камнев. – СПб.: ВИТУ, 2006. – 110 с.
8. Ивахов И.И. PLAXIS – геотехнические расчеты / И.И. Ивахов // CADmaster. – 2002. – N 1. – С. 58–60.

УДК 627.037

А.С. Сумцова, Н.Д. Беляев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСА ИСКУССТВЕННОГО ОСТРОВА В ФИНСКОМ ЗАЛИВЕ

Цель работы – оценка устойчивости откоса искусственного острова в Финском заливе для выбранного варианта конструкции.

Искусственный остров – стационарное гидротехническое сооружение на открытой водной акватории (в морях, озёрах, реках), подобные острова создаются человеком, а не природой. Строятся из донных и береговых грунтов, естественного и искусственного льда, обломков скал, камня и т.п.; также искусственные острова могут образовываться из частей суши после строительства каналов [1].

Вопросы, связанные с сооружением комплекса искусственных островов в Финском заливе, рассматривались автором в рамках бакалаврской выпускной квалификационной работы. В рамках данного исследования была проведена оценка устойчивости откоса проектируемого сооружения.

В соответствии с п. 5.2.3 СП 116.13330.2012 расчет устойчивости выполняется при произвольных формах скольжения и принимает следующий вид [2]:

$$k_{st} \geq [k_{st}], \quad (1)$$

где k_{st} – расчетное значение коэффициента устойчивости; $[k_{st}]$ – нормированное значение коэффициента устойчивости склона.

Нормированное значение коэффициента устойчивости склона определяется по формуле:

$$[k_{st}] = \gamma_n \psi / \gamma_d, \quad (2)$$

где γ_n – коэффициент надежности по ответственности сооружения, принимается равным 1,15 для сооружений III класса ответственности при расчетах по первой группе предельных состояний [2]; ψ – коэффициент условий работы, принимается равным 1,0; γ_d – коэффициент условий работы, принимается равным 1,0.

Таким образом, нормированное значение устойчивости склона составляет 1,15.

Расчетное значение коэффициента устойчивости было получено в результате расчетов, проведенных в программе GeoStab 6.0. Было рассмотрено два случая:

1. Нагрузка от волнового воздействия и
2. Нагрузка от льда.

Определение параметров волнения проводилось для наиболее опасных направлений ветра: ЮВ, Ю, ЮЗ, З. Полученные в результате расчета параметры волнения для наихудшего случая (ЮВ направление) приведены в Таблице 1.

Таблица 1 – Параметры волнения [3]

Средняя высота волны, м	Длина волны, м	Период волны, с	Расчетная высота волны, м	Высота волны в системе, БС
Юго-восточный ветер, $V_w = 22,0$ м/с				
0,64	10,97	2,65	1,14	1,51

По результатам проверки устойчивости сооружения к размыву было выявлено, что максимальная донная скорость превышает допустимое значение скорости, что свидетельствует о необходимости проведения мероприятий по защите сооружения от размыва [3–5]. Однако, для проведения корректных расчетов по определению устойчивости сооружения необходимо определить дополнительно значения волновых и ледовых нагрузок.

В соответствии с [6–8] значение прочности ледового покрова при изгибе составило 0,6 МПа. При этом, горизонтальная составляющая ледовой нагрузки от воздействия движущегося ледяного поля определенная в соответствии с [6] – 0,055 МН.

Максимальное местное давление на откос от удара струи в момент обрушения волны определяется по формуле (3) [9]:

$$P_{Bmax} = 1,7\gamma \frac{v_A^2}{2g} \cos^2 \varphi, \quad (3)$$

где γ – удельный вес воды, принимается равным 10 кН/м^3 ; φ – угол между касательной к направлению струи в точке максимального давления и нормалью к откосу.

Эпюра волнового давления на откос (рис. 1) строится по точкам с давлением P_{Bmax} и с давлением, вычисленными для расстояний от точки B вверх до точек ξ_1 и ξ_2 и вниз до точек ξ_3 и ξ_4 , имеющими соответственно значения $0,4P_{Bmax}$ и $0,1P_{Bmax}$.

Эти расстояния по откосу равны:

$$\xi_1 = 0,025L; \xi_2 = 0,065L; \xi_3 = 0,053L; \xi_4 = 0,137L, \quad (4)$$

где L – расстояние, определяемое зависимостью (5).

$$L = \frac{m\lambda}{2\sqrt[4]{m^2 - 1}}. \quad (5)$$

где λ – длина волны, принимается равной 10,97 в соответствии с табл. 1; m – коэффициент заложения откоса.

Таким образом нагрузка от волнового воздействия принимает вид на рисунке 2.

За расчетный уровень воды предварительно принимается отметка +2,22 м БС. Отметка верха откоса на 2 м выше расчетного уровня воды. Коэффициент заложения откоса предварительно принят $m = 1,7$.

В качестве грунтов основания предварительно выбран песок преимущественно средней крупности ($c = 3 \text{ кПа}$, $\varphi = 30^\circ$, $\gamma = 20,6 \text{ кН/м}^3$), грунт засыпки – песок средней крупности ($c = 0 \text{ кПа}$, $\varphi = 26^\circ$, $\gamma = 20,6 \text{ кН/м}^3$).

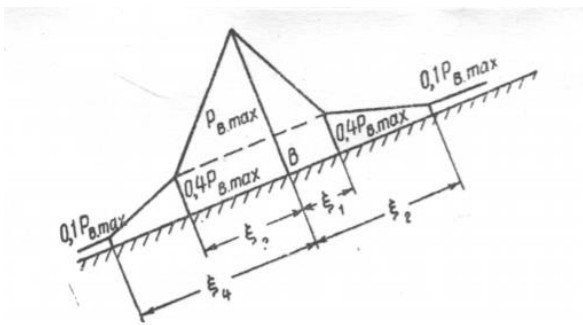


Рисунок 1. Эпюра волнового давления на откос в момент удара волны

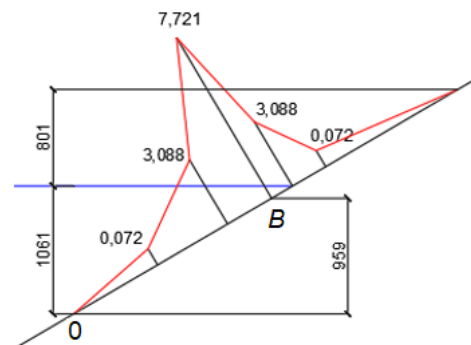


Рисунок 2. Эпюра волнового давления (все размеры даны в мм, значения нагрузок в кН/м²)

Расчет устойчивости проводился следующими методами: Бишопа; Касательных сил; Моргенштерна-Прайса; Спенсера; Феллениуса; Шахунянца; Ямбу. Расчетные коэффициенты запаса устойчивости для обоих расчетных случаев сведены в Таблицу 2.

Таблица 2 – Расчетные коэффициенты запаса устойчивости

Случай	Метод						
	Бишопа	Касательных сил	Моргенштерна-Прайса	Спенсера	Феллениуса	Шахунянца	Ямбу
1	1,101	0,948	1,142	1,098	0,942	0,986	0,938
2	1,082	0,921	1,081	1,077	0,922	1,055	0,916

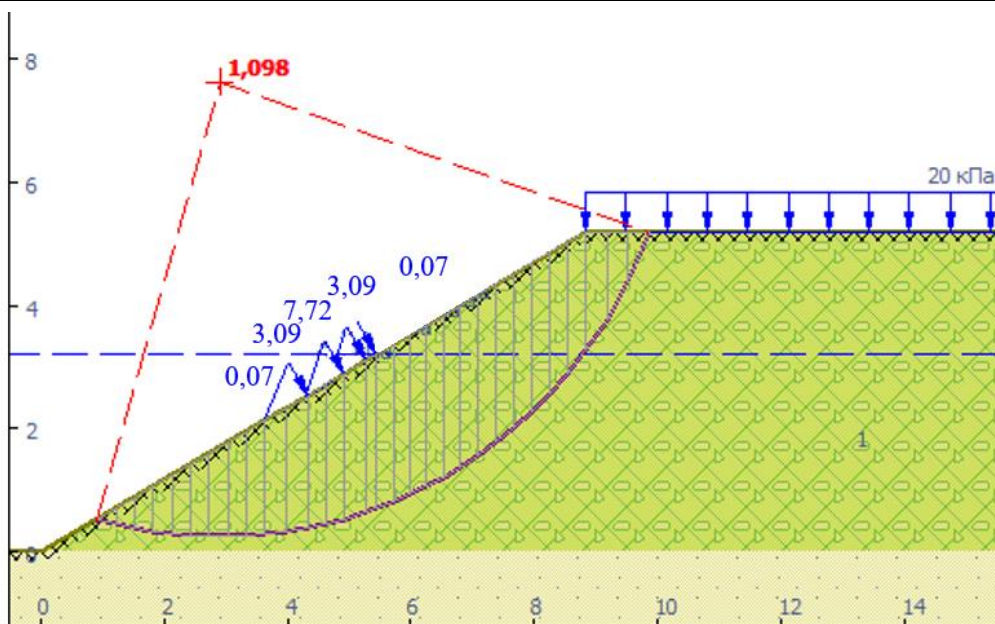


Рисунок 3. Потеря устойчивости откоса при расчете по методу Спенсера (значения нагрузок по эпюре давления приведены в кН/м²)

Расчетные значения коэффициента устойчивости, полученные различными методами, лежат в промежутке: для первого случая – от 0,938 до 1,142; для второго случая – от 0,916 до 1,082. Все полученные результаты меньше требуемого показателя, равного 1,15.

Таким образом, по итогам расчетов можно сделать *вывод*, что выбранный тип конструкции не будет устойчив на выбранных грунтах основания. Учитывая, что грунты основания выбраны предварительно, необходимо уточнить эти данные при дальнейших расчетах. В том случае, если конструкция продолжит терять устойчивость, необходимо будет предусмотреть крепление откоса, либо выбрать другой угол его заложения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Искусственный остров // Википедия. [2021]. Дата обновления: 27.05.2021. URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=1119222&oldid=114488096> (дата обращения: 17.02.2022).
2. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов.
3. Сумцова А.С. Комплекс сооружений в составе искусственного острова в Невской губе: выпускная квалификационная работа бакалавра. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, 2020.
3. СП 58.13330.2019 Гидротехнические сооружения. Основные положения.
4. 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 Политехн ун-та, 2014. С. 85-88.
5. Беляев Н.Д., Вилькевич В.В. Экспертиза технического состояния морских гидротехнических сооружений. Гидротехническое строительство. 2007. № 5. С. 37–45.
6. СП 38.13330.2018 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов).
7. Saeki, H. The Coefficients of Friction between Sea Ice and Various Materials Used in Offshore Structures / H. Saeki, T. Ono, N. Nakazawa et al. // Proc. of OTC, 1984a.
8. Лосет, С., Шхинек, К.Н., Гудмestad, О., Хойланд, К. Воздействие льда на морские и береговые сооружения. СПб.: Лань, 2010. 272 с.
9. Справочник по гидравлическим расчетам // Под ред. П.Г. Киселева. – М.: «Энергия», 1972. – 312 с.

УДК 699.822

А.Т. Сяде

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ
НА ОТКОСЕ ДАМБЫ С ГИДРОИЗОЛЯЦИЕЙ ГЕОМЕМБРАНОЙ

Цель работы – выявить параметры, оказывающие наибольшее влияние на устойчивость защитного слоя, размещенного поверх гидроизоляционного материала – геомембраны (ГМ).

Аналитическое решение

На рис. 1 представлена расчетная схема для откоса конечной длины, где слой грунта равномерной толщины уложен на геомембрану. Анализ его устойчивости проводится методом предельного равновесия [1].

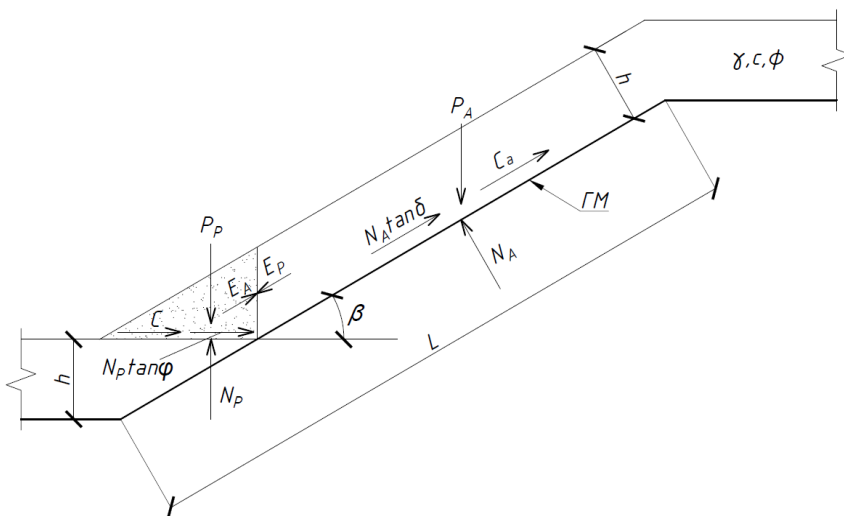


Рис. 1. Гравитационные силы, действующие на откос

Вычислим коэффициент устойчивости для откоса длиной $L = 31,6$ м (дамба высотой 10 м) с заложением 1:3 ($\beta = 18,4^\circ$), покрытого защитным слоем грунта с удельным весом $\gamma = 17$ кН/м³ толщиной $h = 500$ мм. Грунт представлен песком с углом внутреннего трения $\varphi = 27^\circ$ и сцеплением $c = 0$. Значение угла трения между грунтом и геомембраной примем $\delta = 22^\circ$ [2, 3], сцепление между грунтом и ГМ $c_a = 0$.

Рассмотрим силы активного давления, возникающие в откосе, и спроецируем их на вертикальную ось:

$$E_A = \frac{K_{уст}(P_A - N_A \cos \beta) - \sin \beta (N_A \operatorname{tg} \delta + C_a)}{K_{уст} \sin \beta}.$$

Аналогичным образом проецируем силы пассивного давления на горизонтальную ось:

$$E_P = \frac{C + P_P \operatorname{tg} \varphi}{K_{уст} \cos \beta - \sin \beta \operatorname{tg} \varphi}.$$

Так как $E_A = E_P$, итоговое уравнение можно представить в виде квадратного уравнения

$$a(K_{уст})^2 + b(K_{уст}) + c = 0,$$

где $a = (P_A - N_A \cos \beta) \cos \beta$;

$b = -[(P_A - N_A \cos \beta) \sin \beta \operatorname{tg} \varphi + (N_A \operatorname{tg} \delta + C_a) \sin \beta \cos \beta + \sin \beta (C + P_P \operatorname{tg} \varphi)]$;

$c = (N_A \operatorname{tg} \delta + C_a) (\sin \beta)^2 \operatorname{tg} \varphi$.

Коэффициент устойчивости откоса вычисляется как корень квадратного уравнения:

$$K_{уст} = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}.$$

Вычисляем a , b , c и подставляем в квадратное уравнение, получаем: $a = 24,1$ кН/м; $b = -34,4$ кН/м; $c = 5,0$ кН/м; $K_{уст} = 1,27$.

Проводя аналогичный расчет для защитного слоя толщиной 1000 и 1500 мм, получаем коэффициенты устойчивости, равные 1,33 и 1,40 соответственно.

Нормативный коэффициент устойчивости для гидротехнических сооружений зависит от их класса, сочетания нагрузок и периода эксплуатации [5], но не может быть менее 1, т.к. это означает потерю устойчивости откоса.

Решение в PLAXIS 2D

Программный комплекс PLAXIS 2D основан на методе конечных элементов, а для расчета устойчивости в нем используется метод снижения прочности. В качестве расчетной модели грунтов была принята упругопластическая модель Мора-Кулона.

На рис. 2 представлена расчетная схема для откоса, аналогичного описанному ранее. Результат расчета показывает поверхность обрушения для наиболее слабого элемента сооружения (рис. 3).

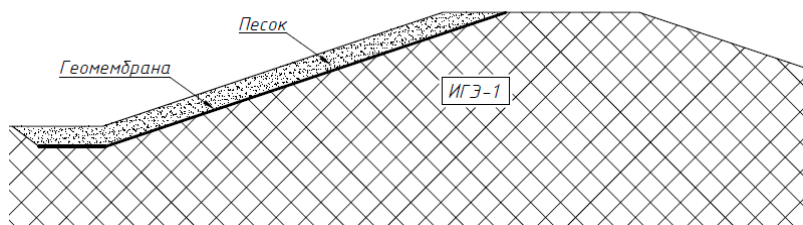


Рис. 2. Расчетная схема для вычисления коэффициентов устойчивости

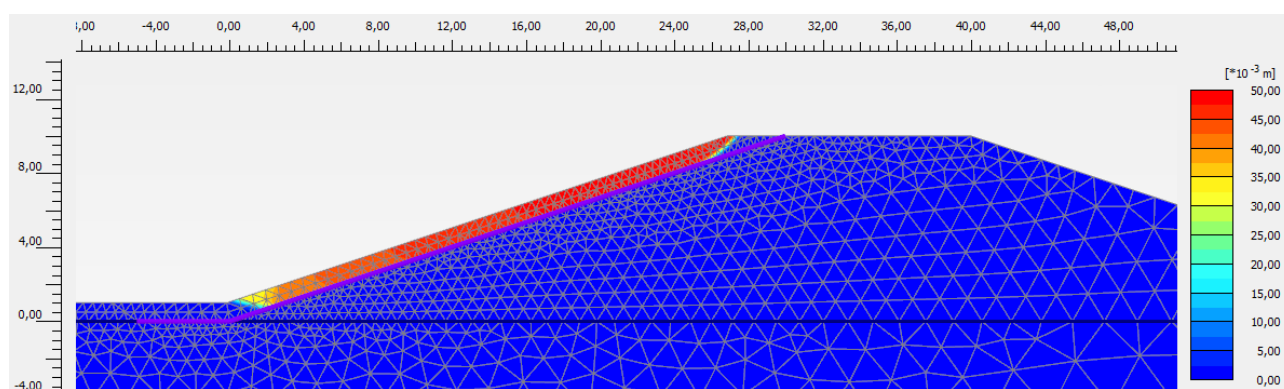


Рис. 3. Положение поверхности обрушения защитного слоя откоса

В таблице 1 приведены результаты в сравнении с аналитическим решением.

Таблица 1 – Коэффициенты устойчивости

Вид расчета	Коэффициент устойчивости		
	$h = 500$ мм	$h = 1000$ мм	$h = 1500$ мм
Аналитический расчет	1,27	1,33	1,40
Расчет в PLAXIS 2D	1,25	1,32	1,38

Влияние исходных данных на коэффициент устойчивости

Для того, чтобы определить, какие из исходных параметров откоса оказывают наибольшее влияние на коэффициент устойчивости, построим графики (рис. 4-6). Для этого варьируем значения одного из заданных параметров, оставляя остальные постоянными.

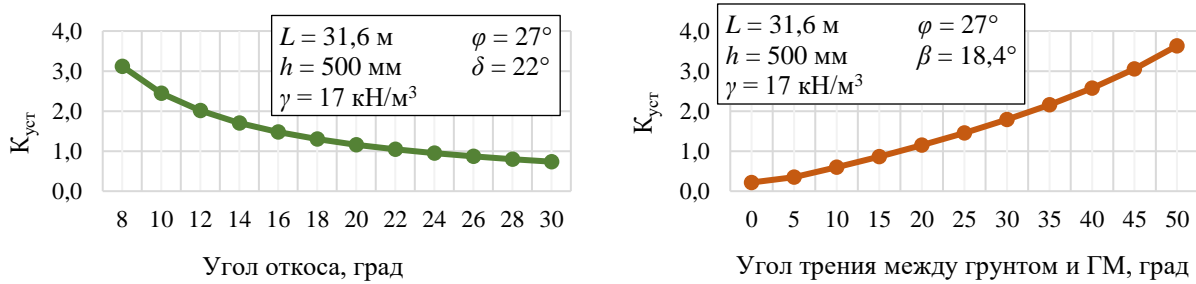


Рис. 4. Графики зависимости $K_{уст}$ от β и δ

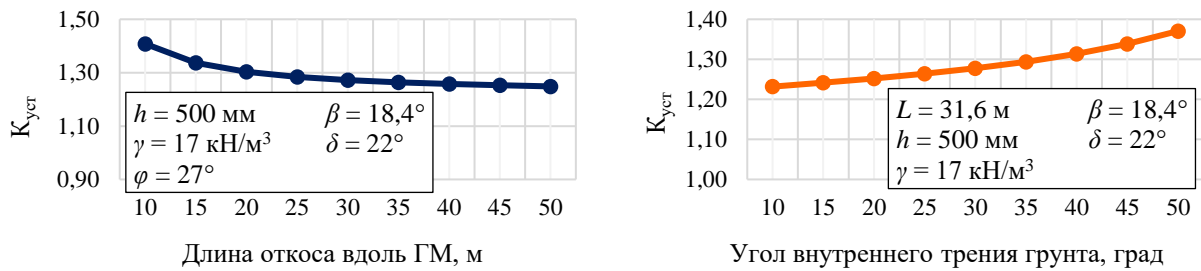


Рис. 5. Графики зависимости $K_{уст}$ от L и φ

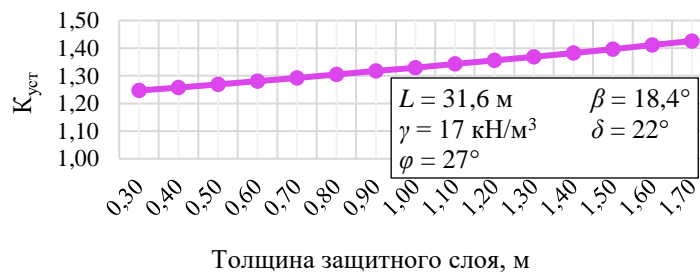


Рис. 6. График зависимости $K_{уст}$ от h

Анализируя полученные зависимости, вычисляем, что для повышения коэффициента устойчивости на 10 % (например, с 1,25 до 1,375) необходимо:

- снижение β на 8,1 %;
- либо увеличение δ на 9,2 %;
- либо уменьшение L на 75,4 %;
- либо увеличение φ на 159 %;
- либо увеличение h на 286 %.

Таким образом, можно сделать следующие *выводы*:

1. Решающее значение при проектировании откоса имеют угол откоса β и угол трения между грунтом и геомембраной δ , даже незначительное колебание величин которых влечет за собой видимое повышение или понижение коэффициента устойчивости.
2. Следовательно, точность определения δ при лабораторных испытаниях играет критическую роль при выборе оптимальных материалов для проектирования.
3. Потребность в геосинтетических материалах с повышенным коэффициентом трения приведет к росту предложения на рынке, однако производителям следует не только уделять внимание разнообразию и объемам продукции, но и проводить испытания надлежащего качества и контроля.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Koerner R.M., Hwu, B.-L. Stability and tension considerations regarding cover soils on geomembrane lined slopes // Geotextiles and Geomembranes. – 1991. – Vol. 10. – № 4. – P. 335–355.
2. Koerner R.M. Designing with Geosynthetics – 6th Edition Vol. 1. / Koerner R.M. – Xlibris US, 2012. – P. 528.
3. ГОСТ 12248.1-2020 Определение характеристик прочности методом одноплоскостного среза.
4. Koerner R.M. Designing with Geosynthetics – 6th Edition Vol. 2. / Koerner R.M. – Xlibris US, 2012. – P. 440.
5. СП 58.13330.2019 Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003.

УДК 626/627

С.О. Хлопотова, И.Е. Фролова, Н.П. Лавров
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЫБОР ТИПА И ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВОДОЗАБОРНОГО СООРУЖЕНИЯ ДЕРИВАЦИОННОЙ ГЭС НА Р. ЧОН-КЕМИН, КЫРГЫЗСТАН

Введение. В последнее пятилетие от Нарынского каскада ГЭС на север Кыргызстана была построена ЛЭП-500 «Датка – Кемин». Однако, в связи с развитием горнорудных предприятий и отрасли туризма потребность в электроэнергии на востоке Чуйской долины и в Иссык-Кульской котловине сохраняется. Перспективным также является экспорт электроэнергии в близлежащий Казахстан. Горная река Чон-Кемин, являющаяся притоком реки Чу, обладает достаточными гидроэнергетическими ресурсами для строительства гидроэлектростанции деривационного типа.

Головные водозаборные сооружения (ВС) являются одной из наиболее ответственных конструкций гидроузлов малых деривационных ГЭС. От их работы зависит бесперебойная подача воды к станционному гидроузлу. Кроме того, здесь осуществляется регулирование расхода воды в деривацию, сброс излишков воды в нижний бьеф, очистка речной воды от наносов, шуги, льда и мусора. Выбор типа и обоснование конструкции водозаборного сооружения для деривационной ГЭС на р. Чон-Кемин будет осуществляться в соответствии с этими критериями.

Типы водозаборных сооружений, применяемые на реках Центральной Азии. На реках Центральной Азии согласно классификациям Н.П. Алтунина, Я.В. Бочкарева, А.В. Филончикова, Н.П. Лаврова и Г.И. Логинова нашли применение следующие основные типы водозаборных сооружений: Индийский, Европейский, Грузинский, Ферганский, Тирольский, Киргизский, Тяньшаньский и Славянский тип водозабора [1, 2, 3, 5]. Первые три типа водозабора применялись преимущественно на долинных реках с небольшим уклоном дна (до 0,008), тогда как средневзвешенный уклон реки Чон-Кемин в районе с. Шабдан (в 20 км выше районного центра пос. Кемин) составляет 0,011.

Тирольский решетчатый тип ВС отличается расположением водоприемника в виде горизонтальной решетки на средневзвешенных отметках дна русла и устройством донной водоприемной галереи [1–3]. На сооружении такого типа, эксплуатируемом на водозаборе Кара-Балтинской деривационной ГЭС, несколько раз паводковым потоком срывало плоские затворы, перекрывающие речной пролет ВС. Кроме того, водоприемная галерея входная решетка которой расположена на уровне дна потока, быстро заиливалась наносами.

Киргизский тип водозабора имеет массивный наносозащитный порог, а Тяньшаньский тип – порог в виде водослива с тонкой стенкой криволинейного очертания. По этому типу устроены водозаборные сооружения на реках Чон-Аксуу (автор Г.В.Соболин), Кегеты (автор И.К.Рудаков) [1, 2]. Недостатком этих сооружений является то, что вода в них забирается в отводящий канал через гребень водосливов, т.е. из верхних слоев потока. Следовательно, в морозный период эти верхние слои либо полностью перемерзают, либо несут большое количество кристалликов шуги, которые забивают регуляторы деривации. По существу, сооружения этих типов могут эксплуатироваться только в безморозный период, который в горной местности (для рассматриваемого водозабора абсолютные отметки земли превышают 1700 м) заметно меньше, чем в долинах.

Учитывая условия работы выше названных водозаборов, выбор в данных условия логично остановить на Славянском типе водозабора, т.е. на водозаборном сооружении для деривационных ГЭС (ВСДГ), конструкция которого разработана в Кыргызско-Российском Славянском университете А.И. Рохманом, Н.П. Лавровым, Г.И. Логиновым [2–5]. Сооружение типа ВСДГ построено в 2008 г. для малой ГЭС Иссык-Ата в Киргизии и в 2010 г. на реке Мерке в Казахстане. Конструкция ВСДГ показана на рис. 1.

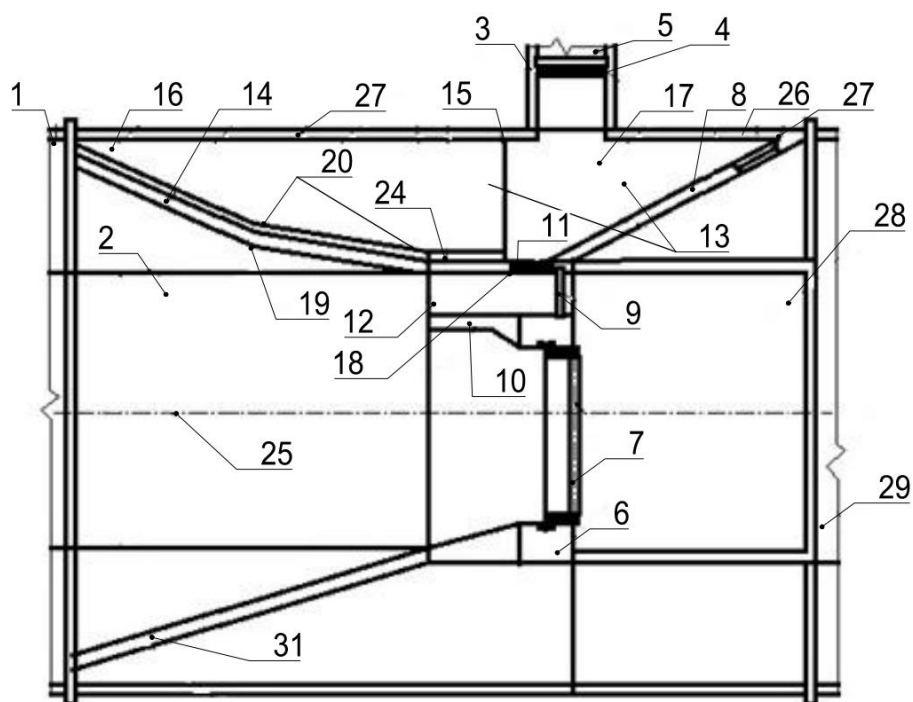


Рис. 1. Компонентная схема водозаборного сооружения для деривационной ГЭС (ВСДГ)

Основные технологические операции водозабора и обоснование конструкции ВСДГ.

Известные эксплуатационные требования к водозабору из горных рек [1, 2, 4] обеспечиваются в выбранной конструкции водозаборного сооружения следующими технологическими операциями:

1) осуществление необходимого водоотбора в теплый период года обеспечивается из поверхностных горизонтов речного потока путем создания авторегулятором уровня 7

подпора в верхнем бьефе 2. При этом забор воды вначале осуществляется через гребень наносозащитного порога 14 в водоприемную камеру 13, а затем поступление воды в деривацию 5 регулируется стабилизатором расхода воды 4. В зимний период отбор воды производится из придонных горизонтов потока через отверстие зимнего водозабора 18 с поверхностным отводом и сбросом шуголедовых образований в нижний бьеф через гребень сдвоенного затвора 9 в конце промывного тракта 12 [2, 4];

2) эффективная противонаносная защита, предотвращающая поступление речных наносов к турбинам ГЭС, осуществляется в выбранной конструкции ВСДГ в три этапа. На первом этапе создается поперечная циркуляция воды на участке подводящего русла 1 с помощью криволинейного зарегулированного участка. На втором этапе формируется интенсивная циркуляция воды перед водоприемником 13 путем создания локального придонного циркуляционного винта наносозащитным порогом 14. Третий этап противонаносной защиты осуществляется путем осаждения проникших в деривацию 5 наносов в отстойнике с периодическим промывом наносов [2, 4].

3) беспрепятственный пропуск в нижний бьеф ВС паводковых расходов в данной конструкции осуществляется по всему подпорному фронту сооружения, т.е. через авторегулятор уровня верхнего бьефа 7, установленный на речном пролете сооружения. Кроме того, в период паводка происходит перелив потока в нижний бьеф через автоводослив 21, пороги водоприемника 8 и 14, а также через верх сдвоенного затвора 9 промывного тракта 12. Если суммарная пропускная способность этих водопропускных устройств окажется недостаточной для пропуска расчетного паводка реки, следует предусмотреть сооружение боковой размываемой дамбы в русле реки (плавкой вставки) либо решетчатой водоприемной галереи;

4) транспорт речных наносов в нижний бьеф сооружения выполняется по промывному тракту 12 из-под полотнища сдвоенного затвора 9. Часть наносов сбрасывается в нижний бьеф также под затвором авторегулятора уровня 7. Сброс шуги и льда, кроме речного пролета 7, осуществляется через промывной тракт и гребень сдвоенного затвора 9. Плавник сбрасывается из верхнего бьефа также через гребень сдвоенного затвора 9 и через автоводослив 21 [2–4].

5) гашение энергии транзитного потока и предотвращение сбойных течений и размывов в нижнем бьефе ВС осуществляется в водобойном колодце 28, имеющем обратный уступ перед отводящим руслом реки 29.

6) устойчивость флютбета нижнего бьефа ВС к местным размывам обеспечивается за счет гашения энергии в водобойном колодце 28. Недопущение завала наносами концевой части водозаборного сооружения обеспечивается созданием достаточных транспортирующих скоростей потока в нижнем бьефе;

7) учет и контроль расходов и объемом воды, подаваемых из ВС потребителю, т.е. гидростанции с учетом потерь на фильтрацию в деривации осуществляется стабилизатором расхода воды 4, например, типа ССКЩ (Секционный ступенчатый коробчатый щит), установленном на водоприемном оголовке 3 деривационного канала и обладающем водомерными свойствами [2, 4];

8) для обеспечения пропуска рыбы на нерест из нижнего бьефа водозаборного сооружения в верхний предусматривается строительство рыбохода лоткового или лестничного типа в обход ВСДГ [3, 5]. Нами предлагается устраивать боковые стенки и днище этого рыбопропускного сооружения не из бетона, а из булыжника или из габионов;

9) надежность, простота и удобство в эксплуатации ВС при всех режимах работы гидроузла обеспечиваются применением средств гидравлической автоматизации процессов водозабора. К ним относятся авторегулятор уровня верхнего бьефа 7 прислонного типа и стабилизатор расхода

воды 4, обеспечивающих автоматическое поддержание постоянного уровня воды в верхнем бьефе ВСДГ и подачу необходимого дискретного расхода воды в деривацию [2, 4, 5].

Следует отметить, что окончательный тип и конструкция ВС принимается с учетом гидрологических, топографических и морфометрических условий местности на основе технико-экономического сравнения вариантов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Филончиков А.В. Проектирование автоматизированных водозаборных узлов на горных реках. – Фрунзе: Кыргызстан, 1990. – 371 с.
2. Гидротехнические сооружения для малой энергетики горно-предгорной зоны/ Под ред. Н.П.Лаврова. – Бишкек: и.д. «Салам», 209. – 504 с.
3. Бухарцев В.Н., Лавров Н.П. Речные гидротехнические сооружения. Водозаборные и деривационные гидроузлы. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 112.
4. Vatin N., Lavrov N., Loginov G. Processes at Water Intake From Mountain Rivers into Hydropower and Irrigation Systems// Article (PDF Aviable) in Matec Web of Conferences 73:01006. January 2016/ DOI: 10.1051/ mateconf/ 20167301006
5. Абдылдаев Э.А., Лавров Н.П. Основы гидравлического расчета конструкции водозаборного сооружения деривационной ГЭС Иссык-Ата-2 в Кыргызстане// Неделя науки СПбПУ: ИСИ, СПб: Политех-Пресс, 2018. С. 3–5.

УДК 627.41

Н.А. Чайников

Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого

РЕМОНТ БЕРЕГОУКРЕПЛЕНИЯ СУХОГО ПРУДА – ЭЛЕМЕНТА ВОДОПОДВОДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ ПЕТЕРГОФА

Актуальность работы. Восстановление разрушений Великой Отечественной войны происходит и в период 2000-2020-х гг. в условиях активного развития заброшенных территорий с воссозданием разрушенных и вовсе утраченных объектов, с соблюдением требований современного законодательства. Дворцово-парковый ансамбль Государственного музея-заповедника «Петергоф» был практически стерт с лица земли, превращен в руины, но восстановлен и продолжает восстанавливаться в его былом великолепии. Гидротехнические сооружения ГМЗ «Петергоф» – мосты, пруды с берегоукреплением, каналы, фонтаны и прочее, – являются элементами исторической архитектурно-ландшафтной среды. Исторически объекты полифункциональны: они являются накопителями (резервуарами), обеспечивающими бесперебойную работу фонтанов, но также они представляют собой уникальные объекты в особом архитектурно-художественном стиле, решении, используемых материалах и конструкциях, представляющих историко-культурную ценность.

Метод исследования основан на сборе архивно-библиографических материалов по объекту, анализе планов пруда различных исторических периодов, анализе промеров глубины пруда, шурфов берегового откоса, конструкций и состояния берегоукрепления, гидрологического режима, выполненных в период проведения комплексных научных исследований и разработки проекта на ремонт, а также натурном и визуальном обследовании пруда, выполненных автором работы в процессе работы над материалом.

Целью работы является установление технического состояния пруда, направление работ по его восстановлению, их обоснованность относительно объекта-памятника, соответствие работ нормам действующего законодательства в отношении памятников.

Сухой пруд, как часть водоподводящей системы фонтанов Петергофа, представляет собой резервуар для накопления воды, поступающей из Верхнесадского канала [1]. Пруд обеспечивает

питанием фонтаны западной части парка, наполняя при этом другие накопители – Евинский и Песочный пруды с помощью трубо-переездов, оборудованных шибберной задвижкой.

Пруд появился в результате перестройки некогда существовавшей Евинской канавки, которая не обеспечивала водой верхние пруды парка при длительной эксплуатации фонтанов из-за гидравлического сопротивления в руслах канавок и шлюзах и значительных потерь энергии. Пруд изначально получил название Нового, а впоследствии стал Сухим, так как на зиму осушался.

Сведений о ремонтах пруда немного, но Верхнесадский канал ремонтировался регулярно: в конце XIX века деревянные шлюзы на протяжении водоподводящей системы заменялись на каменные и бетонные с применением на трубах затворов кингстонного типа, берега укреплялись булыжной вымосткой на всю высоту, что позволяет предположить, что подобные поддерживающие работы велись и на Сухом пруду [2, 3].

В годы Великой Отечественной войны пруд получил значительные повреждения: разрушены оба шлюза (нижний заменили временной перемычкой), дно повреждено в четырех местах, отводящая труба вышла из строя [4]. В период масштабных восстановительных работ в Петергофе в 1960-1970-е годы пруд и шлюзы восстановили с изменением конструкции шлюзов. Работы осуществлялись в нелегких для страны условиях: экономический кризис, дефицит профессиональных кадров, сжатые сроки и прочее. Именно поэтому при ремонте оголовка водоотводящей трубы использовался разнородный кирпич под оштукатуривание, а конструкции сороудерживающих решеток в пруду и в канале имеют сварные элементы.

В процессе эксплуатации пруд неоднократно очищался от ила и мусора, но к моменту обследования пруда в 2013-2014 гг. мощность дна и берегов обнаружено не было. Состояние шлюзов требовало ремонта. Зеленые насаждения по периметру нуждались в мероприятиях по их сохранению, восстановлению выпадов.

Техническое состояние пруда, установленное в результате натурного обследования, требовало разработки конструктивных решений по ремонту с учетом исторических особенностей самого пруда и его окружения, а также всей водоподводящей системы.

В результате работы по данному исследованию не выявлено научных трудов по аналогичным объектам, в том числе, за последние десятилетия. Объясняется это уникальностью водоподводящей системы Петергофа, подтверждая актуальность данного исследования. Выявленные исследования в большей степени посвящены природно-экологическим проблемам, проблемам нарушения гидрологического режима местности и прочее. Исследование исторических прудов, являющихся накопителями для фонтанов, а также объектами культурного наследия, а не природного – в общедоступных источниках международной и отечественной научно-информационной, аналитической базы не выявлено.

Международные источники выявили работы на прудах, направленных на борьбу с наводнениями, восстановление водотока для защиты водоприемников ниже по течению, исключению размывов берегов каналов, как на пруду в парке г. Роквилл, штат Мэриленд [5]. Работа чешских специалистов посвящена восстановлению утраченных (осушенных) в XVIII-XIX веках прудов в рамках расширения городских территорий. Восстановление прудов предлагается на основе исторических планов, карт и современных методов 3D-реконструкции [6, 7]. Проект восстановления ручья Джонс в г. Юпитер штата Флорида несколько схож с объектом исследования – пруд расположен в зоне водного заповедника реки Локсахатчи, работы направлены на восстановление береговой линии пруда за счет естественной растительности, последующее использование пруда в образовательных и рекреационных целях и возможностях района [8].

В результате исследования установлено, что проектные решения по капитальному ремонту Сухого пруда приняты на основании результатов комплексного научного исследования исторического гидротехнического сооружения (табл.).

Сравнительный анализ объекта исследования

№ п/п	Элемент объекта, эскиз / иллюстрация	Исторические сведения (исполнение)	Техническое состояние	Проектное решение
1	Габариты, конфигурация Сухого пруда	Прямоугольник со сторонами: около 80 м и около 100–110 м	Почти прямоугольник со сторонами по бровкам: северной – 80 м, южной – 75 м, восточной – 100 м, западной – 120 м	Планировка и подсыпка откосов, выведение геометрии пруда (исторической)
2	Берегоукрепление Сухого пруда	Мощение берегов булыгой и рядовая посадка липы мелколистной	Мощение берегов не обнаружено. По периметру пруда частично сохранилась историческая посадка липы мелколистной	Берегоукрепление булыжным камнем в области переменного уровня воды
3	Уровень воды в Сухого пруду	Проектный, исторический	Переменный от +18.60 до +18.00, снижается в течение дня, за ночь пруд наполняется до исходных отметок	Подсыпка в зоне подтапливаемого берега с учетом произрастания рядом липы мелколистной
4	Берега / откосы Сухого пруда	Мощение берегов булыгой	Мощение берегов не обнаружено	Берегоукрепление булыжным камнем в области переменного уровня воды
5	Дно Сухого пруда	Мощение дна булыжное	Мощение дна не обнаружено	Дноочистка от ила и мусора. Восстановление булыжного мощения дна пруда

Выводы. Успешная реализация принятых проектных решений по ремонту Сухого пруда в целом подтверждает их правильность:

1. Решения по комплексу ремонтно-восстановительных работ на объекте приняты в соответствии с действующим законодательством в сфере сохранения памятников, а также с учетом его типа – гидротехническое сооружение.
2. Работы направлены на сохранение элемента уникального объекта культурного наследия федерального значения – водоподводящая система фонтанов Петергофа.
3. Восстановление геометрии и габаритов пруда способствуют восстановлению историко-архитектурной среды района, способствуют повышению туристической привлекательности исторического района.
4. Ремонт и восстановление Сухого пруда свидетельствуют о ценности наследия, о потребности современников сохранить достояние предков и передать его потомкам.
5. Работы по ремонту и восстановлению пруда выполняются в соответствии с традиционной практикой ленинградской школы реставраторов, цель которых «восстановить в первоначальном виде сильно разрушенный памятник» [9].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Архив ГМЗ «Петергоф» ПДМП № 4621/9-ар.
2. Архив ГМЗ «Петергоф» ПДМП № 4972-ар.
3. Архив ГМЗ «Петергоф» ПДМП № 5075-ар.
4. Архив ГМЗ «Петергоф» ПДМП-П-19, инв. № 5495.

5. Pond Reconstruction to Mitigate Flooding and Erosion. Terms & Privacy Policy. Hazen and Sawyer. 2012. [accessed 25 Jun, 2021].
6. Reconstruction of extinct ponds using old maps, historical cadastres and the Digital Terrain Model of the Czech Republic of the 5th Generation – Scientific Figure on ResearchGate. Acta Universitatis Palackianae Olomucensis – Geographica, Vol. 44, No. 1, 2013, pp. 59-69. [accessed 25 Jun, 2021].
7. Jindřich Frajer, Renata Pavelková, Aleš Létal & Jan Kopp (2020) Relics and transformation of former ponds in the urban environment of the historical region of Bohemia (Czech Republic), Journal of Maps, DOI: 10.1080/17445647.2020.1819900
8. Jones Creek Restoration Improves Water Quality and Reduces Flooding. [accessed 25 Jun, 2021].
9. Кедринский А.А. Основы реставрации памятников архитектуры. Обобщение опыта школы ленинградских реставраторов. – М.: Изобраз. искусство, 1999. 184 с.: ил.

УДК 69.07

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

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРИЧАЛЬНОГО СООРУЖЕНИЯ В ПОРТУ АРХАНГЕЛЬСКА

Введение. В связи с постоянно растущей потребностью в транспортировке грузов, Северный морской путь становится все более перспективным проектом освоения Арктической зоны Российской Федерации. Существующие причалы на Гыданском полуострове в районе месторождения не позволяют принимать морские суда, альтернативным вариантом, позволяющим принимать морские суда, может быть порт Архангельска.

Архангельская область предлагает использовать мощности крупных верфей Северодвинска по изготовлению и сборке технологических модулей в рамках морской части проекта «Арктик СПГ-2», занимающейся строительством платформ на железобетонном основании.

Вблизи портовых территорий в Архангельске расположено значительное количество свободных производственных площадок и налажено транспортное сообщение по морю между Архангельском и Мурманском, поэтому имеется возможность разместить сборочные производства элементов и ярусов технологических и вспомогательных модулей верхних строений платформ в рамках проекта «Арктик СПГ-2» [1].

В целях увеличения пропускной способности причалов, повышения производительности и улучшений условий труда, продления срока службы сооружений, обеспечения требований охраны окружающей среды путем увеличения глубины у причала, повышения категории эксплуатационных нагрузок и восстановления несущей способности производится реконструкция или усиление причальных сооружений.

Реконструкция – комплекс мероприятий, обеспечивающих повышение или восстановление эксплуатационных характеристик причалов путем изменения конструктивной схемы существующего сооружения [2].

Цель и задачи исследования. Целью данного исследования является рассмотрение вариантов реконструкции и/или усиления причального сооружения с целью увеличения его грузооборота.

Основными задачами исследования являются:

- подбор двух вариантов реконструкции и/или усиления сооружения;
- расчет вариантов реконструкции и/или усиления в программном комплексе PLAXIS, с обеспечением несущей способности и устойчивости сооружения;
- выбор наиболее эффективного варианта реконструкции причального сооружения.

Методы исследования. В данной работе произведены сравнительные расчеты, обосновывающие применение предложенного варианта реконструкции и/или усиления причального сооружения.

Результаты.

Причал расположен на правом берегу реки Северная Двина г. Архангельск. Первоначально причал представлял собой деревянную свайную конструкцию с верхним строением в виде ряжа. В настоящее время обследуемый причал представляет собой набережную конструкции типа заанкеренный больверк. От старой конструкции оставлен частокол деревянных свай в качестве экранирующего элемента.

Грунты основания по расчетному геологическому разрезу сверху вниз:

- крупнозернистый намывной песок ($\varphi = 35^\circ$, $c = 0,0$ кПа, $\gamma = 11$ кН/м³) – до отметки минус 5,0 м;
- песок мелкий с прослойками ила и суглинка ($\varphi = 25^\circ$, $c = 1,0$ кПа, $\gamma = 10$ кН/м³) – до отметки минус 8,0 м;
- песок среднезернистый с прослойками ила и суглинка ($\varphi = 35^\circ$, $c = 1,0$ кПа, $\gamma = 11$ кН/м³).

Предварительно выбраны варианты реконструкции с возведением оторочки перед сооружением (рисунок 1, а) и оторочки в виде свайного ряда (рисунок 1, б).

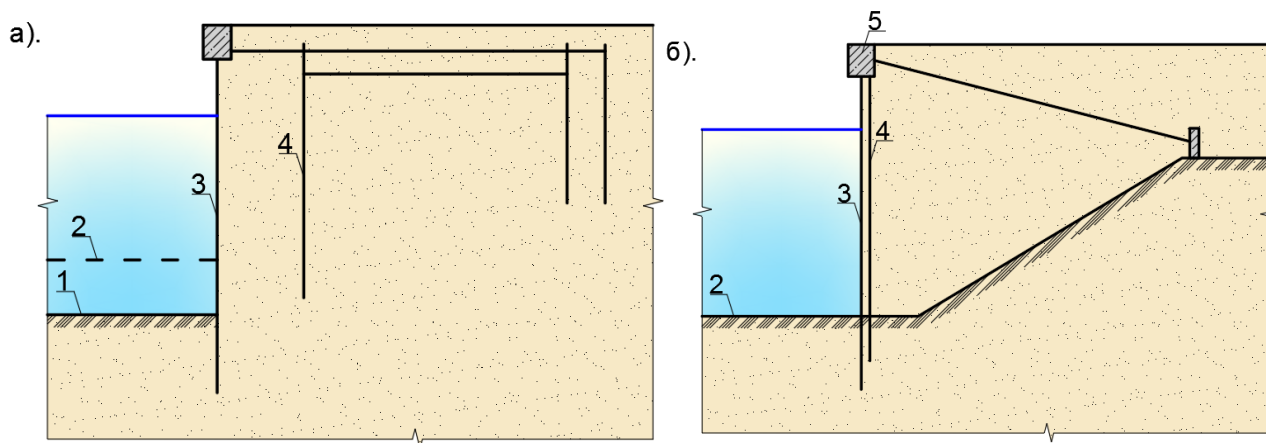


Рис. 1. Схемы реконструкции и усиления больверка путем устройства:

- а – оторочки в виде заанкеренного больверка; б – оторочки в виде свайного ряда;
- 1 – проектное дно; 2 – существующее дно; 3 – оторочка; 4 – больверк; 5 – узел омоноличивания

Сравним эпюры внутренних усилий в лицевой стенке больверка с установкой оторочки и без неё.

Расчет несущей способности лицевой шпунтовой стенки выполнялся с использованием программного комплекса PLAXIS [3-4] и по трем расчетным схемам:

- исходная схема причального сооружения;
- схема реконструкции и/или усиления больверка путем устройства оторочки в виде заанкеренного больверка;
- схема реконструкции и/или усиления больверка путем устройства оторочки в виде свайного ряда.

Учтены следующие нагрузки и воздействия:

Давление грунтов. Рассчитывается автоматически программой Plaxis 2D на основе геологического сложения и свойств грунтов.

Нагрузка от собственного веса конструкций. Учитывается автоматически расчетной программой (Plaxis 2D).

Равномерно-распределенная нагрузка на территории причального сооружения 20 кПа. С учетом коэффициента надежности 1,2 [5] расчетное значение $20 \cdot 1,2 = 24$ кПа.

На рисунке 3 приведены результаты изгибающих моментов в лицевой шпунтовой стенке.

Сравнение результатов расчетов показало, что схема реконструкции и/или усиления больверка путем устройства оторочки в виде заанкеренного больверка позволяет уменьшить максимальный изгибающий момент в пролёте стенки на 170,51 кН, а схема реконструкции и/или усиления больверка путем устройства оторочки в виде свайного ряда – на 98,98 кН.

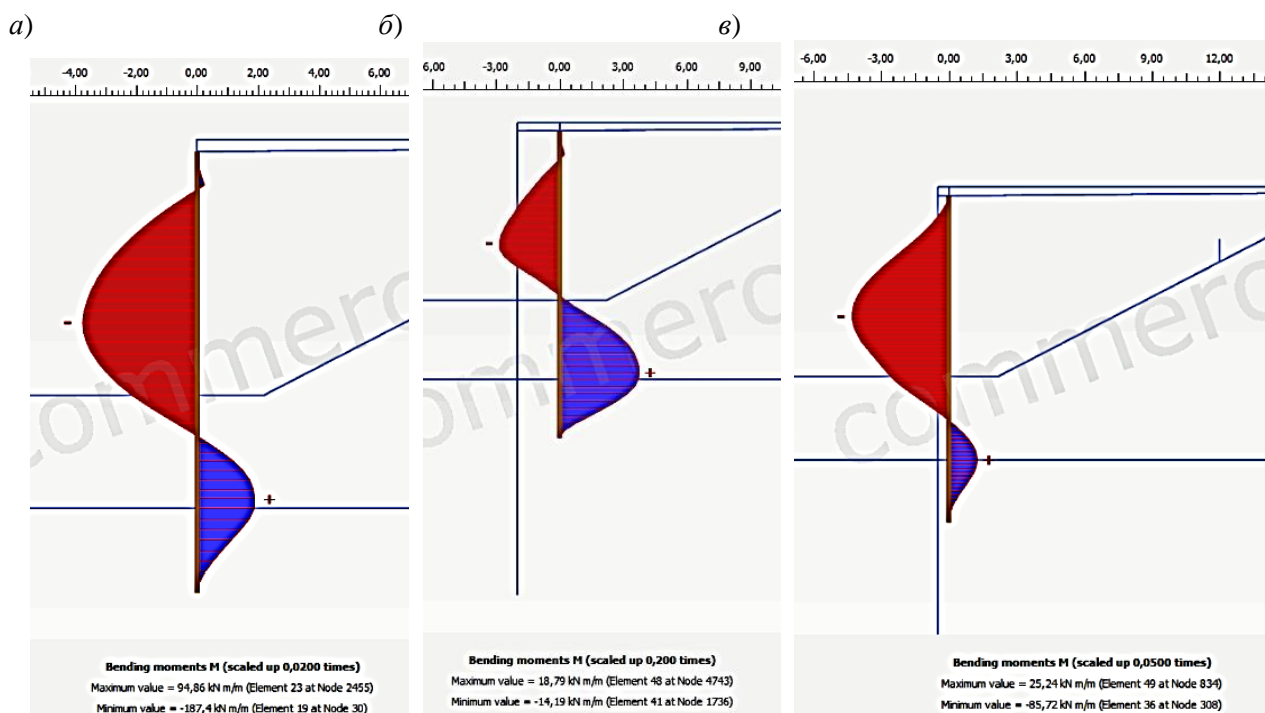


Рис. 3. Эпюры изгибающих моментов в лицевой шпунтовой стенке:

а – исходная схема причального сооружения; *б* – схема реконструкции и/или усиления больверка путем устройства оторочки в виде заанкеренного больверка; *в* – схема реконструкции и/или усиления больверка путем устройства оторочки в виде свайного ряда

Выводы. По результатам расчета можно сделать вывод, что схема реконструкции и/или усиления больверка путем устройства оторочки в виде заанкеренного больверка более эффективна, позволяет увеличить глубину перед причалом и обеспечить несущую способность больверка, что увеличит его грузооборот.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Архангельск: перспективы развития первого российского порта // PRO-ARCTIC URL: <https://pro-arctic.ru/17/07/2019/expert/37315> (дата обращения: 27.02.2022).
2. Инструкция по усилению и реконструкции причальных сооружений. РД 31.31.38-86, Москва, 1987.
3. Plaxis 2D Руководство пользователя. R.V. Brinkgreve, 2013.
4. Методика выполнения геотехнических расчетов методом конечных элементов на программном комплексе PLAXIS 2D. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2015. – 35 с.
5. СП 287.1325800.2016. Сооружения морские причальные. Правила проектирования и строительства.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ
В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ AUTODESK REVIT

В связи с вступлением в силу постановления Правительства РФ от 15 сентября 2020 года № 1431 «Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства состава сведений документов и материалов включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов и требований к форматам указанных электронных документов...» [1], приказом Минстроя от 24 декабря 2020 года № 854/пр «Об утверждении Методики определения стоимости работ по подготовке проектной документации, содержащей материалы в форме информационной модели» [2], с методическими рекомендациями от ФАУ «Главгосэкспертиза России» по подготовке информационной модели объекта капитального строительства [3] и СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве» [4] было принято решение оценить преимущества использования информационной модели при проектировании гидротехнических сооружений (далее – ГТС).

При этом оценивалось наличие преимуществ при использовании программ BIM-моделирования (англ. Building Information Model, BIM – информационная модель объекта строительства) для проектирования ГТС. Оценивались эффективность использования и автоматизация работы при подготовке проектной документации.

Для оценки результатов поставленной задачи была создана информационная модель берегоукрепления и причала генеральных грузов, входящих в состав одного из морских перегрузочных комплексов в морском порту Усть-Луга. Информационная модель была создана с использованием программного комплекса Revit от компании Autodesk [5]. Это программное обеспечение BIM, которое позволяет проектировать объекты строительства в трехмерном виде (далее – 3D). А также позволяет аннотировать модель с помощью элементов двухмерного (далее – 2D) черчения и получать доступ к информации об объекте из базы данных модели.

Перед началом основной работы были подготовлены 2D чертежи объекта: план берегоукрепления и причала, план свайного основания, конструктивные разрезы (рис. 1), чертежи трубошпунтовых свай. Также были подготовлены чертежи отдельных элементов оборудования: колесоотбой, швартовные тумбы, отбойные устройства. Итогом выполненной работы было сравнение исходных чертежей из проектной документации и чертежей, полученных из трехмерной модели с помощью средств автоматизации Revit.

На основании исходных чертежей в программном комплексе Revit были созданы новые семейства – цифровые аналоги физических строительных элементов. Данный программный комплекс помогает создать 3D объекты из простых фигур, а также дает возможность задать этим объектам определенные свойства: длину, ширину, материал, массу погонного метра, объем. Отдельные сложные элементы обустройства были созданы в Autodesk AutoCad 3D, после чего были импортированы в Revit. Это было вызвано тем, что Revit обладает ограниченным функционалом по рисованию и редактированию элементов, а AutoCad 3D имеет неограниченные возможности по созданию трехмерных моделей. Тем не менее итоговая настройка объектов и задание им определенных свойств все равно происходит в программном комплексе Revit.

На следующем этапе работы в программе Revit была создана трехмерная модель причала (рис. 2, 3), в которой были размещены все заранее подготовленные семейства. Для корректного учета объемов работ были заданы отметки положений песчаных засыпок свай и бетонных пробок свай.

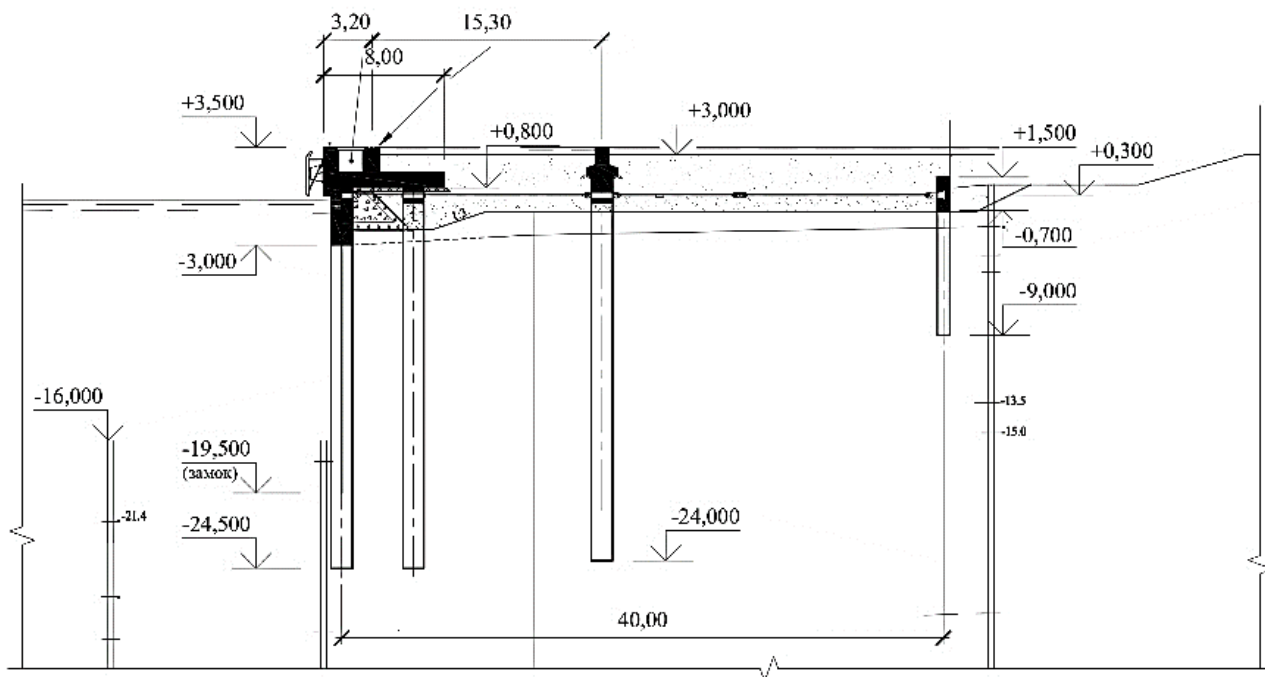


Рис. 1. Конструктивный разрез причала

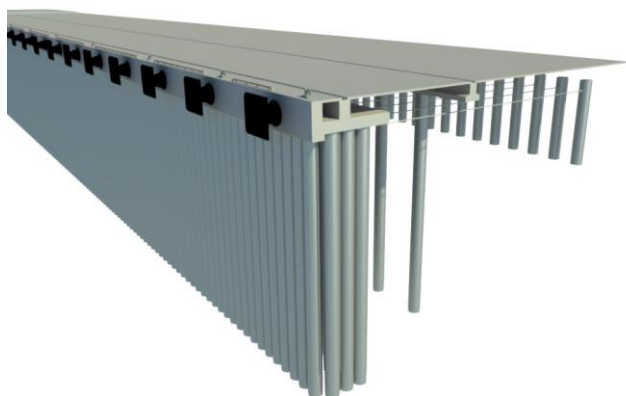


Рис. 2. Вид трехмерной модели спереди

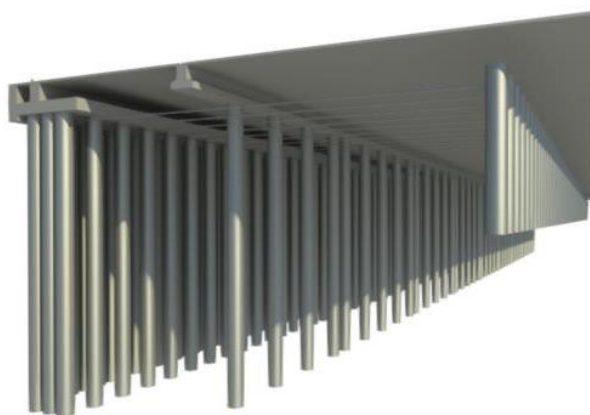


Рис. 3. Вид трехмерной модели сзади

После создания трехмерной модели средствами автоматизации Revit из нее были получены чертежи: план причала с берегоукреплением и два конструктивных разреза. При проектировании в программном комплексе Revit планы имеют двустороннюю ассоциативную связь с 3D-моделью: при внесении коррективов в трехмерную модель, эти изменения автоматически добавляются и в двухмерные чертежи.

Полученная из информационной модели графическая документация (рис. 4) полностью подтвердила соответствие информационной модели объекта и проектной документации. Кроме того, автоматически были сформированы ведомости объемов работ.

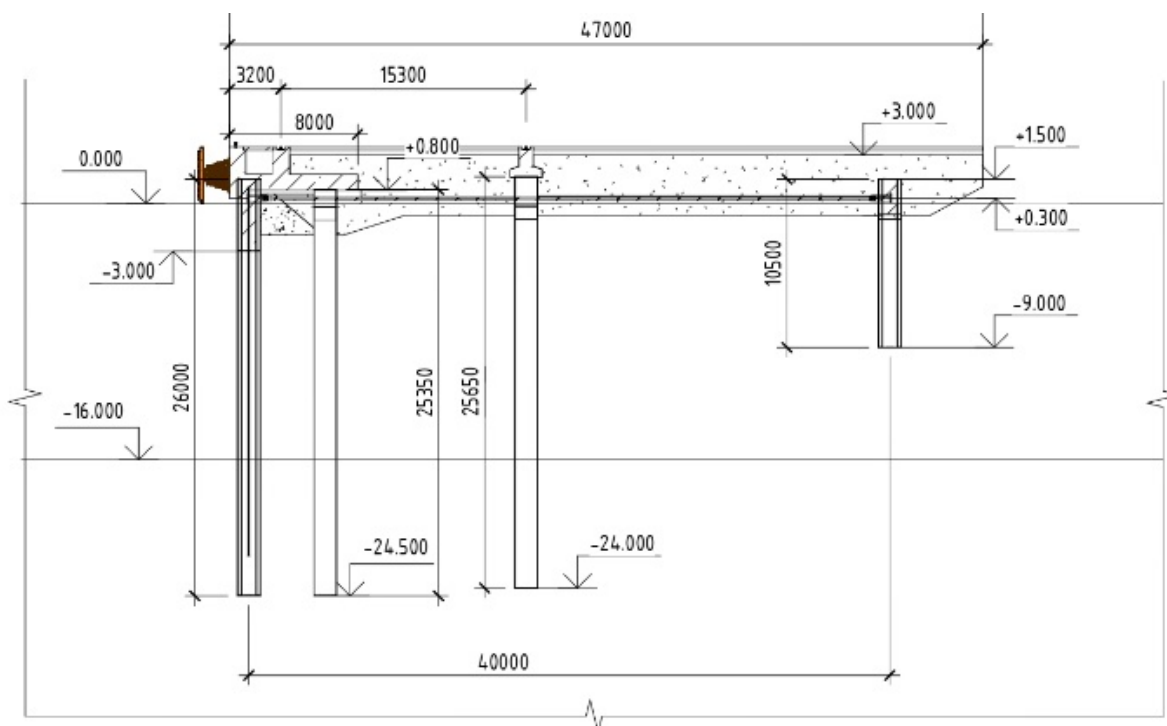


Рис. 4. Конструктивный разрез причала, сформированный в Revit

Выводы. По итогам выполненной работы можно определить преимущества использования программного комплекса Revit Autodesk для проектирования гидротехнических сооружений:

1. Возможность формирования изображений объекта из трехмерной модели, что позволяет продемонстрировать концепцию, планировать на территории, оценивать несколько вариантов и получать качественную визуализацию;
2. Возможность создания спецификаций и ведомостей. При внесении изменений в модель данные в них автоматически пересчитываются;
3. Возможность оценки стоимости в точных качественных объемах;
4. Возможность совместной работы между участниками проекта со средой общих данных, что упрощает работу в организации, позволяет выявить коллизии на ранних этапах проектирования. Это можно осуществить как визуально, так и в автоматическом режиме при настройке инструмента проверки;
5. Возможность формирования графических документов из модели. При внесении изменений в модель, чертежи и планы автоматически преобразовываются.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Постановление правительства РФ № 1431 от 15.09.2020 г. Собрание законодательства РФ. 15.09.2020. С. 9.
2. Приказ от 24 декабря 2020 г. № 854/пр. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ. Об утверждении Методики определения стоимости работ по подготовке проектной документации, содержащей материалы в форме информационной модели.
3. Методические рекомендации по подготовке информационной модели объекта капитального строительства, представляемой на рассмотрение в ФАУ «Главгосэкспертиза России» в связи с проведением государственной экспертизы проектной документации, а также по оценке информационной модели объекта капитального строительства от 19 июня 2020.
4. СП 333.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла.
5. Revit®. [Электронный ресурс]. <https://www.autodesk.com/products/revit/overview>.

АНТИКОРРОЗИЙНАЯ ЗАЩИТА БЕТОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ
НА ПРИМЕРЕ ГИДРОУЗЛА НА РУЧЬЕ КАПРАЛЬЕВ

Железобетонные конструкции достаточно долговечны и надежны, если они эксплуатируются в нормальных тепло-влажностных условиях неагрессивной среды. Для гидротехнических сооружений (ГТС) свойственна работа в агрессивных и слабоагрессивных средах. Помимо физического разрушения, железобетонные конструкции ГТС подвергаются химическому, физико-химическому, биологическому, а также разрушению при циклах заморзания и оттаивания.

Самыми распространенными дефектами, вызванными химической, физико-химической и биологической коррозией, являются:

- Выщелачивание;
- Химическое разрушение под действием кислот и щелочей;
- Биологическое разрушение в результате деятельности грибов и бактерий.

Незащищенная поверхность бетона ГТС больше подвержена разрушению в зоне переменного уровня воды, а также на увлажненной поверхности. Чаще всего разрушение бетона влечет за собой понижение прочностных характеристик сооружения и, как следствие, снижение надежности объекта повышенной опасности [1].

В данной статье приводится технология защиты бетонных поверхностей путем устройства водонепроницаемого экрана на основе полиуретановой мастики.

На поверхности водопропускного сооружения гидроузла на ручье Капральев наблюдается обильное разрушение защитного слоя бетона с обнажением арматуры. Фотография водопропускного сооружения представлена на рис. 1.

Предположительно, разрушение защитного слоя бетона произошло в результате физико-химической и химической коррозий.

Для предотвращения повторного разрушения и повышения надежности ГТС предлагается при реконструкции произвести установку водонепроницаемого экрана на бетонных поверхностях водопропускного сооружения [2].

Создание водонепроницаемого экрана является вторичным методом защиты поверхности железобетонных конструкций. Вторичная защита применяется в тех случаях, когда защита от коррозии не может быть обеспечена мерами первичной защиты, такими как, например, применение добавок, повышающих коррозионную стойкость бетона. Вторичная защита, как правило, требует возобновления во времени [3].

Установка водонепроницаемого экрана обеспечивает сухость бетонной поверхности на всей площади его установки. Экран создается нанесением или инъектированием гидроизоляционных составов. Самым распространенным решением является нанесение на поверхность материалов, в составе которых присутствуют полиуретаны, битумы либо каучуки. Существует множество различных продуктов, предназначенных для создания водонепроницаемого экрана. Каждый материал имеет свои особенности и технологию нанесения [4]. Одним из самых качественных вариантов защиты бетона является напыление материалов на полиуретановой основе (полимочевина, полиуретановая мастика и пенополиуретан), такие покрытия обладают большой прочностью и стойкостью к воздействию кислот и щелочей, а также полностью защищают поверхность бетона от биологического воздействия.



Рис. 1. Фото водопропускного сооружения

Для предотвращения повторного разрушения и повышения надежности ГТС предлагается при реконструкции произвести установку водонепроницаемого экрана на бетонных поверхностях водопропускного сооружения [2].

Создание водонепроницаемого экрана является вторичным методом защиты поверхности железобетонных конструкций. Вторичная защита применяется в тех случаях, когда защита от коррозии не может быть обеспечена мерами первичной защиты, такими как, например, применение добавок, повышающих коррозионную стойкость бетона. Вторичная защита, как правило, требует возобновления во времени [3].

Установка водонепроницаемого экрана обеспечивает сухость бетонной поверхности на всей площади его установки. Экран создается нанесением или инъектированием гидроизоляционных составов. Самым распространенным решением является нанесение на поверхность материалов, в составе которых присутствуют полиуретаны, битумы либо каучуки. Существует множество различных продуктов, предназначенных для создания водонепроницаемого экрана. Каждый материал имеет свои особенности и технологию нанесения [4]. Одним из самых качественных вариантов защиты бетона является напыление материалов на полиуретановой основе (полимочевина, полиуретановая мастика и пенополиуретан), такие покрытия обладают большой прочностью и стойкостью к воздействию кислот и щелочей, а также полностью защищают поверхность бетона от биологического воздействия.

Одним из лидеров на рынке гидроизоляционных мастик является продукт компании Alchimica – «Hiperdesmo» (Гипердесмо). Мастика Гипердесмо – однокомпонентный жидкий материал на основе чистых эластичных водоотталкивающих полиуретановых смол. После нанесения полимеризуется под действием влажности воздуха, образуя высокоэластичное прочное гидроизоляционное покрытие.

Срок службы защитного покрытия составляет 25 лет, после чего необходимо провести подготовку поверхности и повторное нанесение защитного покрытия.

Основание должно быть сухим, химически нейтральным, ровным, здоровым – без трещин и разрушений, чистым – без пыли, ржавчины или отслаивающихся частиц.

Мастика наносится на подготовленную поверхность с расходом 0,6-0,8 кг/м² в 3 слоя, время полимеризации зависит от температуры окружающей среды, время полимеризации перед нанесением следующего слоя составляет 6-24 часа, время полной полимеризации – 7 суток [5].

Нанесение допускается производить как вручную (при помощи валиков, щеток, кистей), так и аппаратами безвоздушного распыления. При нанесении мастики рекомендуется наносить слои контрастных цветов для обеспечения равномерного покрытия и исключения непрокрасов. Для обеспечения стойкости к воздействию УФ-излучения для нанесения финишного слоя необходимо использовать мастику белого или серого цветов.

Вывод. В работе рассмотрены причины разрушения железобетонных конструкций. На примере дефектов возникших на железобетонных элементах во время эксплуатации гидротехнических сооружений на ручье Капральев, расположенного в деревне Новое Девяткино Ленинградской области, предложено техническое решение по устройству водонепроницаемого экрана для защиты бетонных поверхностей при реконструкции гидроузла.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Овчинникова, А.Н. Маринин, И.Г. Коррозия и антикоррозионная защита железобетонных мостовых конструкций // Наукоеведение. – 2014. – №5 (24).
2. Акт обследования технического состояния плотины на ручье Капральев в д. Девяткино Всеволожского района Ленинградской области. ООО «Институт комплексного использования и охраны окружающей среды». 2019 г.
3. СП 28.13330.2017. Защита строительных конструкций от коррозии.
4. Кириллов В.С. Эксплуатация и реконструкция мостов и труб на автомобильных дорогах. – М.: Наука, 1971. – 196 с.
5. Мастика Гипердесмо. Техническое описание URL: https://gflex.ru/catalog/gidroizolyatsiya/po_sostavug/mastika_gidroizolyatsiya/3353/ (дата обращения: 10.03.2021).

УДК 626.8

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

ДРЕНАЖНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ХВОСТОХРАНИЛИЩА МИХАЙЛОВСКОГО ГОКА ИМ. ВАРИЧЕВА (МГОК)

Цель работы – рассмотреть системы сбора и возврата дренажных и поверхностных вод с учетом условия обеспечения дальнейшей безопасной эксплуатации при наращивании объема хвостохранилища, обосновать необходимость дренажных сооружений, обеспечивающих технологические потребности предприятия на планируемый срок эксплуатации.

Хвостохранилище – это напорное гидротехническое сооружение, состоящее из большого объема намывных отложений отвальных хвостов при достижении предельной отметки наращивания, обоснованной расчетом устойчивости и деформационной прочности.

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

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

Комплекс сооружений хвостового хозяйства включает в себя сооружения по сбору поверхностных и дренажных вод в нижнем бьефе головной плотины и ограждающих дамб и перекачке их в отстойный пруд хвостохранилища.

Существующие дренажные сооружения, расположенные у подошвы низового откоса ограждающих дамб по всему контуру хвостохранилища, предназначены для исключения заболачивания и подтопления территории, прилегающей к хвостохранилищу. В комплекс дренажных сооружений входят [1]: аккумулирующие водоемы, расположенные на пониженных участках рельефа и в логах; водоподводящие каналы; дренажные насосные станции (далее ДНС); водоводы дренажных вод.

В аккумулирующие водоемы поступают поверхностные стоки с водосборной площади хвостохранилища (за исключением площади отстойных прудов хвостохранилища и площади верхового откоса ограждающих дамб), с низового откоса ограждающих дамб и дренажные воды хвостохранилища (фильтрация через тело и основание ограждающих дамб). Из аккумулирующих водоемов дренажная вода дренажными насосными станциями перекачивается по водоводам дренажных вод в отстойные пруды хвостохранилища.

Проектируемые дренажные сооружения. Рассматриваемая технология системы дренажных сооружений аналогична технологии работы системы существующих дренажных сооружений с использованием в полном объеме всего комплекса существующих дренажных сооружений на низовом откосе ограждающей дамбы. Однако в связи с увеличением отметки наращивания дамб и водосборной площади низового откоса дамбы, а соответственно с увеличением расходов фильтрации через тело дамбы и поверхностного стока необходима модернизация насосного оборудования ДНС.

Технология работы дренажной системы. На гребне дамб обвалования предусмотрены дренажные каналы для сбора дренажных вод (фильтрация через тело дамб) и поверхностного стока с поверхности низового откоса дамб обвалования. Из дренажных каналов общий сток (далее дренажные воды) по наклонному дренажу, на низовом откосе ограждающих дамб, поступает в существующие дренажные каналы на низовом откосе и далее в дренажные каналы, расположенные у подножия низового откоса первичных ограждающих дамб хвостохранилища, по которым поступает в близлежащие аккумулирующие водоемы. В аккумулирующие водоемы также поступает поверхностный сток со всей водосборной площади хвостохранилища.

Из аккумулирующих водоемов общий сток (дренажные и поверхностные воды) дренажными насосными станциями перекачивается в отстойные пруды хвостохранилища.

Поступление поверхностного стока. Для каждого аккумулирующего водоема у подошвы низового откоса ограждающих первичных дамб определена водосборная площадь с учетом площади низового откоса ограждающих дамб на расчетную отметку гребня 277,0 м и максимальные расчетные расходы весеннего половодья с учетом расхода дренажных (фильтрационных) вод хвостохранилища.

Общая водосборная площадь аккумулирующих водоемов составляет более 82 км² [1]. Общий фильтрационный расчетный расход, поступающий в аккумулирующие водоемы, составляет около 18 749,6 м³/ч. План водосборных площадей аккумулирующих водоемов для ограждающих дамб с отметкой гребня 277,0 м приведен на рисунке 1.

Поступление дренажных вод (фильтрационные воды из хвостохранилища). Из хвостохранилища фильтрация наблюдается по двум направлениям: через ложе хвостохранилища, это безвозвратные потери, и через ограждающие дамбы. Фильтрация через ограждающие дамбы по дренажной системе возвращается обратно в отстойные пруды хвостохранилища.

Общий фильтрационный расход из хвостохранилища при подъеме гребня ограждающей дамбы до отм. 277,0 м составит 37,16 млн м³/год при основном расчетном случае (при наличии пляжа).

Дренажные насосные станции.

Дренажные насосные станции передвижные, оборудованы центробежными насосами типа Д [4]. Для включения и отключения насосов предусмотрены поплавковые датчики уровня. По дренажному водоводу из стальных труб DN150–DN300 дренажные воды перекачиваются обратно в отстойный пруд хвостохранилища. По мере наращивания хвостохранилища водовод удлинится.

Для определения требуемых параметров насосов в дренажных насосных станциях выполнен гидравлический расчет дренажной системы для каждой ДНС: насос – водовод [3].

Требуемые параметры заменяемых насосов в ДНС для подачи расчетного расхода дренажных вод из аккумулирующих водоемов в отстойные пруды хвостохранилища приведены в таблице 1.

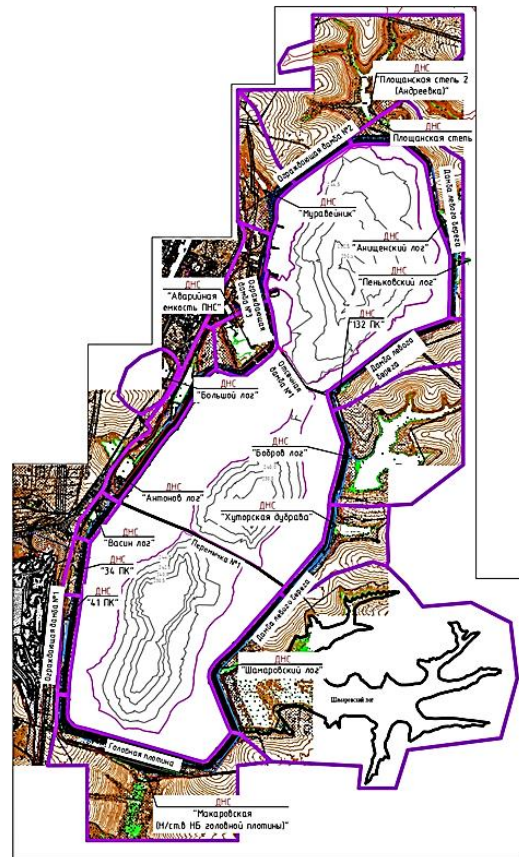


Рис. 1. План водосборных площадей аккумулирующих водоемов

Таблица 1 – Требуемые параметры дренажных насосов ДНС

№ п/п	Наименование насосной станции	Тип сущ. насоса / двигателя	Проектный расход, Q, м ³ /ч	Параметры существующего насоса на проектный расход		Параметры проектного насоса		Примечание
				H, м	Установочная мощность N, кВт	H, м	Потребляемая мощность N, кВт	
1	Большой лог	1Д 315/71 / 5AM315 S2	43,40	81,00	110	56,30	9,15	Замена насоса 1 ЦНС38-88
2	Площанская степь 2	1Д 315/71 / 5AM250 S2	264,60	76,00	110	98,55	97,70	Замена насоса 1Д 250/125
3	132 ПК	1Д 315/71 / 5AM250 S2	506,00	–	110	70,06	132,83	Замена насоса и двигателя 1Д 630/90 А355х4
4	Анищенский лог	Д200/36 / АИР 180 S4	299,10	–	22	56,70	63,54	Замена насоса и двигателя 1Д 315/71 А355х4
5	Муравейник	Д320/50 / 4AMH 250 S4	263,20	56,00	75	67,45	66,52	Замена насоса 1Д 315/71
6	Макаровская	1Д 315/71 / 5AM315 S2	506,45	–	110	103,43	196,27	Замена насоса и двигателя 1Д 630/90 А355х4
7	Шамаровский лог	1Д 315/71 / 5AM250SY2	641,50	–	110	74,80	179,80	Замена насоса и двигателя 1Д 630/90 А355х4

Выводы. При наращивании ограждающих дамб хвостохранилища до проектной отметки 277,00 м увеличиваются фильтрационные расходы из хвостохранилища, в результате потребуется:

1. В ДНС «132ПК», «Макаровская», «Шамаровский лог» существующие насосы 1Д 315/71 заменить на насосы 1Д 630/90; в ДНС «Анищенский лог» и «Муравейник» существующие насосы заменить на насосы 1Д 315/71 (из числа демонтируемых на других ДНС насосов); в ДНС «Большой лог» существующий насос заменить на насос 1 ЦНС 38-88.
2. Для уменьшения требуемого напора в дренажных водоводах и, соответственно, исключения замены существующих насосов на высоконапорные насосы выполнить замену существующих водоводов DN200 на водоводы из труб DN300.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Проектная документация 13/096-М/131376-ПЗ. Раздел 1. Пояснительная записка.
2. Чугаев Р.Р. Гидротехнические сооружения. Учеб. пособие для студ. гидротехн. спец. вузов. В 2-х ч. – 2-е изд. перераб. и доп. Ч. I. Глухие плотины. – М.: Агропромиздат, 1985. – 318 с., ил.
3. Чугаев Р.Р. Гидравлика. – Учебник для вузов. – 4-е изд., доп. и перераб. –Л.: Энергоиздат, 1982. – 672 с.
4. Якубчик П.П. Насосы и насосные станции. – Учебное пособие. М., 1997. – 106 с.
5. Чугаев Р.Р. Гидротехнические сооружения. Учеб. пособие для студ. гидротехн. спец. вузов. В 2-х ч. – 2-е изд. – М.: Агропромиздат, 1985. – 302 с.,ил.
6. Гидротехнические сооружения. Справочник проектировщика. М.: Стройиздат, 1983.

УДК 626/627

К.Н. Шубин, Н.П. Лавров
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЗАЩИТА ОТ РЕЧНЫХ НАНОСОВ ПРИ ВОДОЗАБОРЕ ИЗ Р. АССА, ИНГУШЕТИЯ

Актуальность задачи. В последние годы в Сунженском районе Республики Ингушетия наблюдается устойчивый рост потребления водных ресурсов. Для удовлетворения нужд водоснабжения 20-ти населенных пунктов Сунженского района планируется строительство сети водоснабжения с водозабором из р. Асса. Нами предлагается также сооружение малой ГЭС на магистральном трубопроводе этой системы водоснабжения.

По данным гидропоста Мужичи минимальный расход р. Асса составляет 3 м³/с, максимальный расход 1%-ной обеспеченности достигает 425,0 м³/с [1]. Расчетный расход водозабора в систему водоснабжения составляет 1,2 м³/с, следовательно, даже при минимальном расходе реки обеспечивается потребность в воде на питьевые нужды.

Максимальная скорость течения при паводке доходит до 5,0 м/с и это вызывает транспорт речных наносов с диаметром частиц от 2 мм (песок) до 700 мм (булыжники) [1].

Таким образом, защита от наносов отводящего водовода, агрегатов малой ГЭС и системы водоснабжения Сунженского района является первостепенной задачей при водозаборе из р. Асса.

Основные способы защиты отводящих водоводов от речных наносов при водозаборе из горных рек. Отделение наносов от потока воды может осуществляться многими способами: динамическим, гравитационным, механическим, химическим, и их комбинациями [2, 3, 5]. Наиболее часто в условиях горного водозабора применяются динамический и гравитационный способы. Прежде чем перейти к их рассмотрению, вкратце рассмотрим остальные способы.

Механический способ предусматривает задержание наносов различными решетками, фильтрами с дальнейшим удалением наносов экскаваторами или путем промыва отложившихся наносов.

Химический способ применяется при отделении мелких фракций наносов путем введения коагулянтов, под действием которых взвешенные частицы наносов формируются в хлопья, скорость осаждения которых заметно возрастает.

Динамический метод защиты от наносов получил широкое распространение на горных водозаборных узлах. Он предусматривает создание в пределах гидроузла циркуляционных, винтовых и других видов движения потока. Поперечная циркуляция потока создается на изгибе русла реки, это может быть естественная кривизна излучины горного русла реки или специально созданное криволинейное подводящее русло. Таким образом, влекомые наносы обходят водоприемник отводящего водовода, расположенный на вогнутом берегу [2, 3, 5].

В отличие от циркуляционного, винтовое движение потока характеризуется местным, локальным расположением винта, не охватывающим всю ширину потока, а располагающимся непосредственно у винтообразующего элемента. Такими элементами чаще всего являются наносозащитные пороги, полки, реже циркуляционные лотки.

В гравитационном способе удаления наносов используется естественная сила тяжести, заставляющая даже мелкие частицы наносов при малых скоростях потока выпадать в осадок. Этот способ используется в отстойниках, подводящих руслах, карманах и т.п.

Вторым действием защиты от наносов является удаление их за пределы гидроузла. В настоящее время применяется три способа удаления наносов: механический, гидромеханический и гидравлический [2, 3, 5].

Механическое удаление наносов осуществляется с помощью землеройных механизмов – экскаваторов, скреперов, бульдозеров. Практика показывает, что механическая очистка наносов из верхнего и нижнего бьефов вызывает массу затруднений, связанных с необходимостью опорожнения бьефа и опасностью нарушения облицовки сооружения.

Гидромеханическое удаление наносов предполагает постоянную их очистку с помощью плавучих или стационарных землесосных установок, что оправдано только в условиях крупных гидроузлов.

Гидравлическая промывка наносов – самый дешевый и распространенный способ их удаления. Промывка может быть, как периодической, так и постоянной. Она находит применение, как в бьефах водозаборного сооружения, так и в отстойниках.

В проекте водоотведения от реки Асса предложена следующая компоновка водозаборного гидроузла (рисунок 1) [1, 4]. Резкое возрастание паводкового расхода определило необходимость устройства временной дамбы 3 (плавкой вставки) в основном русле реки 1 и бокового водозаборного сооружения 6 на отводящем канале 4.

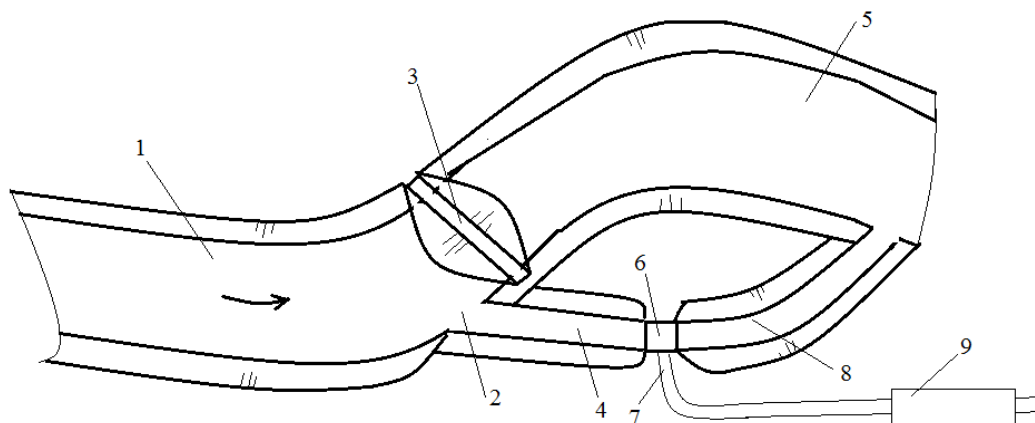


Рис. 1. Компоновочная схема бокового водозаборного сооружения на р. Асса

В данной компоновочной схеме применяется комбинированный способ защиты отводящего магистрального водовода 7 от наносов, включающий три ступени. На первой ступени этого способа используется динамический метод защиты от наносов при котором в подводящем зарегулированном русле создается циркуляционное движение потока.

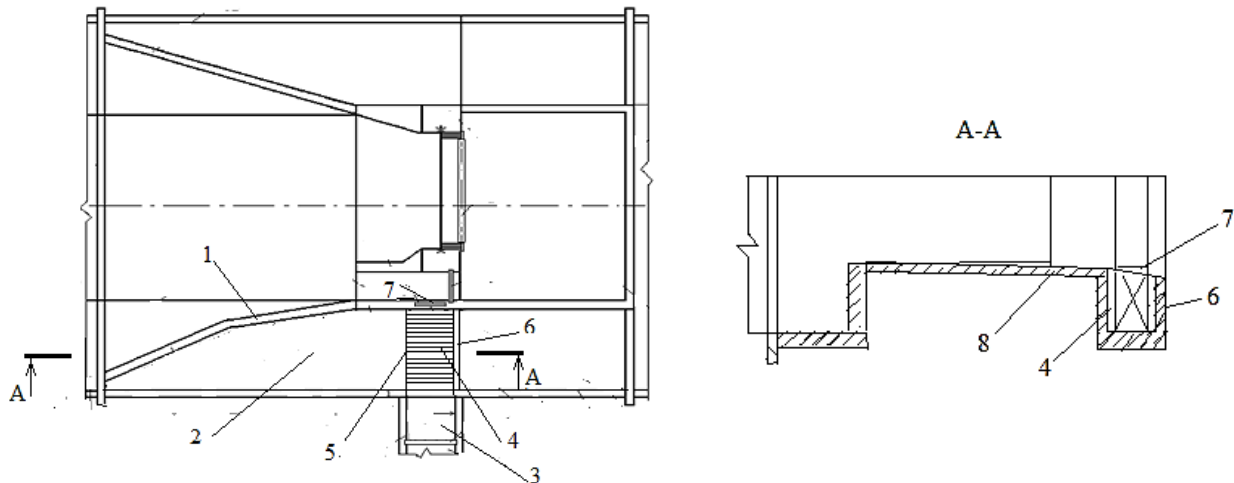


Рис. 2. Боковое водозаборное сооружение, предлагаемое для головного гидроузла

Циркуляция потока создается в зарегулированном подводящем русле 1, которому придается криволинейное очертание с расчетным радиусом 167 м [1, 4]. Наносы направляются к противоположному от водоприемника 2 берегу реки.

Вторая ступень борьбы с наносами осуществляется в пределах бокового водозаборного сооружения 6, конструкция которого показана на рисунке 2 [1, 4]. Винтовое движение возникает при набегании двухфазного потока (вода, наносы) на ломаный в плане наносозащитный порог 1 (см. рис. 1). Наносы транспортируются вдоль порога 1 и далее по промывному тракту водозаборного сооружения. Механический способ реализуется путем задержания крупных фракций наносов (гравия, булыжников) наклонной решеткой 7, расположенной над галереей 6 с последующим их промывом в нижний бьеф.

На третьей ступени борьбы с наносами используется гравитационный способ осаждения наносов в отстойнике 9 (рисунок 1) с их периодическим промывом в реку Асса. Для защиты от органических частиц могут использоваться также специальные очистные сооружения для систем водоснабжения с химическим способом удаления наносов.

Выводы:

1. Выполненный анализ известных способов защиты от речных наносов позволил обосновать комбинированный способ защиты магистрального водовода на гидроузле р. Асса.

2. Предлагаемая компоновка гидроузла и способы наносозащиты дают возможность разработки методики расчета технических средств защиты от наносов при водозаборе.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Физическое моделирование и обоснование водоотведения от водозаборного сооружения на р. Асса Республики Ингушетия/ Отчет о НИР по Договору № 143101401. – СПб: СПбПУ, 2014. – 119 с.
2. Филончиков А.В. Проектирование автоматизированных водозаборных узлов на горных реках. – Фрунзе: Кыргызстан, 1990. – 371 с.
3. Гидротехнические сооружения для малой энергетики горно-предгорной зоны / Под ред. Н.П. Лаврова. – Б.: Салам, 2009. – 504 с.
4. Лавров Н.П., Атаманова О.В., Логинов Г.И., Фролова И.Е. Физическое моделирование водозаборного сооружения на р. Асса в Республике Ингушетия// Гидротехническое строительство. 2016, №3. С.44–50
5. Лавров Н.П., Логинов Г.И., Шипилов А.В., Шестопалова Т.А// Рекомендуемые способы предотвращения попадания речных наносов и шуги в водоводы деривационных гидроэлектростанций. – М.: Вестник МЭИ, №5, 2019. С. 45–52.

ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ С ВОДОРОДНОЙ АККУМУЛЯЦИЕЙ

В наше время сложилось устойчивое понимание того, что современная энергетика, основанная на невозобновляемых энергоресурсах, является катализатором энергетических кризисов и нуждается в существенной модернизации. В то же время энергетика, основанная на использовании возобновляемых источников энергии развивается со значительными темпами ежегодного прироста мощности и превратилась в самостоятельную отрасль энергетики [1]. Уже сейчас наряду с возобновляемыми источниками энергии, такими как ветровая, солнечная и гидроэнергетика, мировые сверхдержавы приходят к новым альтернативам, таким как водород [2]. Данный вид энергии является более надежным, поскольку появляется возможность его не только хранить, но и транспортировать по региону и на экспорт. Водородная энергетика в сочетании с ветровой энергетикой, способна полностью избавить потенциальных потребителей от всевозможных перепадов электроэнергии в связи со штормом. Ведь теперь при хороших ветрах по методам, представленных на рис. 1, энергию можно будет накопить и сохранить в виде сжиженного водорода для использования уже в безветренную погоду. Избыток водорода можно реализовать на мировом рынке.

Цель настоящей работы заключается в концептуальной разработке ветро-водородного энергетического комплекса способного обеспечить стабильное энергоснабжение промышленных и бытовых объектов. В представленной статье излагаются разработки относительно ветровой части рассматриваемого энергетического комплекса морского базирования, размещаемого в Балтийском море.

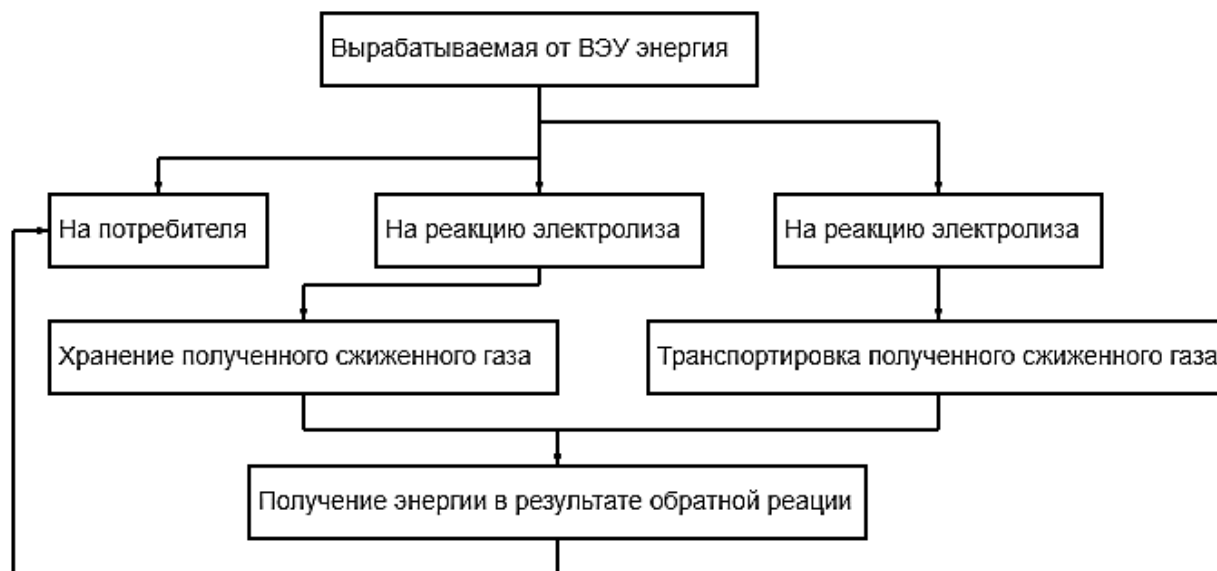


Рис. 1. Предполагаемые методы использования вырабатываемой энергии от ВЭУ

В соответствии с положениями Женевской Конвенции 1958 года о континентальном шельфе поверхность и недра дна Балтийского моря как мелководного моря являются сплошным континентальным шельфом, подлежащим разграничению между соответствующими прибалтийскими государствами [3]. В этом случае Калининградская

область РФ в соответствии со второй статьей Женевской Конвенции 1958 года о континентальном шельфе имеет суверенное право на принадлежащий к территории континентальный шельф. Россия, контролируя громадную площадь континентального шельфа, безусловно, обладает большим морским ветровым потенциалом, использование которого может оказаться весьма эффективным [4].

В Балтийском море глубины до 200 м занимают 99,8% его площади, при этом мелководные участки имеют выровненный аккумулятивный рельеф и хорошо развитый покров отложений [5]. Район Куршской косы считается одним из самых мелководных участков моря с глубиной до 5–7 м [6]. Целесообразность установки ветрогенераторов на мелководном шельфе с глубинами моря (в основном до 50 м) определяется большим, чем на суше морским ветровым потенциалом, относительно меньшей стоимостью шельфовых участков, чем площадок на суше, а также меньшим влиянием электромагнитных и акустических излучений от ветрогенератора на континентальную биосферу и, в первую очередь, на людей [4].

С учетом гидрометеорологических характеристик российского шельфа Балтийского моря, представлена типовая морская ветроэнергетическая установка на основании типа «Трипод» (рис. 2, а) с генератором мощностью 12 МВт. Данная опора представляет собой конструкцию, состоящую из центральной колонны, соединенной со свайными стаканами наклонными радиальными связями [4]. Согласно расчетам, основание такого типа под условия Балтийского моря является устойчивым с запасом, что позволяет производить забивку свай ситуационно, например, при угрозе размыва дна. Триподы стоят обычно дороже гравитационного основания, однако для высоких МВЭУ недостаток стоимости может быть компенсирован, если также принять во внимание долговечность данной конструкции.

Характеристики типовой МВЭУ представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристики МВЭУ

Диаметр ротора, м	Площадь лопасти, м ²	Количество лопастей, шт.	Высота оси вращения над уровнем моря, м	Масса, т			
				Основание	Башня	Гондола	Ротор с лопастями
210	284	3	130	2000	650	400	180

Результаты расчета внешних нагрузок на МВЭУ представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Расчет внешних нагрузок на ВЭУ

Вид нагрузки	Обозначение	Величина нагрузки, МН	Плечо силы, м
Нагрузка от течения	F_T	0,61	8,69
Ледовая нагрузка	$F_{л,xc}/F_{л,zc}$	2,57/1,16	0,16
Аэродинамическая нагрузка	F_B	1,26	86,37
Волновая нагрузка	Q_{max}	5,95	9,90

Расчетная схема для оценки устойчивости МВЭУ с учетом всех действующих нагрузок представлена на рис. 2, б.

По результатам проверки МВЭУ на устойчивость были вычислены действующие на сооружение моменты и силы опрокидывающей и удерживающей составляющей, представленные в табл. 3.

Таблица 3 – Результаты проверки МВЭУ на устойчивость

Максимальный опрокидывающий момент M_t , МН м	Соответствующий удерживающий момент M_r , МН м	Максимальная сдвигающая сила F_0 , МН	Соответствующая удерживающая сила R_0 , МН
454,08	567,60	7,13	22,18

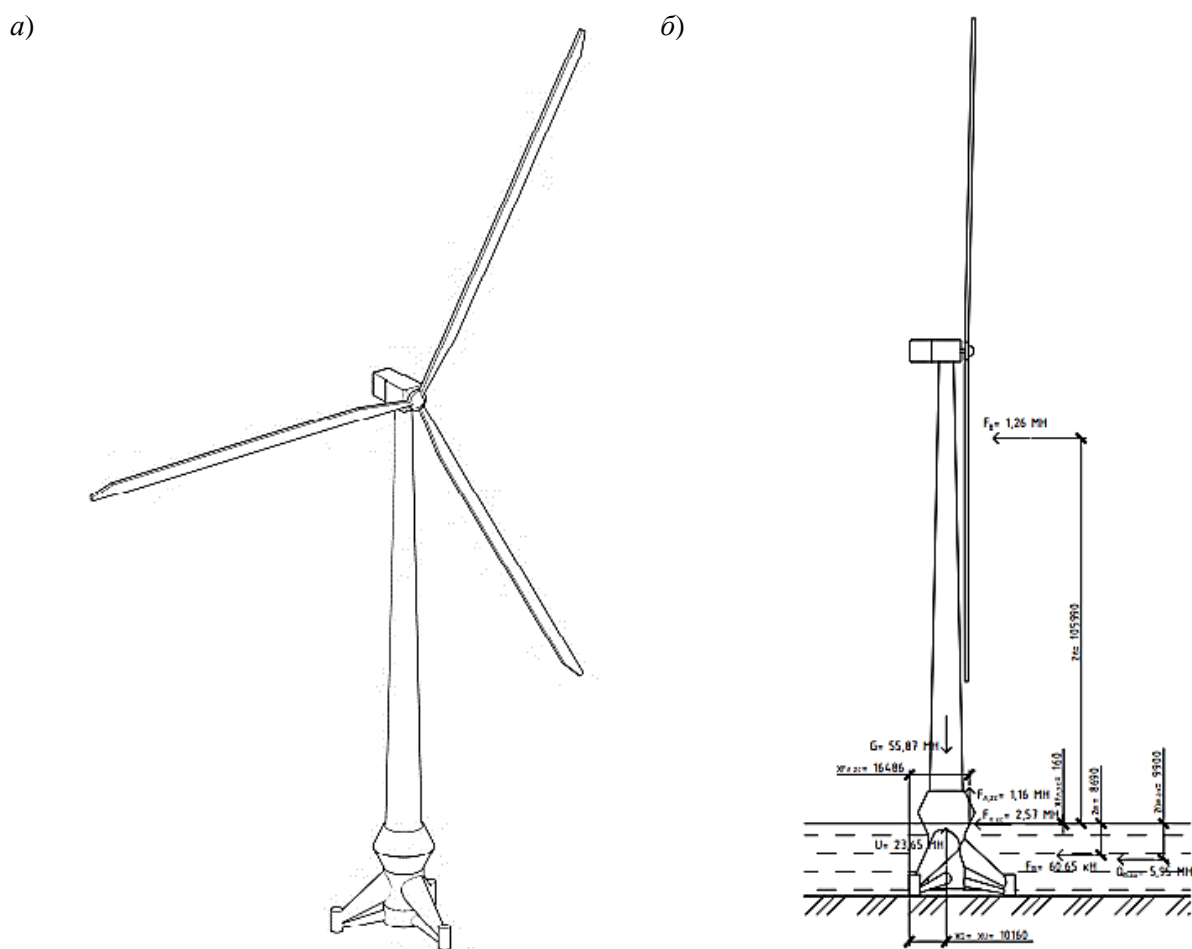


Рис. 2. Проектируемая МВЭУ: а – общий вид в 3D; б – расчетная схема для оценки устойчивости

Вывод. Представленный вариант конструкции морской ВЭУ позволяет круглогодично вырабатывать электроэнергию при скоростях ветра в диапазоне от 5 до 25 м/с. Часть этой энергии будет поступать потребителям, а часть использоваться в водородной энергетической установке для выработки и накопления водорода. В период штиля или при экстремальных ветровых воздействия эксплуатация ВЭУ приостанавливается, и генерация электроэнергии производится водородной установкой использующий накопленный на предыдущих этапах работы энергетического комплекса водород.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика / В.В. Елистратов. – 3-е изд., доп. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – 424 с.
2. Тернер, Дж., Свердруп, Г., Манн, М. и др. Производство возобновляемого водорода, Международный журнал исследований в области энергетики 2008; 32 (5): 379–407с.
3. Декларация о континентальном шельфе Балтийского моря.
4. Большев А.С., Фролов С.А., Чернецов В.А., Купреев В.В. Вопросы проектирования опорных конструкций для морских ветрогенераторов. Журнал «Гидротехническое строительство», №5, М., 2007 г. с. 31–36.
5. Большая российская энциклопедия // Балтийское море [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://bigenc.ru/geography/text/4343809>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
6. Большая российская энциклопедия // Куршский залив [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://bigenc.ru/geography/text/2123382>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ
ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ГТС

Цель работы – получение технических показателей материалов для использования при ремонте и восстановлении поверхностей ГТС.

Объектом исследования – являются сухие строительные смеси «КОНКРИТЕК» отечественного производства «ГидроИзолГрупп».

Испытание образцов, приготовленных на основе сухих смесей марки «КОНКРИТЕК ТТ 600», выполнены на прочность, морозостойкость, водопроницаемость и усадку.

Определение предела прочности образцов на сжатие определялось на образцах-кубах размерами 70,7×70,7×70,7 мм в возрасте 1 и 28 суток. В каждый срок испытывали три образца [2].

Образцы испытывали на гидравлическом прессе ПСУ-50А. Предел прочности раствора на сжатие R вычисляли для каждого образца с погрешностью до 0,01 МПа (0,1 кгс/см) по формуле:

$$R = \frac{P}{A},$$

где P – разрушающая нагрузка, Н; A – рабочая площадь сечения образца, см.

Рабочую площадь сечения образцов определяли, как среднеарифметическое значение площадей двух противоположных граней, полученных по результатам измерений [1].

Предел прочности раствора на сжатие вычисляли, как среднее арифметическое значение результатов испытаний трех образцов [5].

Таблица 1 – Прочность образцов при сжатии «КОНКРИТЕК ТТ 600»

№ п/п	Наименование состава	Предел прочности при сжатии, МПа	
		1	28
Май	«КОНКРИТЕК ТТ 600»	35,2	60,2
Июнь		35,8	60,0
Июль		36,0	60,4
Август		35,2	60,2
Сентябрь		35,4	61,2
Октябрь		35,0	61,0

Определение воздушной усадки определялась на образцах размерами 40×40×1600 мм. Измерения усадки производились с помощью индикаторов часового типа с ценой деления 1 мкм. Взвешивание образцов производилось с точностью 0,1 г. Изготовление образцов соответствовало требованиям ГОСТ 10180-2012. Распалубка и установка образцов на измерение усадки производились через 1 сутки после изготовления. В процессе испытания образцы находились в климатической камере при температуре (20±2) °С и относительной влажности воздуха (60±5) %. Прибор измерения показан на рис 1.

Воздушная усадка включает три составляющие:

1. Влажностная усадка (происходит за счет испарения воды из бетона) [3];
2. Контракционная усадка (происходит в результате химических реакций при твердении, поскольку суммарный объем твердых продуктов реакции меньше, чем объем исходных веществ) [4];
3. Карбонизационная усадка (происходит в результате карбонизации под действием углекислоты воздуха) [5].

При контрактной усадке происходит уменьшение объема твердой части цементного камня, вследствие чего уменьшаются не только внешние размеры образца, но и развивается внутренняя пористость. Уменьшение внешних размеров в результате контракции носит название аутогенной усадки.

График изменения воздушной усадки составов можно увидеть на рис. 2.



Рис. 1

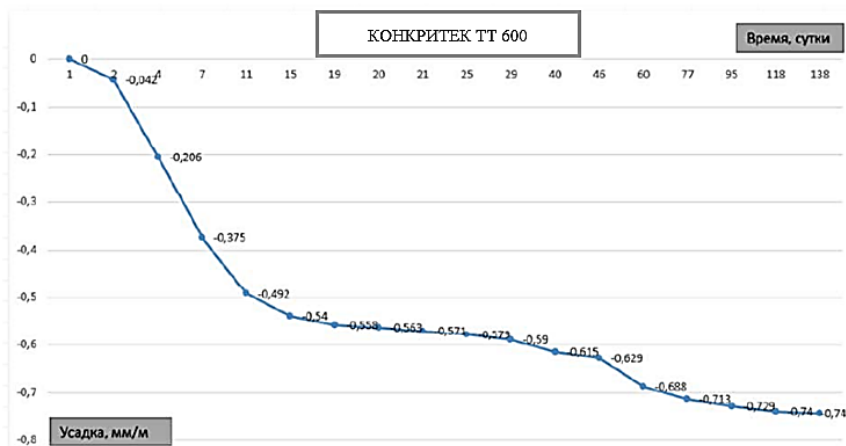


Рис. 2

Определение морозостойкости тиксотропных составов. Образцы размерами 100x100x100 мм в количестве 12 шт. на одно испытание изготавливались в соответствии с ГОСТ 10180-2012 и испытывались третьим ускоренным методом в солях при -50°C по ГОСТ 10060-2012. Хранение образцов до испытания осуществлялось в камере нормального твердения при $t=20\pm 3$ °C и $\phi > 96$ %.

Испытания проводились на соответствие сухих смесей марке по морозостойкости базового (первого) метода F₁₀₀₀, чему соответствует 35 циклов замораживания и оттаивания третьего ускоренного метода. В таблице приведены расчет и результат оценки морозостойкости ремонтного состава «КОНКРИТЕК ТТ 600».

Таблица 2 – Расчет и результат оценки морозостойкости ремонтного состава «КОНКРИТЕК ТТ 600»

Контрольные образцы					Основные образцы (35 циклов замораживания/оттаивания)				
№	Размер образца, см		Разрушающая нагрузка, кН	Предел прочности на сжатие, МПа	№	Размер образца, см		Разрушающая нагрузка, кН	Предел прочности на сжатие, МПа
	длина	ширина				длина	ширина		
1	9,95	9,96	981,0	94,0	1	10,03	10,04	892,7	84,2
2	9,97	10,01	932,0	88,7	2	10,03	9,98	676,9	64,2
3	10,00	10,06	912,3	86,2	3	9,97	9,96	804,4	77,0
4	10,03	10,00	696,5	66,0	4	10,04	10,04	735,8	69,3
5	9,95	10,01	932,0	88,9	5	9,96	9,97	686,7	65,7
6	9,97	9,95	716,1	68,6	6	10,05	10,04	873,1	82,2
Среднее значение прочности				82,1	Среднее значение прочности				73,8
Среднеквадратичное отклонение				11,23	Среднеквадратичное отклонение				7,99
Коэффициент вариации				13,68	Коэффициент вариации				10,83

Данные образцы бетона соответствуют марке по морозостойкости F₁₀₀₀.

Испытывались гидроизоляционные, антикоррозионные покрытия бетонных образцов на водонепроницаемость.

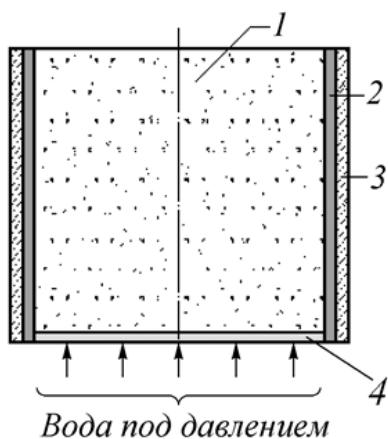


Рис. 3

На бетонные образцы – цилиндры диаметром 150 мм и высотой 150 мм в количестве 6 шт. наносилось гидроизоляционное покрытие, толщиной 4 мм. Хранение образцов до испытания осуществлялось в камере нормального твердения при $t = 20 \pm 3$ °С и $\phi > 96$ %. Испытание проводилось методом «мокрого пятна» в соответствии с ГОСТ 12730.5-2018 на установке для определения водонепроницаемости бетона УВФ-6. Образцы с нанесенным и затвердевшим покрытием заключали в стальную обойму. Зазор между образцом и обоймой заливали парафином. Схема испытаний показана на рис. 3, где 1 – бетонный образец; 2 – заливка техническим воском; 3 – металлическая обечайка; 4 – слой гидроизоляции.

Результат испытаний показал марку водонепроницаемости при положении гидроизоляционного слоя W20.

Выводы. В результате анализа ремонтных сухих строительных смесей «КОНКРИТЕК ТТ 600» получены следующие результаты:

1. Прочность на сжатие лежит в пределах 35,0-61,2 МПа;
2. Усадка образцов имеет наиболее низкие значения и равна 0,744 в возрасте 120 суток. Полученные значения обычны для цементных растворов;
3. Все испытанные материалы показали высокую марку по морозостойкости F₁₀₀₀ при испытании третьим ускоренным методом в солях при -50 °С.

На основании проведенных испытаний можно рекомендовать данные материалы для использования в конструкциях при ремонтных работах.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Горчаков Г.И. Строительные материалы / Г.И. Горчаков, Ю.М. Баженов. – М.: Книга по требованию, 2012. – 688 с
2. Попов К.Н. Строительные материалы изделия / К.Н. Попов, М.Б. Каддо; изд. перераб. и доп. – М.: Высшая шк., 2009. – 439 с.
3. Лазарев Ю.Г., Белихин С.В., Исмаилов А.М., Лабусов Н.В. Материалы для проведения конструкционного ремонта объектов транспортной инфраструктуры в рамках увеличения межремонтных сроков // Современные направления развития технологии, организации и экономики строительства: Сборник научных трудов участников межвузовской ГПК, СПб, 2019. – С. 87–91.
4. Строительные материалы / В.Г. Микульский, Г.И. Горчаков, В.В. Козлов, Г.П. Сахаров. – М.: АСВ, 2010. – 430 с.
5. ГОСТ 558767-2019 Растворы строительные. Методы испытаний по контрольным образцам. – М.: Росстандарт, 2019. – 32 с.

УДК 627.8

И.В. Старков
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕООРУЖЕНИЕ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН. ДООСНАЩЕНИЕ СРЕДСТВАМИ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ И ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Цель работы – техническое перевооружение грунтовых плотин. Дооснащение средствами контрольно-измерительной аппаратуры и внедрение автоматической системы диагностического контроля. Новизной является внедрение автоматической системы контроля.

Автоматизированная система опроса контрольно-измерительной аппаратуры (АСО КИА) предназначена для обеспечения автоматизированного сбора данных от датчиков, установленных на плотинах.

Цель создания системы – обеспечение организации качественного и достоверного определения диагностических показателей работы ГТС. Система позволяет оперативно собирать, обрабатывать и передавать необходимые данные в информационно-диагностическую систему (ИДС).

АСО КИА, совместно с ИДС (информационно-диагностической системой) контроля безопасности ГТС составят интегрированную систему АСДК (автоматизированная система диагностического контроля). АСО КИА обеспечивает минимально необходимый уровень диагностического контроля технического состояния гидротехнических сооружений – сравнение результатов измерений с заданными параметрами, определение средних значений, контроль скорости изменения и пр.

В первом этапе работы было выполнено обследование грунтовой плотины и уже установленной на них контрольно-измерительной аппаратуры (КИА). Так же сбор информации, необходимой для выполнения проектных и изыскательских работ. В соответствии с результатами обследования, было установлено, что существующая КИА регистрировала не достоверные значения. Во втором этапе были проведены изыскательные и проектные работы. В третьем этапе по данным изыскательных работ, было построение планов и сечений в программе AutoCad (рис. 1, 2), с дальнейшим выбором наиболее подходящих створов и мест для бурения скважин. В четвертом этапе выбор датчиков, которые должны учитывать все правила и нормы [5], а также подходить для данной геодезической местности.

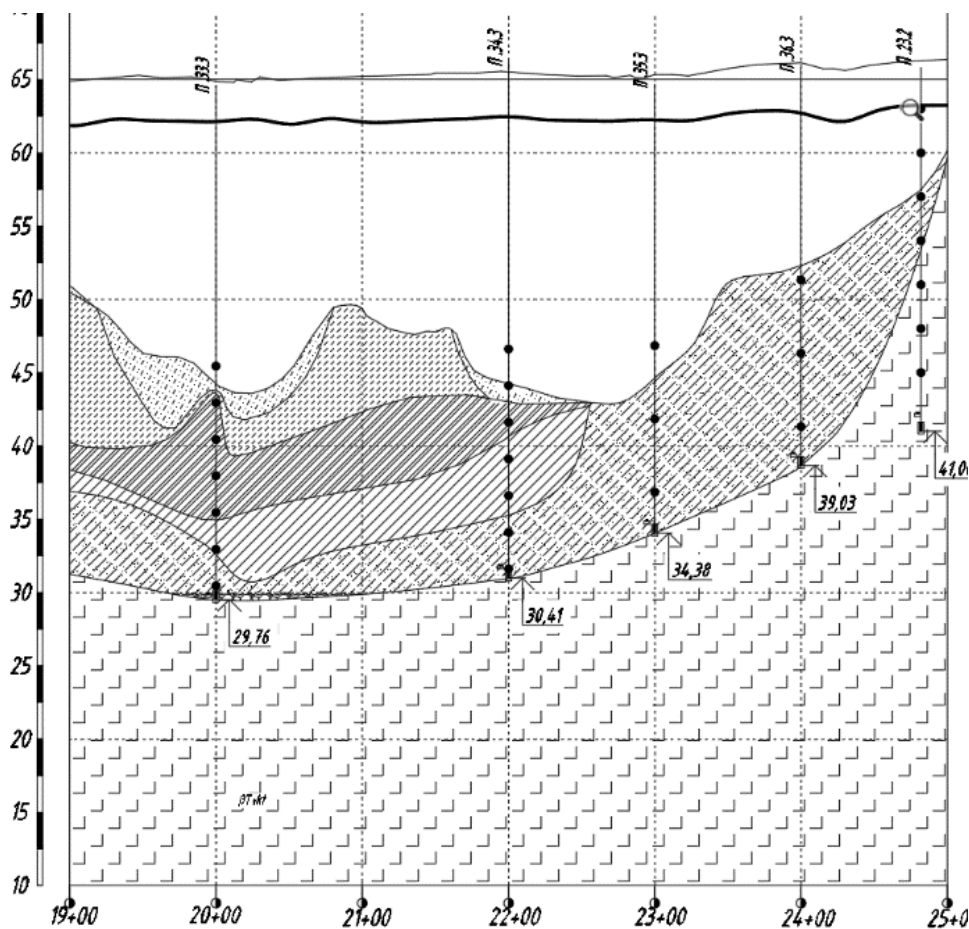


Рис. 1. Продольное сечение плотины

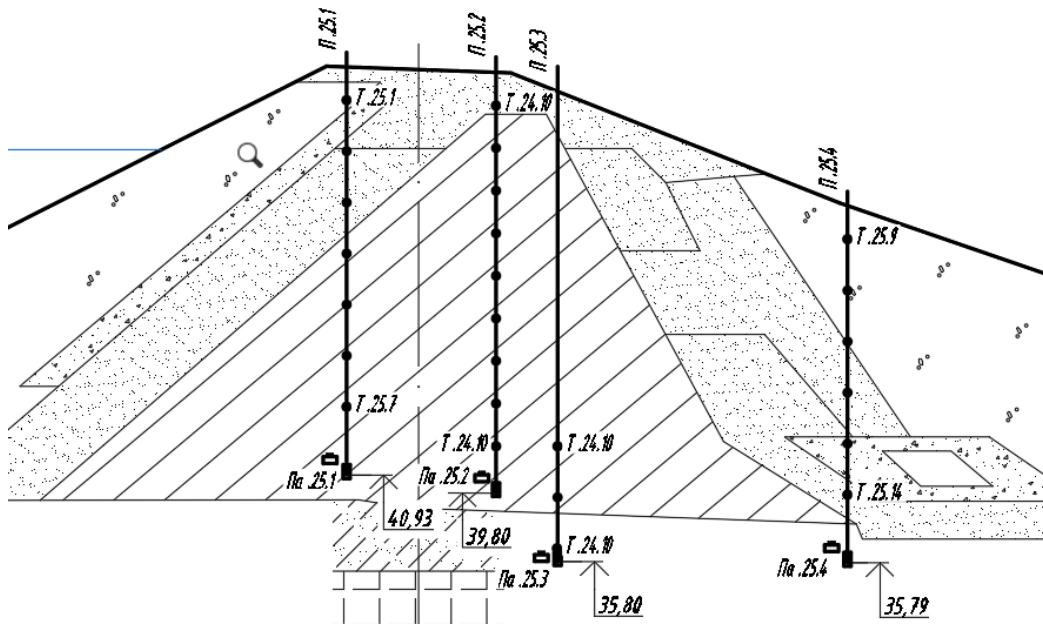


Рис. 2. Поперечное сечение плотины на ПК 4+50

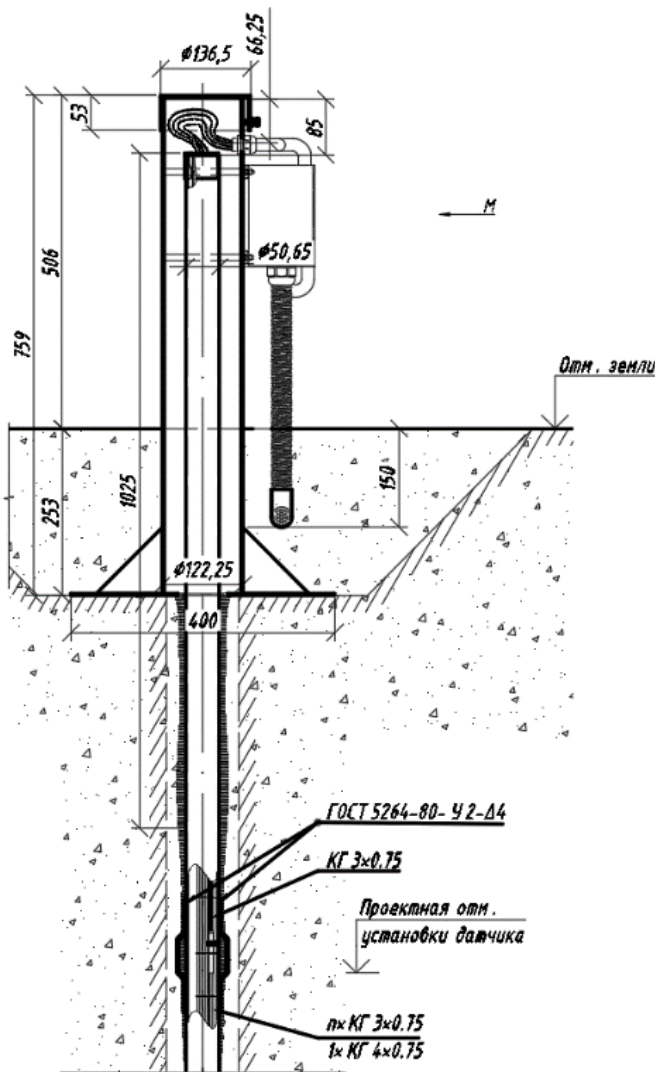


Рис. 3. Верхнее строение пьезометра

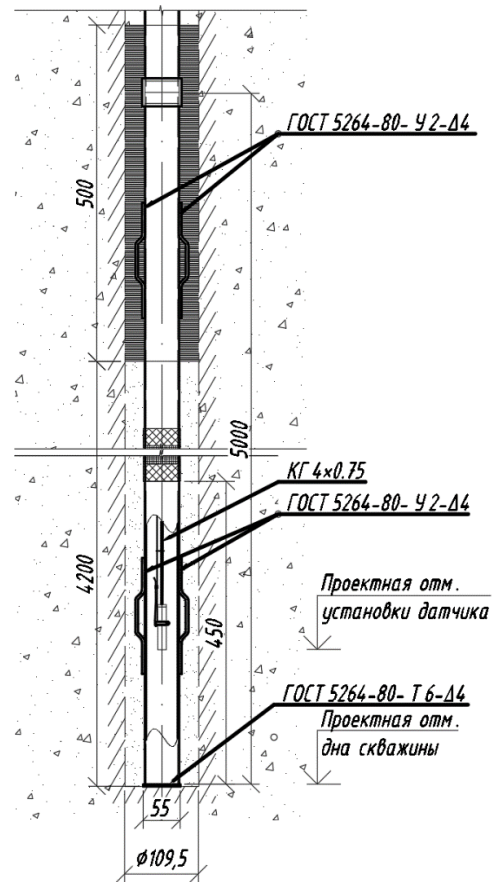


Рис. 4. Нижнее строение пьезометра

Были выбраны пятнадцать измерительных створов на ПК 0+00, ПК 2+00, ПК 4+50, ПК 5+50, ПК 6+00, ПК 7+00, ПК 9+00, ПК 11+00, ПК 15+00, ПК 19+00, ПК 20+00, ПК 22+00, ПК 23+00, ПК 24+00, ПК 25+00 в которых предусматривается бурение 52 новых скважины с гребня, бермы и откоса плотины для установки плетей из датчиков температуры и давления воды. Шаг температурных датчиков выбран переменным, с целью минимизации расходных материалов и уменьшения диаметра скважины. Большой шаг датчиков в зонах с наименьшей амплитудой колебаний температуры грунтов, минимальный шаг, наоборот, в зонах с максимальной амплитудой.

В связи с высокой надежностью, длительным сроком службы (15–25 лет) и отсутствием необходимости в течение всего срока службы выполнять поверку, для оснащения новых скважин термогирляндами и датчиками давления воды, предлагается использовать датчики струнного типа, который будет встроен в пьезометр (см. рис. 3, 4).

Внедрение АСО КИА позволяет достигнуть следующих целей:

- повышение точности, надёжности и достоверности результатов натурных наблюдений;
- повышение оперативности контроля и диагностирования состояния ГТС, постоянный контроль работоспособности КИА в процессе мониторинга состояния ГТС;
- качественно новый уровень при проведении инструментальных наблюдений (в ряде случаев повышенная частота опроса датчиков по сравнению с ручным опросом КИА позволяет осуществлять регистрацию и анализ нестационарных процессов, связанных с быстрыми изменениями режимов работы;
- снижение трудозатрат и исключение ошибок в процессе опроса КИА и ввода данных в базу данных.

Таким образом, в работе было проанализировано текущее состояние КИА, было выполнено построение планов и сечение плотины по полученным изыскательным работам. Были выбраны новые средства контрольно-измерительной аппаратуры, с внедрением автоматической системы диагностического контроля.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ Р 58719-2019. Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Гидравлические электростанции. Гидротехнические сооружения. Контрольно-измерительные системы и аппаратура. Условия создания. Нормы и требования
2. СП 47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96 (с Изменением №1)
3. СТО 17330282.27.140.021-2008. Контрольно-измерительные системы и аппаратура гидротехнических сооружений ГЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования.
4. СТО 70238424.27.140.035-2009. Гидроэлектростанции. Мониторинг и оценка технического состояния гидротехнических сооружений в процессе эксплуатации. Нормы и требования.
5. СТО 17330282.27.140.004-2008. Контрольно-измерительные системы и аппаратура гидротехнических сооружений ГЭС. Условия создания. Нормы и требования.

УДК 627.034, 629.563.23

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

МОБИЛЬНЫЕ ВЕТРОДРОМЫ КАК ЭЛЕМЕНТЫ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ

В соответствии с указом президента Российской Федерации О Стратегии развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года, принятым 26.10.2020 [1], можно выделить следующие цели: 1) повышение уровня и качества

жизни людей, проживающих и работающих в Арктической территории; 2) улучшение экономической составляющей регионов Арктики; 3) реализация транспортной магистрали национального назначения на северном морском пути (СМП).

Цель работы – предложить и обосновать возможность применения инженерно-технического решения вертолетной площадки, обеспечивающей надёжное функционирование акватории СМП.

Северный морской путь – это южный берег северного ледовитого океана, который входит в северный морской транзитный коридор (СМТК – морской путь между Европой и Восточной Азией). СМП в соответствии с КТМ РФ (с учетом изменений ФЗ от 28 июля 2012 года № 132-ФЗ) гл. I ст. 5.1 «Плавание в акватории Северного морского пути» считается водным пространством, прилегающим к северному побережью РФ, охватывающее исключительно экономическую зону нашей страны и ограниченное с востока линией разграничения морских пространств с США и параллелью мыса Дежнева в Беринговом проливе, с запада меридианом мыса Желания до архипелага Новая Земля, как это видно на рисунке 1 [2, 3].

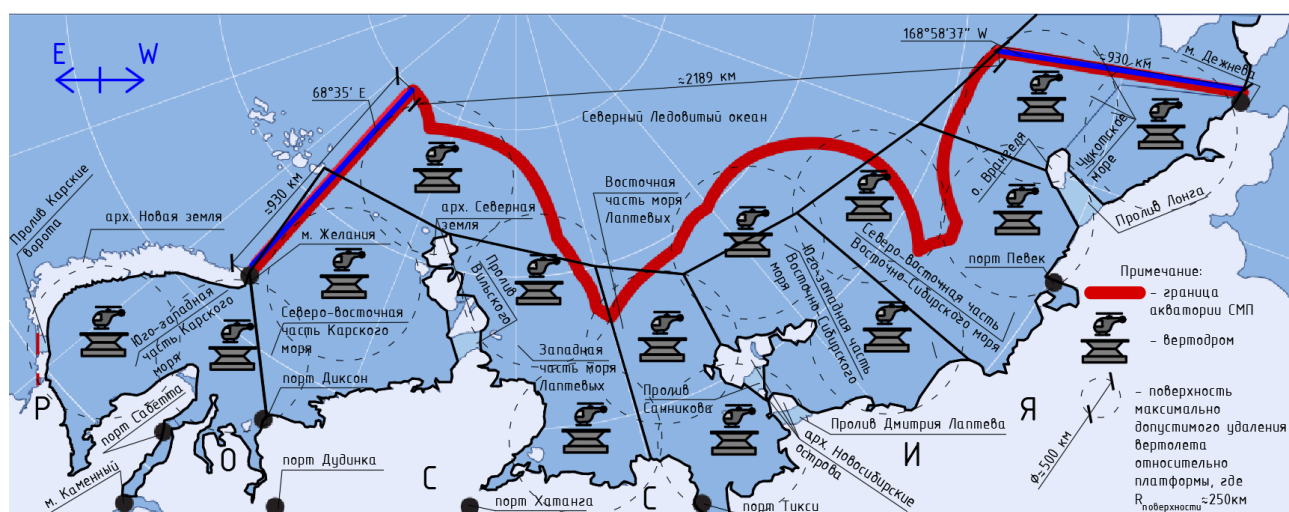


Рис. 1. Расположение вертодромов на акваториях вдоль северного морского пути (подложка взята с официального сайта Администрации СМП [4])

Важность и необходимость в освоении и эксплуатации СМП очевидна. Согласно оценкам экспертов, в континентальном шельфе РФ в Арктике находится около 85,1 трлн м³ горючего природного газа и 17,3 млрд т нефти с учетом газового конденсата [1]. Безусловно, акватория СМП является стратегическим резервом развития сырьевой базы РФ. К тому же в вышеупомянутой стратегии развития Арктической зоны РФ к 2035 году планируется реализация СМП как международной транспортной зоны для развития транзитного потенциала и географических преимуществ СМП. Немаловажным фактором является то, что РФ сможет безоговорочно контролировать СМП на основании закона №525-ФЗ, в котором Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» наделена полномочиями развития и функционирования СМП, и прилегающих территорий [5, 6].

Таким образом, можно выделить три основных причины в пользу развития и освоения СМП: 1) энергетическая; 2) транспортная; 3) оборонительная.

Как видно из рисунка 1, вдоль акватории СМП практически нет значительных портов, а значит, и населенных пунктов. Получается, одна из проблем на сегодняшний день заключается в том, что расстояние между основными (опорными) пунктами велико ($\approx 1500 \div 2500$ км), а значит при чрезвычайном происшествии (ЧП) аварийные суда в течение короткого промежутка времени не смогут прибыть к месту вызова, тем более с учетом ледовой обстановки.

К тому же стоит обратить внимание на то, что на протяжении СМТК функционируют только два опорных и глубоководных порта – Сабетта (вахтовый поселок) и Мурманск, который не входит в акваторию СМП [7]. Однако при реализации проекта компании «Роснефть» Восток Ойл, добавится еще один опорный и масштабный порт на СМП с развитой инфраструктурой – Диксон. Потому что в реализации проекта одним из ключевых идей является строительство порта мощностью 115 млн т в 40 км от поселка Диксон [8].

Проблема в том, что на реализацию таких проектов как Восток Ойл, требуется большое количество времени. По мнению автора, нужно параллельно со строительством портовых сооружений разрабатывать и внедрять иные инженерно-технические решения, способные обеспечивать устойчивое функционирование инфраструктуры в условиях климатических изменений. Будь то разведка месторождений, ликвидация разливов нефти [9], транзитные и каботажные перевозки или же оборонительная цель, везде будет актуальна работа каких-либо объектов инфраструктуры для организации медицинского, спасательного или логистического сообщения участников СМП. Поэтому в данной статье рассмотрим техническое решение вертолетной площадки.

Как известно, вертолеты являются многофункциональным, надежным и неприхотливым транспортом для авиaperезовок, научных исследований и ледовых разведок. Возможность посадки вертолетов конструктивно предусмотрена во многих ледоколах и вспомогательных судах. Выгрузка пассажиров на льдины, тактическая ледовая разведка при проводке судов, экстренная эвакуация – все это функции вертолетов в Арктике. Исходя из этих соображений, была разработана концепция морского стационарного вертодрома, который представлен на рисунке 2.

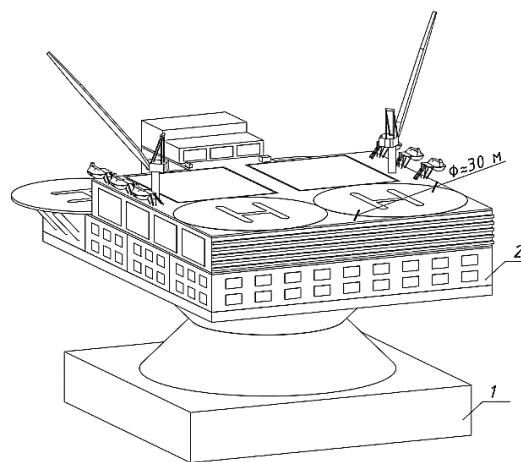


Рис. 2. Концепция мобильного вертодрома

Способ обеспечения вертолетного сообщения заключается в полетах между опорными портами, где размещаются морские стационарные платформы (МСП) гравитационного типа (см. рис. 1), состоящие из опорного блока (основания) в виде понтона с опорной колонной в форме песчаных часов из двух одинаковых усеченных конусов 1 и верхнего строения 2 (рис. 2).

Предлагаемая для эксплуатации МСП гравитационного типа обеспечивает устойчивость за счет собственного веса и веса принимаемого балласта заборной водой. Строительные и монтажные работы сооружения будут проходить на берегу, что сокращает сроки строительства, к тому же вертодромы типовые и имеет место «серийное» производство. Собственная плавучесть и система балластирования позволяет буксировать платформы на необходимые расстояния к месту установки без использования крупных понтонов и мощных крановых судов, что и позволяет вертодромы считать мобильными.

Как известно, для нормальной эксплуатации стационарное сооружение должно обеспечивать сохранение своего положения в пространстве при различных на него нагрузках (в нашем случае это внешние: нагрузка от течения $F_{\text{теч}} = 0,54$ МН, для которого плечо силы от уровня дна $a_{F_{\text{теч}}} = 7,38$ м; ледовая $F_{ZC} = 6,3$ МН, для которого плечо силы $a_{F_{ZC}} = 45,356$ м и $F_{XC} = 9,7$ МН с $a_{F_{XC}} = 19,64$ м; ветровая $F_{\text{ветра}} = 1,01$ МН с $a_{F_{\text{ветра}}} = 35,90$ м и волновая $F_{\text{волн}} = 74,97$ МН с $a_{F_{\text{волн}}} = 8,29$ м). По результатам проверки на устойчивость были вычислены действующие на сооружение моменты и силы опрокидывающей и удерживающей составляющей, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты проверки МВЭУ на устойчивость

Максимальный опрокидывающий момент M_t , МН м	Соответствующий удерживающий момент M_r , МН м	Максимальная сдвигающая сила F_0 , МН	Соответствующая удерживающая сила R_0 , МН
15000	19700	11,0	127

Приближенный расчет производился для стационарного вертодрома массой 18000 т, на глубине Карского моря 20 м с учетом солёности моря в мелководных районах ($S = 34 ‰$). Расчетная схема представлена на рисунке 3.

Корпус верхнего строения состоит из блок-модулей для персонала и медицинского обслуживания, ангара вместимостью двух вертолетов и ангара для техники. Вместимость вертолетной площадки – до четырех вертолетов. Диаметр зоны посадки – 30 м. При проектировании вертодрома за основу габаритных размеров взят офшорный вертолет Ми-171А3.

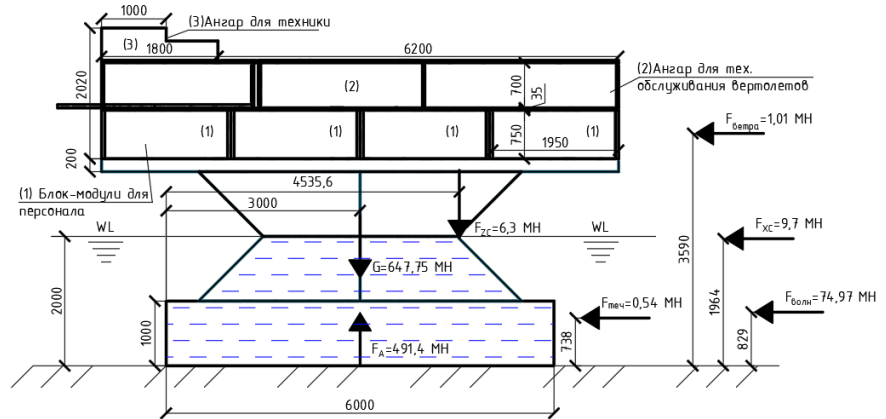


Рис. 3. Расчетная схема для определения устойчивости вертодрома

Вывод. В работе предложен мобильный вертодром, обеспечивающий надежное функционирование акватории СПМ с целью развития аварийно-спасательной инфраструктуры Арктической зоны.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года (с изменениями на 12 ноября 2021 года) <https://docs.cntd.ru/document/566091182>;
2. Родичкин И., Ишмуратова М., Буранбаева Л. и др. Том 3. Северный морской путь: история, регионы, проекты, флот и топливообеспечение / Сколково /;
3. Кодекс торгового мореплавания (КТМ РФ) «Статья 5.1. Плавание в акватории Северного морского пути» / <https://base.garant.ru/12115482/>;
4. Федеральное Государственное бюджетное учреждение. Администрация Северного Морского Пути / <http://www.nsra.ru/>;
5. Федеральный закон от 27.12.2018 № 525-ФЗ. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации;
6. Neftegaz.RU / <https://neftegaz.ru/news/gosreg/195841-v-putin-podpisal-zakon-dayushchiy-rosatomu-polnomochiya-po-razvitiyu-severnogo-morskogo-puti/>;
7. Северный морской путь / <https://ru.wikipedia.org/>;
8. Восток Ойл / <https://neftegaz.ru/tech-library/mestorozhdeniya/680427-vostok-oйл/>
9. Альхименко А.И., Большев А.С., Шхинек К.Н., Клеванный К.А. Математическое моделирование распространения нефти в воде и ликвидация последствий разливов в ледовых условиях. Научно-практический симпозиум «Финский залив-96», СПб, 15–17 октября 1996, с. 59–60.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАВУЧИХ ДОКОВ-ЗАВОДОВ
ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МАССИВОВ-ГИГАНТОВ

Массивы-гиганты — это железобетонные понтоны (ящики) чаще всего прямоугольной формы, состоящие из днища, наружных стен и внутренних перегородок. Они изготавливаются на берегу, а затем транспортируются на плаву, устанавливаются на заранее отсыпанную постель и заполняются сыпучим заполнителем (песком, гравием, камнем) или бетоном [1, 2].

Цель работы – рассмотреть эффективность изготовления массивов-гигантов на базе плавучего дока-завода.

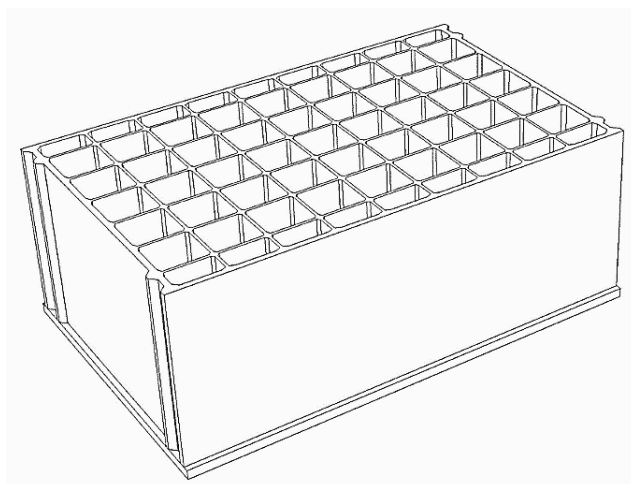


Рис. 1. Общий вид массива-гиганта

Оптимальным решением для строительства крупной партии массивов является применение плавучего дока по производству массивов-гигантов (дока-завода) – мобильной производственной площадки, на которой происходит быстрое формирование тела массива-гиганта (рис. 2).

Основным технологическим преимуществом является применение при строительстве «скользящей опалубки» – передового производственного комплекса, осуществляющего формирование вертикальных железобетонных конструкций в непрерывном режиме, представляющий собой опалубочный комплекс, портал, по которому он перемещается, и механизмы перемещения. Таким образом, док-завод обеспечивает быстрое серийное производство и спуск на воду массивов.

Такие доки построены и работают во многих странах, их собственниками являются европейские и азиатские компании (в качестве примера можно привести испанскую корпорацию «Acciona», греческую «Актор» и другие [3, 4]. С применением таких доков построены обширные гидротехнические сооружения бразильского порта Аку, итальянского порта Чивитавекья, их использовали при увеличении городской территории Монако [5–7].

Эффективность работы док-заводов подтверждается их коммерческой востребованностью и низкой удельной стоимостью производства на них железобетонных конструкций [8].

К постоянной или временной рабочей площадке, предназначенной для производства массивов-гигантов, предъявляются следующие требования:

- возможность круглогодичного производства массивов-гигантов и спуска их на воду;
- возможность доставки и складирования значительного количества строительных материалов;
- достаточная глубина моря для спуска массивов-гигантов и последующую погрузку их на транспортное судно;
- наличие акватории для промежуточного отстоя изготовленных массивов.

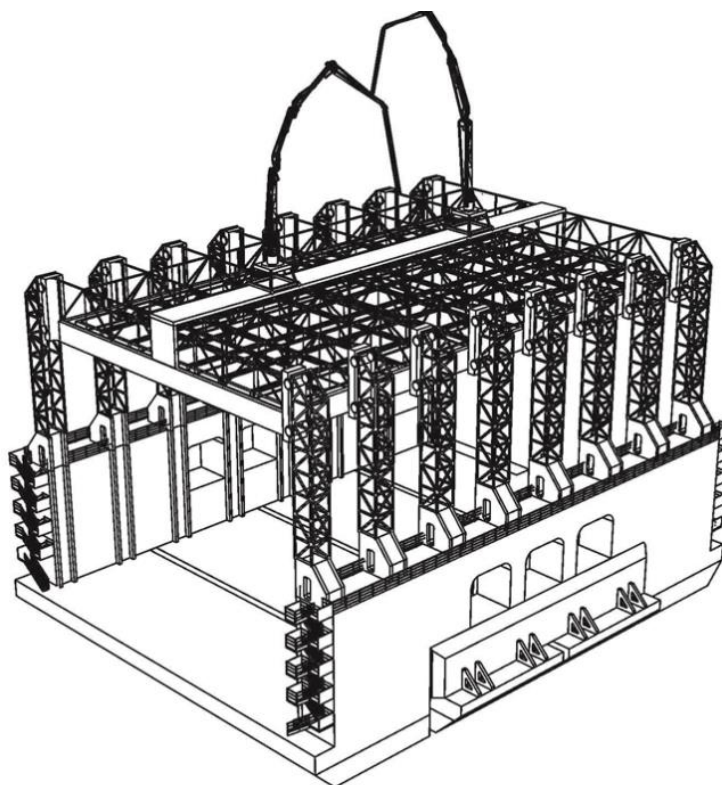


Рис. 2. Общий вид плавучего дока-завода

Процесс производства массива-гиганта на базе дока-завода состоит из следующих этапов:

- Формирование арматурного каркаса днищевой плиты;
- Заводка специальной плавучей платформы в док-завод;
- Установка каркаса днищевой плиты на палубу, установка опалубки днищевой плиты;
- Бетонирование днищевой плиты;
- Формирование вертикальных конструкций;
- Спуск массива на воду;
- Очистка стапель палубы и скользящей опалубки.

Цикл постройки одного массива-гиганта занимает 9–12 суток.

Для определения эффективности использования доков-заводов зададимся условным гидротехническим сооружением, возводимом в районе Восточно-Сибирского моря и состоящим из 60 одинаковых массивов-гигантов. Сравним два варианта возведения данного сооружения:

- производство массивов-гигантов в наиболее перспективном для этого районе и транспортировка их к месту строительства;
- строительство дока-завода и производство массивов-гигантов на его базе в непосредственной близости от строительной площадки.

Рассмотрим массив-гигант со следующими габаритными характеристиками: длина – 39,7 м; ширина – 23,5 м; высота – 15,5 м; вес железобетонной конструкции массива-гиганта – 7 400 т.

В первом приближении примем, что стоимость изготовления массивов-гигантов на базе дока-завода и более традиционным способом приблизительно одинакова.

Ориентировочная стоимость строительства плавучего дока-завода по данным АО «ЦБК Монолит» от 30.08.2021 г. составит порядка 2 660 млн руб., при этом стоимость системы скользящей гидравлической опалубки по коммерческим предложениям зарубежных фирм составляла около 765 млн руб. Из этого следует, что разработка собственной системы скользящей опалубки может благоприятно повлиять на развитие гидротехнического в России.

Расстояние транспортировки между Кольским заливом Баренцева моря (как наиболее перспективным районом строительства массивов-гигантов) и Чаунской губой Восточно-Сибирского моря составляет около 6000 км. Для транспортировки массивов-гигантов могут быть использованы суда специального типа, предназначенные для перевозки тяжелых крупногабаритных грузов морем. Способ выгрузки и погрузки таких судов – наплавной (float on/float off). Флот специализированных судов имеют несколько европейских компаний. Возможности некоторых судов голландской компании «Boskalis» представлены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование	Дедвейт, тыс. т	Грузовая площадь, м
Blue Marlin	76	178 × 63
White Marlin	72	178 × 63
Black Marlin	57	178 × 42

Расчет показывает, что для перевозки всех 60 массивов потребуется три рейса судами типа Blue Marlin, и один рейс судна типа Black Marlin. Рейс расстоянием в 6000 км для судна с наплавным типом выгрузки (при их спецификационной скорости около 15 узлов) будет продолжительностью около 15 суток, полный рейс с возвращением в Кольский залив – около 30 суток. При продолжительности навигации около 2,5 месяцев, с учетом прибытия и ухода судна из района перевозок, каждое судно гарантированно может совершить два рейса. Таким образом, перевозка может быть осуществлена в течение одного навигационного сезона с применением не менее четырех транспортных судов. Стоимость одного рейса, с учетом времени на обратный рейс, для судна типа Blue Marlin составит около 350 млн руб., для судна типа Black Marlin – около 250 млн руб. (стоимость определена непосредственным запросом, данные от 30.08.2021 г.). Таким образом, для данного расчета, общая стоимость транспортировки массивов составит порядка 2 400 млн руб.

Вывод. Расчёт данного случая в первом приближении показал, что при строительстве крупных морских гидротехнических сооружений доставка массивов-гигантов требует существенного количества денежных ресурсов, сопоставимых с затратами на строительство плавучего дока-завода. Учитывая тот факт, что в настоящее время планируется активное развитие Морского северного пути, плавучий док-завод – это крайне выгодное капиталовложение, так как такое специализированное предприятие существенно сокращает сроки и стоимость строительства гидротехнических сооружений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Морские гидротехнические сооружения. Основы, содержание и методика курсового проектирования: учеб. пособие / Н.Д. Беляев, М. Е. Миронов. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 118 с.
2. Беляев Н.Д. Причины аварий причальных сооружений. Предотвращение аварий зданий и сооружений. Межвузовский сборник научных трудов. МГТУ им. Г.И. Носова; Магнитогорск, 2003. С. 34–39. [Электронный ресурс] веб-сайт компании Acciona URL: https://experience.acciona.com/transport/kugira-the-giant-artisan/?_adin=02021864894
3. [Электронный ресурс] веб сайт компании Aktor URL: <https://ellaktor.com/en/etaireies-omiloy/aktor/>
4. [Электронный ресурс] веб сайт бразильского порта Аку URL: <https://portodoacu.com.br/en/about-the-port/port-of-acu/>
5. [Электронный ресурс] веб сайт итальянского порта Чевитавекья URL: <https://www.civitavecchiaport.org/>
6. [Электронный ресурс] веб сайт URL: <https://www.architecturaldigest.com/story/monacos-23-billion-expansion-mediterranean-sea>
7. Pantouvakis J.-P., Panas A. Computer simulation and analysis framework for floating caisson construction operations, Automation in Construction (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2013.04.003>.

РАСЧЕТ ШПУНТОВОЙ СТЕНКИ ДОСТРОЕЧНОЙ НАБЕРЕЖНОЙ

Цель работы – в рамках проекта реконструкции выполнить расчет шпунтовой стенки с выбором необходимой марки шпунта согласно нормативной документации.

АО «Адмиралтейские верфи» ведет свою историю с петровских времен. Заложенный Петром I в ноябре 1704 года Адмиралтейский дом стал крупнейшим кораблестроительным производством: за три с лишним века с адмиралтейских стапелей сошли более 2,6 тыс. кораблей и судов самого различного класса и назначения [1].

Сейчас главное направление Адмиралтейских верфей – проектирование, производство и модернизация судов гражданского и военного назначения различных типов.

Достроечная набережная Северной площадки расположена в устье реки Большая Нева (левый берег, севернее острова Матисов) и предназначена для достройки кораблей и судов, швартовки судов и плавсредств обеспечения. Длина причальной линии 386,00 м, отметка возвышения кордона плюс 3,10 м (в Балтийской системе высот) [2].

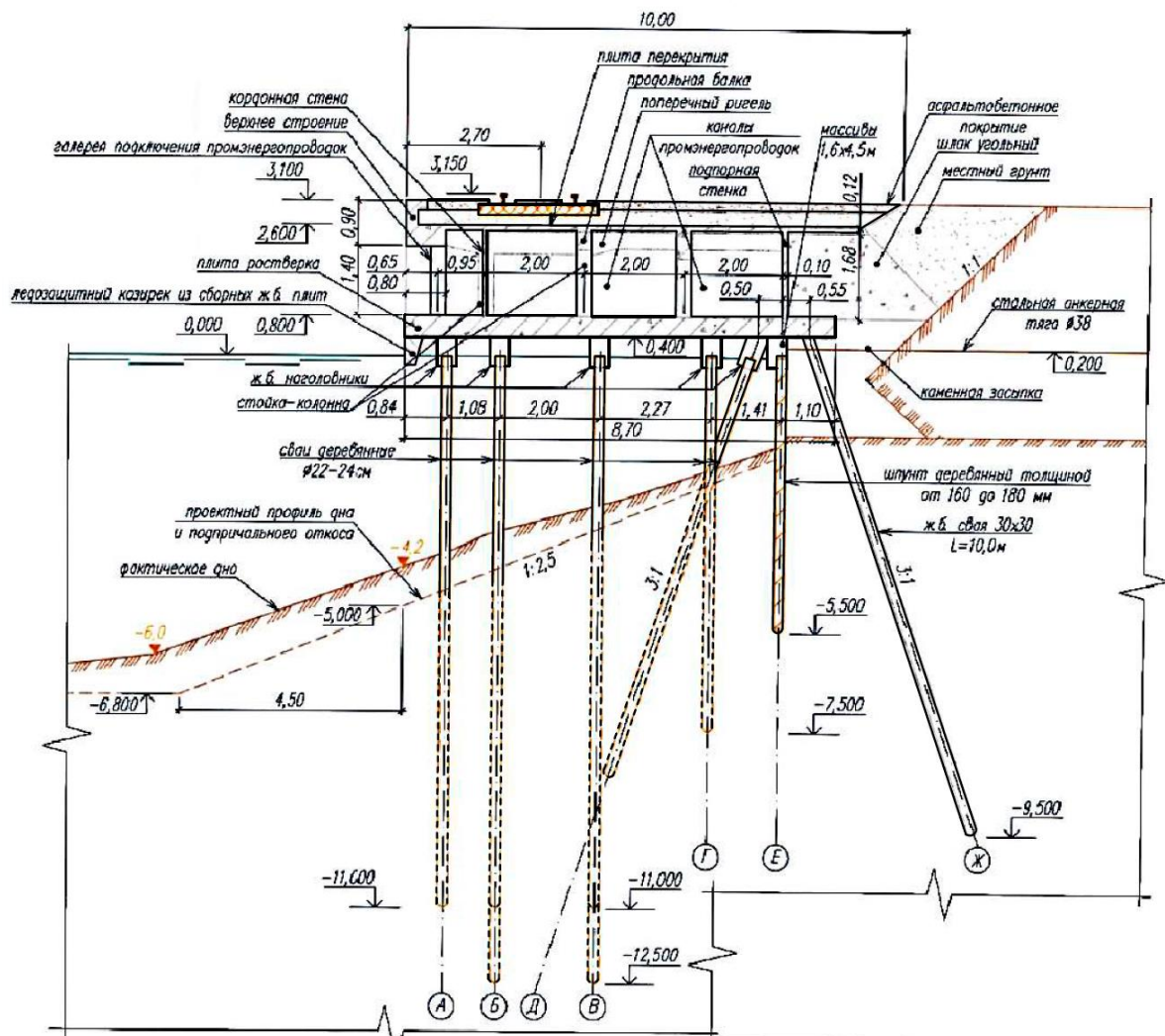


Рис. 1

В конструктивном отношении существующее сооружение представляет собой набережную стенку в виде высокого свайного ростверка. Основные несущие ряды свай выполнены из дерева, последний ряд по оси Ж (рис. 1) из железобетона. Учитывая износ сооружения, выявленный в процессе неоднократных обследований ГТС Адмиралтейских верфей [3–7] в качестве варианта реконструкции сооружения был предложен демонтаж ростверка и деревянных свай с последующей их заменой железобетонными. Новая конструкция будет представлять из себя набережную стенку в виде высокого свайного ростверка с передним шпунтом. Схема существующей конструкции представлена на рисунке 1 [7].

В данной работе представлен результат расчета предполагаемого к возведению переднего шпунта с учетом экранирующего влияния свайного ряда. Сплошная свайная стенка набережной по схеме работы является заанкеренной тонкой стенкой. Нижний конец стенки погружён в грунт, а смещению верхнего конца препятствует заделка в ростверк. Расчёт такой стенки производится методом упругой линии для 1 пог. м сооружения [8, 9].

В ходе построения графически уточняется предварительно назначенная глубина забивки шпунта, определяется сила R_a^* из условия равенства моментов в пролете и грунтовой заделке, вычисляется сила активного давления грунта E_a в пределах ростверка, равная площади соответствующей эпюры. Последняя будет использована для уточнения глубины забивки шпунта. На рисунке 2 представлены эпюры давления без учета экранирующего воздействия свайного ряда, с учетом такого воздействия и веревочный многоугольник (эпюра моментов) для случая с учетом экранирующего воздействия свай [9].

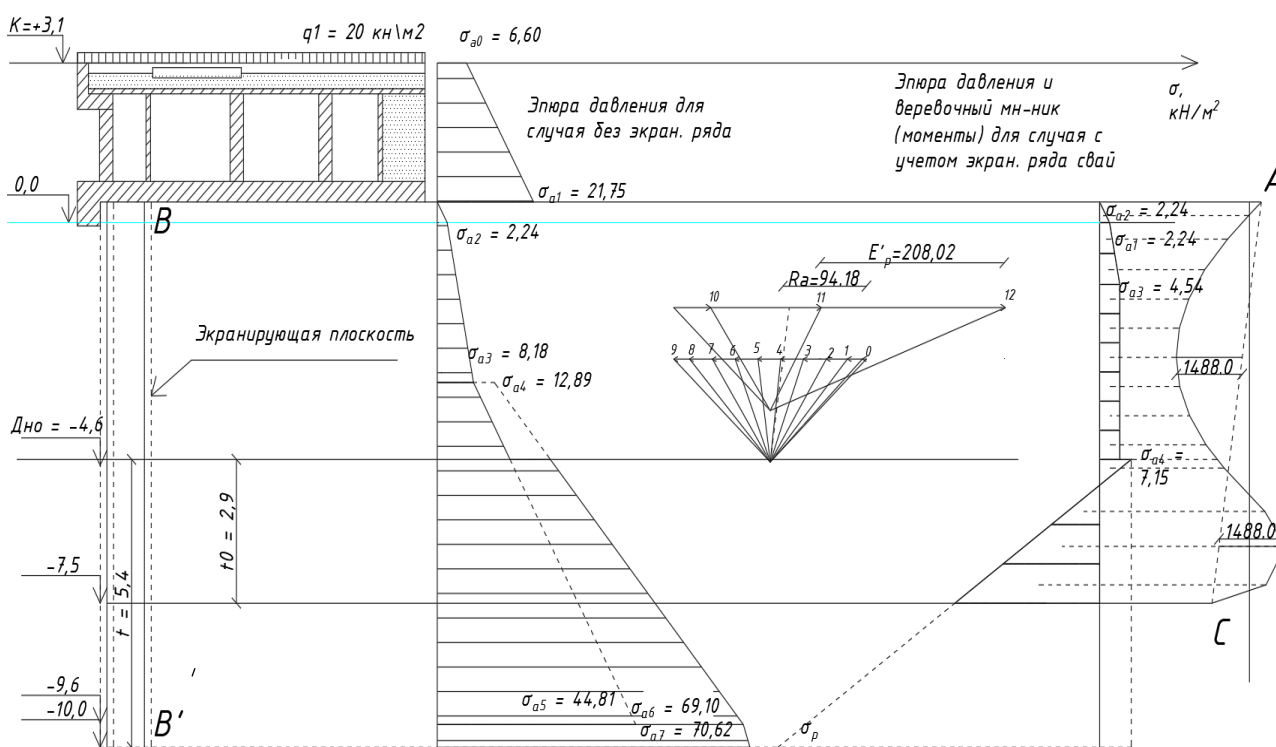


Рис. 2

В результате графического построения было произведено уточнение глубины забивки шпунта $t_0 = 2,9$ м. Итоговая глубина забивки будет равна $t = 2,9 + 0,84 = 3,74$ м.

Графически был определен максимальный изгибающий момент $M_{max} = 149 \text{ кН} \cdot \text{м}$.

Расчётный максимальный изгибающий момент M_l находится из следующего выражения:

$$M_I = \gamma_{lc} \gamma_n \gamma_f \gamma_{ca} M_{ш},$$

где $\gamma_n = 1,15$ – коэффициент надежности, сооружение III класса; $\gamma_{lc} = 1,0$ – коэффициент сочетания нагрузок, основное сочетание нагрузок; $\gamma_f = 1,2$ – коэффициент надежности по нагрузке, боковое давление грунта; $\gamma_{ca} = 0,95$ – коэффициент доп. условий работы, изгиб прокатной стали; $M_{ш}$ – нормативный изгибающий момент [9].

Нормативный изгибающий момент определяется по формуле:

$$M_{ш} = M_{max} m_c,$$

где $m_c = 0,75$ – снижающий коэффициент, так как из практики эксплуатации сооружений известно, что найденное подобным образом значение значительно превышает фактическое [9].

$$M_{ш} = 149 \cdot 0,75 = 111,75 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_I = 1,15 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 0,95 \cdot 111,75 = 127,39 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

По результатам расчета был выбран профиль GU 6N, его характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика шпунта GU 6N

Номер профиля	Размер профиля			Масса пог. м шпунтины, кг	Момент инерции I_x , см ⁴ 1 пог. м стенки	Момент сопротивления W_x , см ³ 1 пог. м стенки
	b , мм	h , мм	A , см ²			
GU 6N	600	309	18,54	41,9	9670	625

Вывод. В ходе выполнения данной работы был произведен предварительный расчет шпунтовой стенки графоаналитическим способом, были построены эпюры давления для двух случаев (с экранировающим рядом свай и без него), получена эпюра моментов для случая с экранированием. В результате расчета обоснованы окончательной глубины забивки шпунта 3,4 м и выбор профиля шпунта GU 6N.

ЛИТЕРАТУРА:

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/Адмиралтейские_верфи (дата обращения – 17.02.2022)
2. Технический отчёт об очередном комплексном обследовании 010-ИО.95ИО-16.1796.16 Достроечная набережная северной площадки. Санкт-Петербург, 2016.
3. 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 Политехн ун-та, 2014. С. 85–88.
4. Беляев Н.Д., Вилькевич В.В. Экспертиза технического состояния морских гидротехнических сооружений. Гидротехническое строительство. 2007. № 5. С. 37–45.
5. 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.
6. Пучков А.Л., Беляев Н.Д. Основные виды повреждений глубоководной достроечной набережной ОАО «Адмиралтейские верфи». XL Неделя науки СПбГПУ. Материалы международной НПК. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. С. 16–17.
7. Отчёт об инженерной экспертизе технического состояния гидротехнических сооружений глубоководной достроечной набережной на р. Неве АО «Адмиралтейские верфи». ПНИПКУ «Венчур». 2011.
8. Беляев Н.Д., Миронов М.Е. Морские гидротехнические сооружения. Основы, содержание и методика курсового проектирования. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014.
9. СП 58.13330.2012 Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003.

ПЛОТИНА ТИШРИН НА РЕКЕ ЕВФРАТ В СИРИИ

Цель работы: увеличение полезного объема водохранилища гидроузла Тишрин.

Вода является дефицитным ресурсом во многих странах мира из-за нерегулярных осадков, вызванных изменением климата, в дополнение к увеличению плотности населения и экономическому развитию, и, следовательно, увеличению спроса на этот ценный ресурс [1]. И Арабская республика Сирии не является исключением.

Арабская республика Сирия разделяет вместе с Турцией водные ресурсы реки Евфрат, на протяжении которой построен ряд гидроузлов [2]. Гидроузел Тишрин находится на территории Сирии. Он построен в 1999 г. и в его состав входит земляная плотина (рис. 1). Особенно после разрушения инфраструктур, вызванного военными действиями в республике, остро встал вопрос восстановления промышленных, гражданских и сельскохозяйственных сооружений и для их функционирования необходимо сохранение и увеличение водных ресурсов и их эффективного управления.

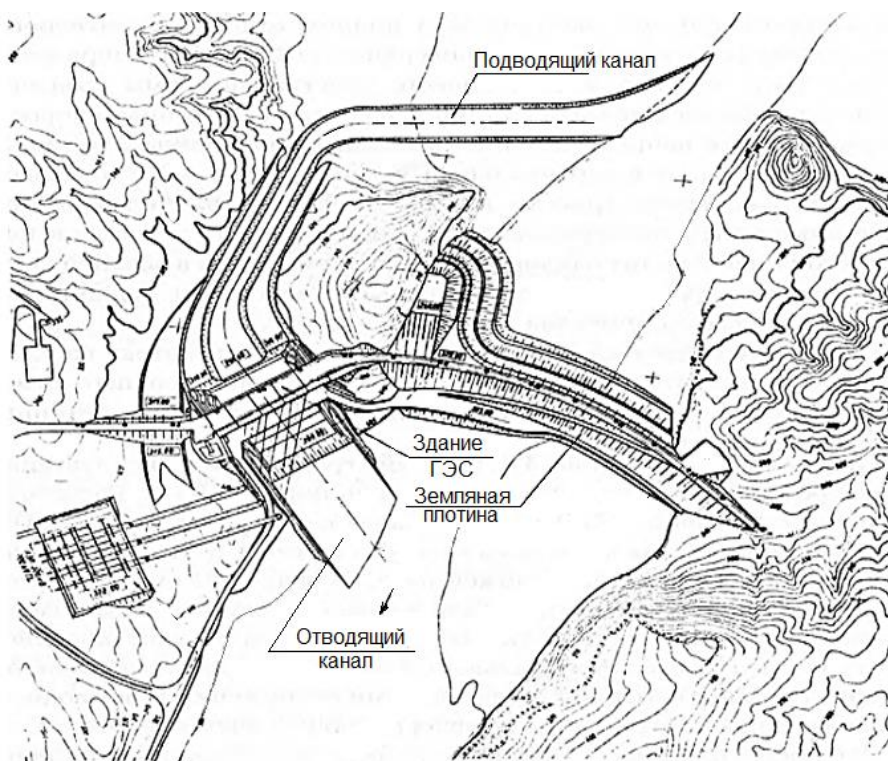


Рис. 1. Гидроузел Тишрин

В поисках рациональных решений выше указанных проблем предлагается наращивание высоты плотины и других сооружений гидроузла что позволило бы увеличить полезный объем водохранилища.

После конструирования плотины необходимо провести проверку надежности откосов на обрушение. При оценке устойчивости откосов земляной плотин используется наиболее распространённый приближенный графоаналитический способ кругло-цилиндрических поверхностей скольжения (рис. 2) [3].

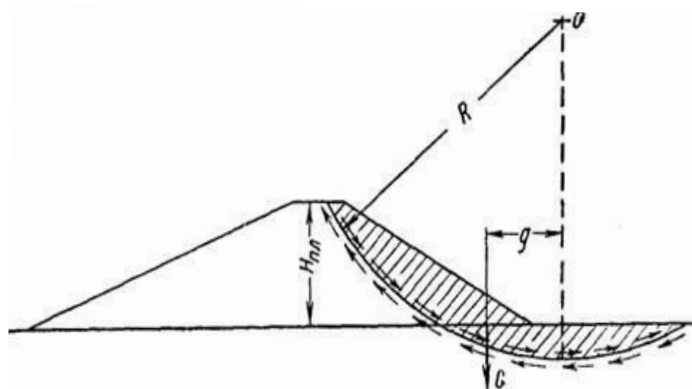


Рис. 2. Расчетная схема

Расчет по этому способу ведут в предположении, что массив грунта откосного сооружения может сползти по цилиндрической поверхности с радиусом R , проведенным из центра вращения O (рис. 2). Устойчивость откоса оценивается коэффициентом, представляющим отношение моментов всех удерживающих сил $M_{уд}$ к моменту всех сдвигающих $M_{сд}$. Таким образом, расчетная формула метода кругло-цилиндрических поверхностей скольжения имеет вид:

$$K = M_{уд}/M_{сд},$$

где K – коэффициент запаса устойчивости откосов, принимается в зависимости от положения центра кривой скольжения, отвечающего минимальному значению коэффициента устойчивости откоса, который определяют путем последовательных приближений.

Проведенные расчеты показали, что плотина устойчива при изменении отметки ее гребня с 329,0 м до 331,5 м [4].

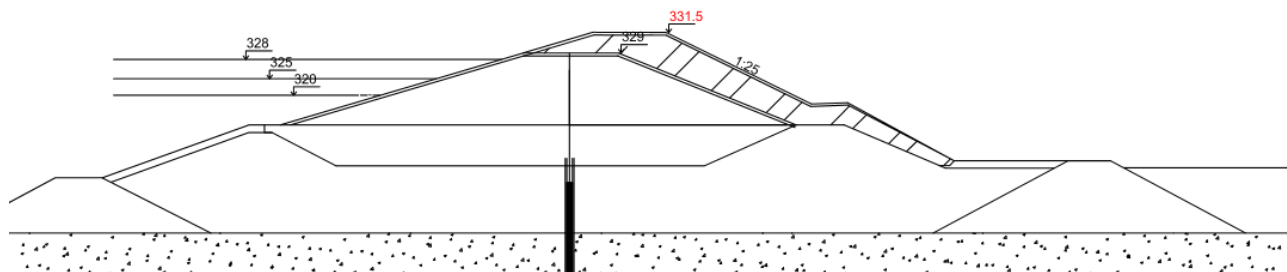


Рис. 3. Профиль плотины Тишрин с отметкой гребня 331,5 м

Вывод: после проведения оценки надёжности плотины с увеличенной высотой, данной конструкция может использоваться для увеличения полезного объема водохранилища гидроузла Тишрин.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Massri S. The important of dams. Available online: <https://www.arabcivil.com/> (дата обращения 14.02.2022).
2. Лапин Г.Г. Юбилейный сборник научных трудов Гидропроекта (1930–2000), 703 с.
3. Бухарцев, В.Н. Общий метод расчета устойчивости грунтовых откосов в рамках плоской задачи/ В.Н. Бухарцев // Гидротехническое строительство. – 1983. – № 11. – С. 28–32.
4. Бухарцев В.Н. Речные гидротехнические сооружения. Водоподпорные сооружения водохранилищных гидроузлов : учеб. пособие / В. Н. Бухарцев. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 135 с.

РАСЧЕТ ЛЕДОВОЙ НАГРУЗКИ НА ОГРАДИТЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ
ПОРТА «БУХТА СЕВЕР»

Целью работы является исследование влияния изменения российских нормативных документов в области определения ледовых нагрузок на морские причальные сооружения на примере объекта Порт «Бухта Север». Так как первоначальные оценки нагрузок известны, в работе делается акцент на определение ледовой нагрузки с использованием СП 38.13330.2018.

Некоторые расчеты объекта Порт «Бухта Север» уже выполнялись ранее [1]. Порт «Бухта Север» располагается в арктической зоне на полуострове Таймыр [2]. Климат Обь-Енисейского района суровый, с низкой температурой воздуха, большой влажностью и облачностью, небольшим количеством осадков, частыми туманами летом, штормами и метелями зимой. Для региона характерна продолжительная суровая зима (8-9 месяцев), безморозный период неустойчив, заморозки наблюдаются в течение всех «летних» месяцев. Число дней со снежным покровом превышает 240 суток в году. Средняя температура в наиболее холодные месяцы составляет $-25,2$ °С, в июле $+4\div 8$ °С [3].

В Обь-Енисейском районе в течение всего года возможно обледенение судов, при этом в период открытой воды возможно, как морское (намерзание льда на поверхностях вследствие забрызгивания и заливания водой) так и атмосферное (отложение льда на поверхности вследствие выпадения атмосферных осадков) обледенение, а в ледовый период – только атмосферное [4].

Начало ледостава в Енисейском заливе и низовьях Енисея приходится на начало октября, весенний ледоход происходит в середине конце июня (в районе Диксона – в конце июля). Зимой залив покрывается неподвижным льдом (припаем), в северной части плавучими льдами. Припай существует в Енисейском заливе более девяти месяцев. Торосистость льда составляет в среднем 1–2 балла, но у его кромки, островов и мысов может достигать 4 баллов. Продолжительность периода отсутствия льда 3 месяца и менее.

Режим ветра в районе имеет хорошо выраженный муссонный характер. В ноябре-марте в Енисейском заливе преобладают ветры Ю, ЮВ направлений; а в июне-августе преобладают ветры от С и СЗ. Весна и осень являются переходными периодами и характеризуются переменными ветрами. Средняя месячная скорость ветра в северной части Обь-Енисейского района составляет зимой 7–8 м/с, а летом 6–7 м/с. Максимальная скорость ветра достигает зимой в северной части района 45 м/с, а летом – 34 м/с. Повторяемость ветров со скоростью 15 м/с и более в осенне-зимний период составляет в северной части Енисейского залива 5–10 %. В июне-августе повторяемость таких ветров менее 5 %. Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более в июне – августе составляет 1–4 за месяц. Средняя продолжительность таких ветров 7–8 часов. Зимой штормы (скорость ветра 15 м/с и выше) бывают чаще, чем летом (в среднем 3–7 за месяц), их средняя продолжительность достигает 10–12 часов.

В южную часть Енисейского залива впадает река Енисей, определяющая его водный режим. В северной части залива (севернее 72° с.ш.) летом в поверхностном слое располагаются теплые речные воды, а в придонном слое – более холодные воды Карского моря. В июле температура поверхностного слоя воды в среднем 5–6 °С, в августе – 7–8 °С, в сентябре 2–3 °С, а в октябре вода охлаждается до 0 °С и ниже. С глубиной температура воды летом быстро понижается до 2–4 °С на глубине 8 м и до $-0,8$ °С на больших глубинах.

Приливные колебания уровня в Обь-Енисейском районе вызываются приливной волной, приходящей сюда из Карского моря. Величина приливных колебаний уровня

уменьшается по мере продвижения приливной волны с севера на юг. Приливы в основном полусуточные. Средняя величина сизигийного прилива у острова Сибирякова 0,4 м, а у Таймырского побережья – 0,3 м. Сгонно-нагонные колебания уровня в Енисейском заливе значительно превышают приливные колебания. Устойчивые СЗ и ветры вызывают нагон воды, а ЮВ – ее сгон. Максимальная величина суммарных колебаний уровня в навигационный период достигает у мыса Лескина (расположенным на Гыданском полуострове) 2,2 м.

Вдоль восточного берега Енисейского залива с юга на север идет основная ветвь постоянного течения из реки Енисей, его средняя скорость достигает 0,2–0,3 узла. Во время отлива скорость течения увеличивается местами до 1 узла и более; во время прилива течение прекращается или меняет свое направление на южное. При продолжительных южных ветрах, а также при спаде уровня воды после нагона скорость суммарного течения, идущего на север вдоль восточного берега залива, увеличивается до 2 узлов.

На степень развития волнения в Обь-Енисейском районе помимо ветра влияет наличие и распределение льда, а также глубины. В Енисейском заливе в первую половину навигации волнение связано с северными ветрами, а во вторую – с южными. Повторяемость высот волн 1 м и менее в среднем за навигацию составляет около 50%, а повторяемость высот волн более 3 м всего 3–4 %. Максимально возможная волна достигает 5–6 м.

Ледовые явления представляют особую опасность для сооружений в данной зоне [5]. Для защиты акватории порта используются оградительные сооружения откосного типа [6]. В данной статье рассмотрены нагрузки от движущегося и остановившегося ледяного поля. Расчет проводился по СП 38.13330.2018 [7].

Нагрузка от движущегося ледяного поля на откос рассчитывалась по формулам горизонтальная составляющая:

$$F_h = k_\beta k_\Delta R_f b h_d \operatorname{tg}(\beta + \operatorname{arctg} f) + m_h [1 + A_1(f - 0,1) + A_2(f - 0,1)^2] b;$$

вертикальная составляющая:

$$F_v = k_\beta k_\Delta R_f b h_d + m_v [1 + A_3(f - 0,1)] b,$$

где $k_\beta, k_\Delta, m_h, m_v, A_1, A_2, A_3$ – коэффициенты, принимаемые по таблицам СП; f – сила трения; b – протяженность контакта ледяного покрова с сооружением, м; h_d – расчетная толщина ровного льда, м; R_f – предел прочности льда при изгибе, МПа.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета нагрузки от поля надвигающегося льда

f	k_β	k_Δ	b	R_f	h_d	m_h	m_v	A_1	A_2	A_3
0,3	1,2	0,48	1	1,45	1	0,125	0,163	1,956	1,786	1,782

В результате были получены следующие значений:

горизонтальная составляющая:

$$F_h = 1,20 \text{ МН};$$

вертикальная составляющая:

$$F_v = 1,06 \text{ МН}.$$

Для расчета нагрузки от воздействия остановившегося поля льда использовалась следующая формула

$$F_s = (p_\mu + p_v + p_i + p_{\mu a}) A,$$

где $p_\mu = 5 \cdot 10^{-9} \rho V_{max}^2$; $p_v = 5 \cdot 10^{-7} \frac{h_d \rho V_{cp}^2}{L_m}$; $p_i = 9,4 \cdot 10^{-7} \frac{h_d \rho V_{cp}^2}{H}$; $p_{\mu a} = 2 \cdot 10^{-11} \rho V_{w,max}^2$; V_{max} – максимальная скорость течения воды подо льдом, м/с; $V_{w,max}$ – максимальная

скорость ветра в период ледохода, м/с; L_m – средняя длина ледового поля по направлению потока, м; A – расчетная площадь ледового поля, м²; H – глубина воды перед сооружением, м; ρ – плотность воды, кг/м³.

Таблица 2 – Исходные данные для расчета нагрузки от поля остановившегося льда

V_{max}	$V_{w,max}$	V_{cp}	L_m	H	A
61,9	45	17,4	30100	20,16	559470000

Таблица 3 – Результаты расчета нагрузки от поля остановившегося льда

p_μ	p_V	p_i	$p_{\mu a}$	F_s
0,01158	0,000064	0,014117	0,000041	18674540

Нагрузка F_s не должна превышать нагрузку $F_{b,w}$

$$F_{b,w} = k k_V R_c b h_d,$$

где $k = 0,9$; $k_V = 0,1$; $R_c = 6,5$ МПа – предел прочности льда на одноосное сжатие;

$$F_{b,w} = 0,59 \text{ МН.}$$

Принимаем $F_s = 0,59$ МН.

Полученные значения нагрузок превышают значения прочности льда. Таким образом за максимальную нагрузку, при расчете по СП 38.13330.2018, в данном случае будет приниматься предельные значения, обусловленные прочностью льда.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бучнев И.Д., Шарапов Д.А., Расчет оградительных сооружений порта «бухта север» в программном комплексе Plaxis 2D. В сборнике: Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. ИСИ. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 92–94.
2. Таймыр – полуостров сокровищ [Электронный ресурс]. URL: <https://www.neftegaz.ru/>. Дата обращения – 05.03.2021.
3. Аналитическая записка. Описание ледовых условий района предполагаемого строительства нефтяного терминала «порт Бухта Север», ФГБУ «ААНИИ», СПб, 2019.
4. Шарапов Д.А., Шхинек К.Н. Нагрузки от льда на вмержшие вертикальные стальные сооружения при горизонтальных подвижках ледового покрова. // Известия ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева. 2016. Т. 282. С. 99–107.
5. РД 31.31.21-81. Основные положения по проектированию морских портов с замерзающей акваторией. – М.: 1981.
6. РД 31.31.55-9.3 Инструкция по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений
7. СП 38.13330.2018. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82.

УДК 721

М.М. Войтенко, В.В. Шерстюк, Г.Л. Огурцов, Л.В. Талипова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ ВЕКТОРНОГО ЗАТЕНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВА

Согласно СП 42.13330.2016 расстояния между жилыми, общественными и производственными зданиями необходимо принимать исходя из расчетов инсоляции и освещенности, нормами освещенности, приведенными в СП 52.13330, а также в соответствии с противопожарными требованиями.

Между длинными сторонами жилых зданий необходимо принимать расстояния: для жилых зданий высотой два-три этажа – не менее 15 метров; четыре этажа – не менее 20 м; между длинными сторонами и торцами тех же зданий с окнами из жилых комнат – не менее 10 м. В условиях реконструкции и других сложных градостроительных условиях указанные расстояния могут быть сокращены при соблюдении норм инсоляции, освещенности и противопожарных требований, а также при обеспечении непросматриваемости жилых помещений (комнат и кухня) из окна в окно [1].

В наше время возникновение затемненных участков помещения встречается достаточно часто. На это влияет не только внутренняя планировка, но и наличие внешних факторов: плотная застройка вокруг, наличие густых древесных насаждений и т.д. [2]. Затененность пространства в свою очередь оказывает влияние на эмоциональное и физическое состояние человека. Недостаток естественного света влечет за собой появление сонливости, невнимательности, снижение общей работоспособности людей. Для зданий административного характера снижение продуктивности персонала может привести к застоям в рабочем процессе и сокращению темпов производства. Поэтому важно еще на первых этапах планирования объекта строительства не допустить ошибки при расчете инсоляции и принимать во внимание все факторы, влияющие на естественное освещение помещения [3].

Цель: проанализировать возможность использования инструментов плагина Ladybug для анализа векторного затенения земельного участка.

Объектом исследования являются земельные участки в г. Санкт-Петербурге.

Для анализа в данной статье используются следующие программные комплексы:

Rhino – коммерческое программное обеспечение для трехмерного NURBS-моделирования [4]. Применяется во многих отраслях, включая промышленный дизайн, архитектуру, корабельное проектирование, САД проектирование, а также мультимедиа и графический дизайн.

Grasshopper – визуальный редактор программирования, графический редактор алгоритмов, интегрированный в инструменты моделирования Rhino.

Grasshopper интегрирован в универсальную среду моделирования и используется профессионалами, работающими в обширном диапазоне направлений [5]. Grasshopper, в отличие от Rhino не содержит существующих геометрических объектов. Вместо этого Grasshopper является набором правил о том, как Rhinoceros может автоматизировать задачи.

Ladybug Tools – плагин, позволяющий импортировать и анализировать стандартные данные о погоде в Grasshopper, рисовать такие диаграммы, как дорожка солнца, роза ветров, радиационная роза, настраивать диаграммы, проводить радиационный анализ, исследования теней, анализ вида.

На первом этапе моделирования необходимо подгрузить данные о местности, с использованием плагинов семейства Elk (рисунок 1).

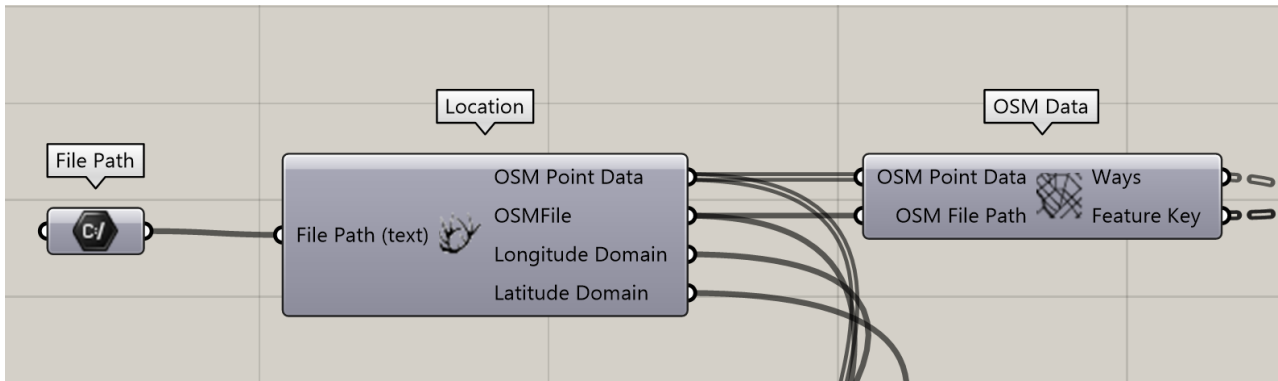


Рис. 1. Подключение узлов Location и OSM Data

После подключения данных о земельном участке поднимаем объем зданий с использованием информации из открытых данных OpenStreetMap.

Следующий этап – построение тени от зданий с помощью нода Mesh Shadow (рис. 2).

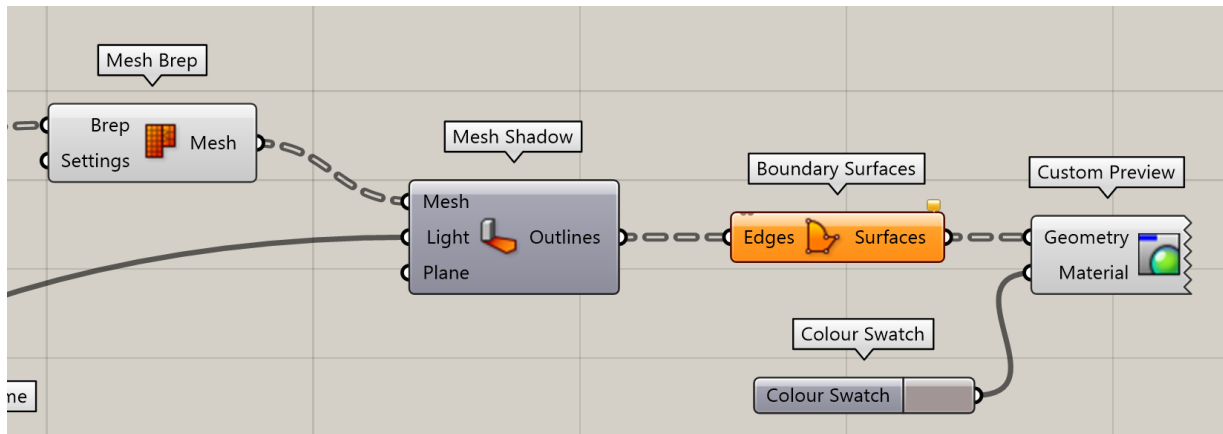


Рис. 2. Построение тени от зданий

На данном этапе подключаем плагины семейства Ladybug. Назначаем часовой пояс и наименование города для исследования (рисунок 3) и строим траекторию солнца с помощью нода LB SunPath (рисунок 4). Для представления скрипта интерактивным все изменяемые данные вводим с помощью нода Number Slider (месяц, день и время).

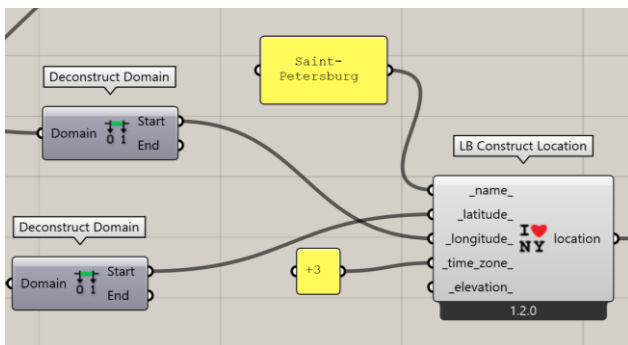


Рис. 3. Задание местности

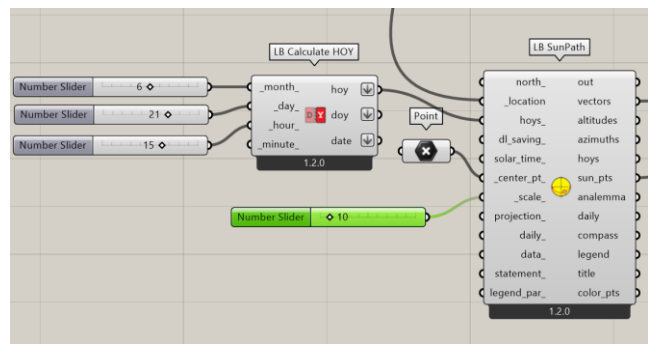


Рис. 4. Задание траектории солнца

Используя скрипт, описанный выше, были построены затенения пространства для следующих участков: а) г. Санкт-Петербург, муниципальный округ Чкаловское, парк Тихий отдых, участок 18, г. Санкт-Петербург, Сквозной проезд, дом 3, б) г. Санкт-Петербург, пер. Красногвардейский (рис. 5), в) г. Санкт-Петербург, тер. Невская губа, уч.28, г. Санкт-Петербург, Невская губа, участок 27, г) г. Санкт-Петербург, проспект Энгельса, уч.6, д) г. Санкт-Петербург, поселок Парголово, Ольгинская дорога, участок 3.

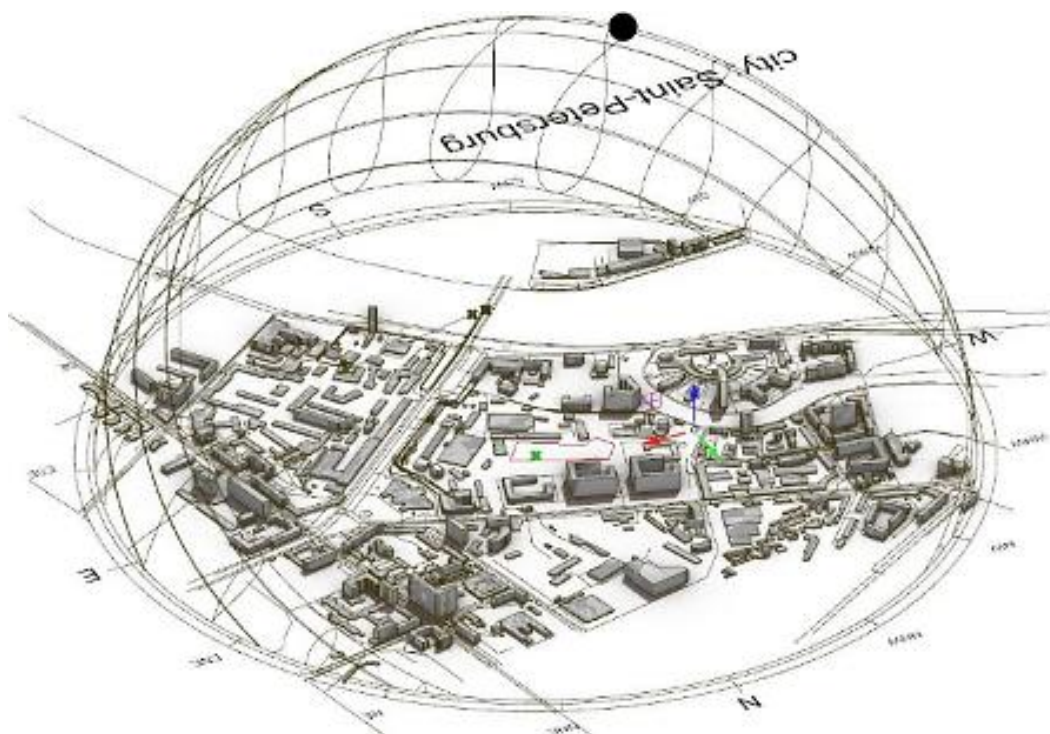


Рис. 5. Пример теневого затенения пространства

По полученным данным можно сделать следующие выводы:

1. На затененность участков влияет не только плотная застройка окружающей среды, но и высотность зданий.
2. Плагин Ladybug позволяет смоделировать воздействие солнца на застройку, что может исключить на предпроектном этапе выбор затененного участка.
3. Для детального исследования необходимо использовать коммерческие карты, так как в OpenStreetMap ограничена и неполная информация об объектах.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Gon Kim, Jeong Tai Kim. Healthy-daylighting design for the living environment in apartments in Korea/ Building and Environment Volume 45, Issue 2, Pages 287–294. 2010.
2. Defoe P.S. Daylight Analysis – Origins and Future. 2020
3. Cheung C.K., Fuller R.J., Luther M.B. Energy-efficient envelope design for high-rise apartments/ Energy and Buildings Volume 37, Issue 1, Pages 37–48. 2005.
4. Garcia M. da S., Martins de Freitas M.L., Souza R., Oliveira Veloso A.C. Comparison of daylighting simulation workflows and results using plugins for BIM and 3D Modeling programs: application on early phases of design process/ International Building Physics Conference (IBPC). 2018.
5. Oscar Kang, Sunji Kim. Daylighting Analysis and Simulation Tools in Architectural Design – Review of Tools and Compatibility with Architectural CAD Platforms/ KIEAE Journal 21(1). 2021. p.13-22.

ОЦЕНКА ПОДТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ КАК СЛЕДСТВИЯ БАРРАЖНОГО ЭФФЕКТА ПРИ ОСВОЕНИИ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ГОРОДОВ

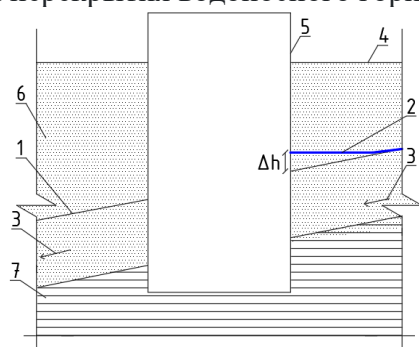
Освоение подземного пространства городов в России и во всем мире является одной из основных современных тенденций в градостроительстве. Подземные сооружения, имеют различное назначение: инженерно-транспортные сооружения, предприятия торговли и общественного питания, объекты складского хозяйства, инженерные сети и оборудования и т.д. [1, 6].

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 подпора УГВ вследствие возникновения барражного эффекта при строительстве подземных зданий и сооружений.

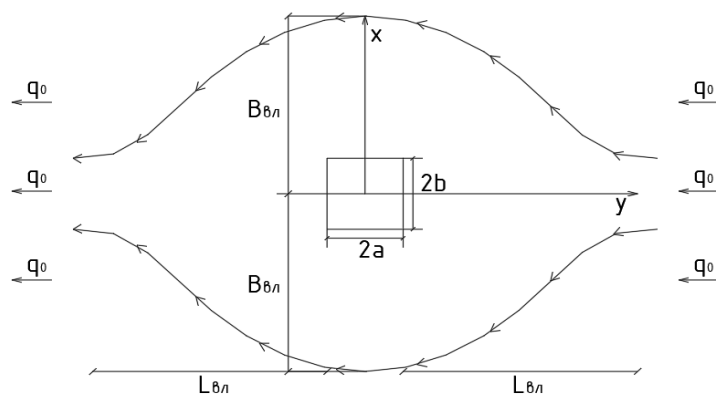
Схема образования зоны подтопления в следствие барражного эффекта [2, 7] при полном перекрытии водоносного горизонта представлена на рисунке 1.



- 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 методика Сологаева В.И. (рисунок 2) [3].



- $A = 2a$ – длина сооружения;
- $B = 2b$ – ширина сооружения;
- $B_{пл}$ – зона влияния по краям сооружения;
- $L_{пл}$ – зона влияния перед сооружением;
- q_0 – удельный расход естественного потока грунтовых вод (определяется по результатам гидрогеологических изысканий).

Рис. 2. Расчетная схема определения подпора [3]

Начало координат располагается в центре сооружения ($x = 0, y = 0$); x_n, y_m – координаты точки, где выполняется определение подпора.

Барражный эффект от прямоугольного в плане одиночного здания или сооружения, может быть рассчитан в виде изменения УГВ (рис. 2). Расчет повышения УГВ выполняется в точках с координатами x и y по формуле (1):

$$\Delta h = \frac{q_0 \sigma \gamma A}{k h_c (\xi^2 + \gamma^2)}, \quad (1)$$

где

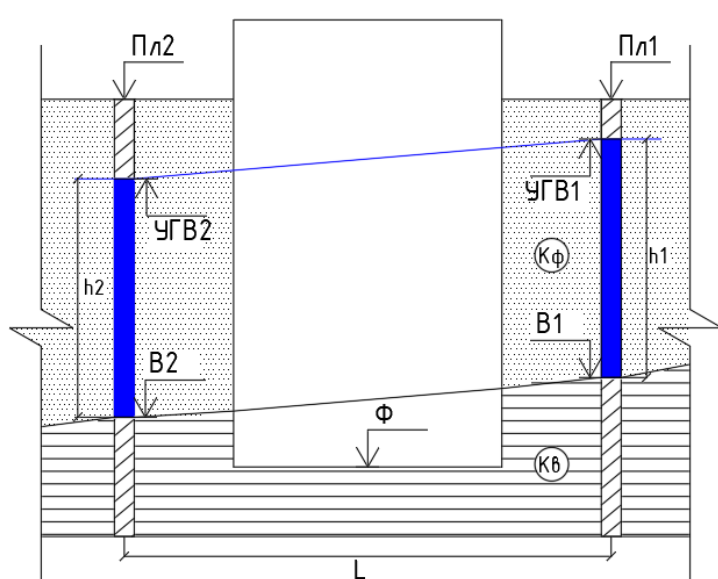
$$\sigma = \frac{(1 - \eta)}{(1 + \eta)}; \eta = \frac{k'}{k}; \xi = \frac{(x \pm a)}{(A + B)}; \gamma = \frac{(y \pm \beta)}{(A + B)};$$

$$a = \{0,5[\sqrt{(x^2 - y^2 - A^2 + B^2)^2 + 4x^2y^2} + x^2 - y^2 - A^2 + B^2]\}^{0,5};$$

$$\beta = \{0,5[\sqrt{(x^2 - y^2 - A^2 + B^2)^2 + 4x^2y^2} - x^2 + y^2 + A^2 - B^2]\}^{0,5},$$

где x и y – координаты точки; k – коэффициент фильтрации грунтового массива; q_0 – удельный расход естественного потока подземных вод; h_c – средняя мощность подземных вод; ξ, γ – вспомогательные величины, при определении ξ брать знак «+» для точек $x > 0$ и знак «-» для точек $x < 0$, аналогично для γ знак «+» для точек $y > 0$ и знак «-» для точек $y < 0$; a – половина длины здания; A – длины здания; B – половина ширины здания.

В качестве иллюстрации формирования барражного эффекта рассмотрим ситуацию на участке застройки в г. Санкт-Петербург. Схема здания и гидрогеологического строения участка представлены на рисунке 3 в виде геологического разреза между скважинами №1 и №2 (расстояние между скважинами $L = 43$ м).



Здание:

$A = 80$ м; $B = 40$ м;
 $\downarrow П1 = 21,2$ м; $\downarrow П2 = 21,2$ м;
 $\downarrow \Phi = 12,1$ м;

Грунты:

- пески крупнозернистые
 $k_\Phi = 20$ м/сут.
(водоносный горизонт);
- супеси тяжелые плотные
 $k_B = 0,01$ м/сут.; (водоупор).

Грунтовые воды:

$\downarrow УГВ1 = 20,1$ м; $\downarrow УГВ2 = 19,6$ м;
 $h_1 = 6,0$ м; $\downarrow В1 = 14,1$ м;
 $\downarrow В2 = 13,8$ м; $h_2 = 5,8$ м.

Рис. 3. Схема здания и гидрогеологического строения участка

На основании данных гидрогеологических изысканий определим параметры потока ГВ до строительства между скважинами №1 и №2 [4].

- гидравлический уклон $-J = (\downarrow УГВ1 - \downarrow УГВ2)/L = 0,016$;
- удельный расход потока ГВ $-q_0 = k_\Phi h_c J = 1,92$ м²/сут. (при $h_c = (h_1 + h_2)/2$).

На рисунке 4 представлено распределение подпора УГВ, вызванного барражным эффектом, по территории перед зданием. Начало координат ($x = 0, y = 0$) расположено по середине здания; ось Y направлена от здания вверх на встречу потоку ГВ, ось X – влево и вправо от здания. Значения подпора (превышения УГВ после строительства по отношению к УГВ до строительства) определены по расчетной модели (1).

	X	200	160	120	80	40	0	-40	-80	-120	-160	-200
Y												
0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20			0,02	0,03	0,07	0,27	0,65	0,27	0,07	0,03	0,02	
60			0,04	0,07	0,12	0,23	0,30	0,23	0,12	0,07	0,04	
100			0,06	0,08	0,12	0,17	0,19	0,17	0,12	0,08	0,06	
140				0,08	0,11	0,13	0,14	0,13	0,11	0,08		
180					0,09	0,10	0,11	0,10	0,09			
220						0,09	0,09	0,09				
260						0,07	0,07	0,07				

Рис. 4. Схема распределение подпора УГВ перед зданием

При перпендикулярном расположении длинной стороны здания к потоку ГВ максимальный подпор $\Delta h = 0,65$ м будет наблюдаться по середине здания. Это определит УГВ после строительства на территории перед зданием на отметках 20,75 м, что при $\downarrow\Pi_1=21,2$ м соответствует глубине залегания УГВ равной 0,45 м. Так как это значение меньше нормы осушения, то данная территория будет являться подтопленной, а условия ее эксплуатации – неудовлетворительными. Одним из эффективных способов борьбы с подтоплением, вызванного барражным эффектом, является антибарражный дренаж [5, 8].

Результаты анализа показывают, что величина подпора УГВ:

- увеличивается с увеличением длины здания: при $A = 60$ м – $\Delta h = 0,49$ м, при $A = 80$ м – $\Delta h = 0,65$ м, а при $A = 100$ м – $\Delta h = 0,81$ м;
- при значении гидравлического уклона потока ГВ $J > 0,002$ является малозначимой;
- увеличивается с увеличением гидравлического уклона потока ГВ: при $J = 0,01$ – $\Delta h = 0,42$ м, при $J = 0,016$ – $\Delta h = 0,65$ м, при $J = 0,02$ – $\Delta h = 0,79$ м;
- размеры зоны распространения подпора УГВ могут достигать до 100 м перед зданием, и до 40 м по краям здания.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о необходимости прогнозной оценки подпора УГВ, как результата барражного эффекта при строительстве заглубленных подземных сооружений, при значении гидравлического уклона потока ГВ $J > 0,002$.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Руководство по комплексному освоению подземного пространства крупных городов. М., 2004.
2. Криулин К.Н. Дренажные системы в ландшафтном и коттеджном строительстве СПб.: Изд-во ООО «НП-Принт», 2014г. 121 с.
3. Инженерные изыскания для строительства: практика и опыт Мосгоргеотреста // Гл. ред. Антипов А.В., Осипов В.И. – М.: ООО Издательство «Перспектив», 2012. – 352 с.
4. Чугаев Р.Р. Гидравлика. Л.: Энергоиздат. Ленинградское отделение, 1982. – 672 с.
5. Latina S.V. Gender Stereotypes in the Contemporary Humanities / Anthropology & Archeology of Eurasia. 2010. Т. 49. № 2. С. 66–75;
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. и др. Правовое обеспечение землеустройства и кадастров: учебное пособие // СПб.: СПбПУ, 2021 – [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://elibr.spbstu.ru/dl/5/tr/2021/tr21-4.pdf>. – Загл. с титул. экрана.;
8. Криулин К.Н., Петренко М.С., Чернов П.В. Антибарражный дренаж – защита от подтопления территорий при строительстве подземных сооружений. //ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2022. Т. 303. С. 70–77.

ОЦЕНКА ВИДИМОСТИ ПРОСТРАНСТВА НА ПРИМЕРЕ СЕВКАБЕЛЬ ПОРТ
В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Цель работы – применение количественной оценки восприятия пространства при реновации промышленных объектов.

Одним из распространенных методов для количественной оценки восприятия пространства на человеческом уровне является изовист, который вычисляет, количество видимого пространства из любой точки [1, 5]. Изовист вычисляется путем проецирования ряда векторов из точки наблюдения, где векторы пересекаются с геометрией в пространстве. Затем эти точки могут быть соединены друг с другом, чтобы сформировать общий объем видимого пространства.

Изовист – это совокупность всех точек, видимых с данной точки зрения в пространстве и по отношению к окружающей среде. Форма и размер изовиста могут меняться в зависимости от положения. Предлагаются числовые меры, позволяющие количественно оценить некоторые характерные особенности размера и формы. Эти меры, в свою очередь, создают набор скалярных полей изовиста [2, 6]. Проще говоря это объем пространства, видимый из данной точки.

Изовист может быть вычислен как объем в трехмерном пространстве, в архитектурных приложениях обычно вычисляют только двухмерный изовист на заданной территории, так как это оптимизирует процесс, делает вычисление намного быстрее [3-6]. Grasshopper предоставляет возможность вычисления двухмерного изовиста.

В данной статье проведен анализ видимости пространства для территории Севкабель Порта в Василеостровском районе г. Санкт-Петербург.

В ходе работы определены целевые точки, из которых построены изовисты для определения видимости из точки до фасадов здания (рисунок 1). Точки расположены на путях передвижения людей, что является значимым показателем для анализа видимости.

Окружающая среда определяется как совокупность видимых реальных поверхностей в пространстве [9]. В таблице 1 показаны результаты видимости пространства из каждой точки и предложены варианты использования пространства.

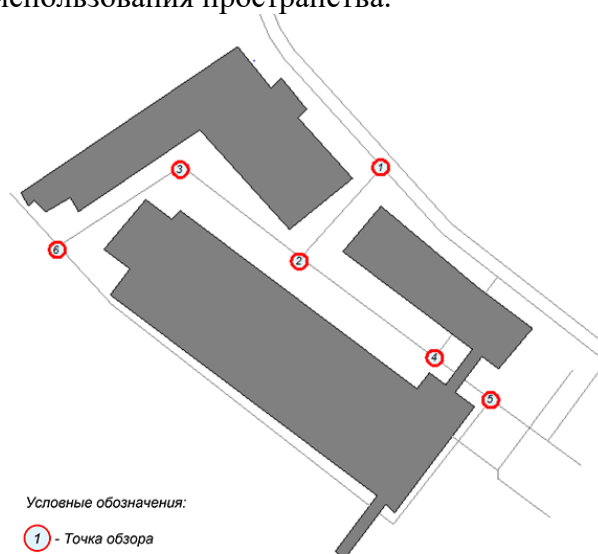
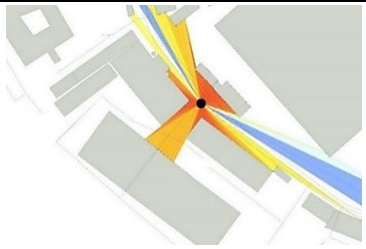
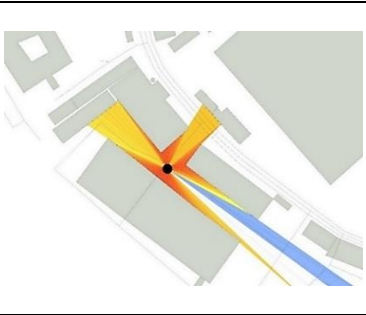
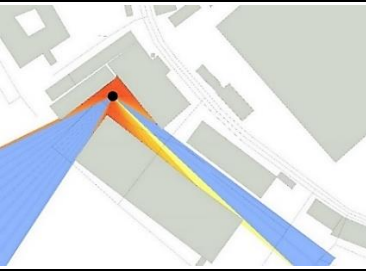
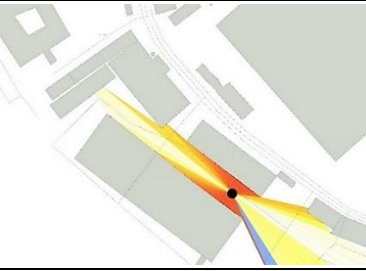
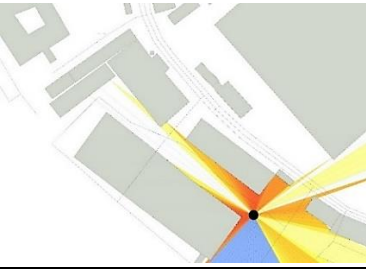
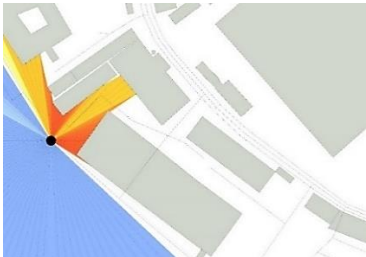


Рис. 1. Точки для определения объема видимости

Таблица 1

Поз.	Визуализация	Анализ видимости пространства
1		Первая точка расположена на входной группе, по данной точке анализируется видимость пространства. Оранжевая зона включает обзорные точки, по пути которых можно расположить навигационную информацию, а также вывески и афиши.
2		Вторая точка расположена в центральной области пространства Севкабель порта. Желто-оранжевая зона включает точки, по пути которых можно выделить места под коммерческие помещения. В красной нижней области можно расположить локальные точки питания, которые могут быть представлены фургонами для фастфуда (фудтрак). Угловые красные зоны являются перспективными местами под коммерцию.
3		Третья точка расположена в угловой зоне с обзором на Набережную и основную прогулочную зону. По двум синим областям можно расположить открытые общественные пространства. В красных областях можно расположить зоны под коммерческие помещения.
4		Четвертая точка расположена на основной прогулочной зоне, ограниченной двумя зданиями, в которых можно расположить помещения небольших творческих мастерских.
5		Пятая точка является транзитной. По желтым областям можно расположить общественные открытые/закрытые пространства.
6		Шестая точка является обзорной, в ней можно разместить открытые пространства (выполнить благоустройство набережной). Оранжевая левая зона является потенциальным пространством для расширения территории Севкабель порта и расположения в нем коммерческих помещений.

Проанализировав объем видимого пространства на территории Севкабель порт можно выделить следующие зоны:

- Открытые общественные пространства.
- Закрытые общественные пространства (общественно-культурные).
- Футтраки.
- Коммерческие помещения: 1. Еда; 2. Мастерские; 3. Локальные бренды.

Соотнесем выделенные зоны с существующими пространствами. В Севкабель порт представлены следующие резиденты. К сфере культуры и искусства из постоянных резидентов можно отнести 6 мастерских (печать, звукозапись, медиа и живопись). Дизайн представляют 5 магазинов (товары для дома, канцелярия, цветы и свечи), а также 10 офисов, связанные с интерьерами и архитектурой. К моде и красоте можно отнести 3 студии, коворкинг зону мастеров, 9 магазинов (одежда, обувь, ювелирные украшения, оптика). Спортивной сфере соответствуют 2 студии (фитнес и бокс) и 2 тематических магазина (велосипеды и скейтборды). Сфера общественного питания состоит из 15 кафе, 2 ресторанов, 1 столовой, 1 кондитерского магазина, 2 баров, 1 футтрака и 1 фудкорта из 5 маленьких кафе. Для детей разработаны мастер-классы, курсы, имеется детская площадка.

Функция изовист для анализа объема видимого пространства позволила определить видимость зон. Для каждой зоны были определены резиденты Севкабель порта с последующим сравнением с существующими резидентами для проверки теоретических гипотез. В процессе проведения исследования было установлено, что функция изовист применима для анализа открытых пространств, так как в данном случае охватывается больший радиус исследования от точки. Метод изовист является актуальным для поведенческих и перспективных исследований в архитектуре и градостроительстве.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гончаренко, У.Н. Современные тенденции реновации промышленных территорий // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации. – 2017. – №2. – с. 74–80.
2. Титов, С.А. Европейский опыт реализации программ редевелопмента промышленных территорий мегаполисов / С.А. Титов, А.П. Бирюков // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 11–3. – с. 605–610.
3. Hillier, B. Space syntax / B. Hillier, A. Leaman, P. Stansall, M. Bedford // Environment and Planning B: Planning and Design. – 1976. – № 3(2). – Pp.147–185.
4. Hillier, B. The Social Logic of Space / B. Hillier, J. Hanson // Cambridge: Cambridge University Press. – 1984. – 295 p.
5. Tsvetkov O., Simankina, T., Karmokova, K. Video-ecological coefficient of real estate objects / E3S Web of Conferences Volume 91, 2 April 2019;
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. Latina S.V. Gender Stereotypes In The Contemporary Humanities / Anthropology & Archeology of Eurasia. 2010. T. 49. № 2. С. 66–75;
8. Ремчукова, Д.Р. Вопросы модернизации типовой застройки Василеостровского района Санкт-Петербурга / Д.Р. Ремчукова, Я.М. Латин, О.Ю. Цветков // Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия : Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. / Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – С. 376–379;
9. Мельникова, В.В. Человек и архитектурное пространство: осмысление взаимосвязей в социальных науках и градостроительной практике // Academia. Архитектура и строительство. 2019. №3. – с. 85–89.

АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ САПР И ГИС

Развитие программного обеспечения и государственная политика в области цифровизации производства, строительства и эксплуатации объектов приводит к необходимости работать с большими объемами данных, с расширенным набором информации. Агрегаторами этих сведений могут выступать различные геоинформационные системы (далее, ГИС-системы).

В общем случае, для ГИС-систем (например, QGIS, рис. 1). характерна работа с большим набором объектов и наборами атрибутов (свойств) ограниченного типа хранения (геометрического представления). Большую сложность в этом случае представляет процесс обмена данными между ГИС и САПР как в одну, так и в другую сторону [1], чему и будет посвящена данная статья на примерах реальных проектов.

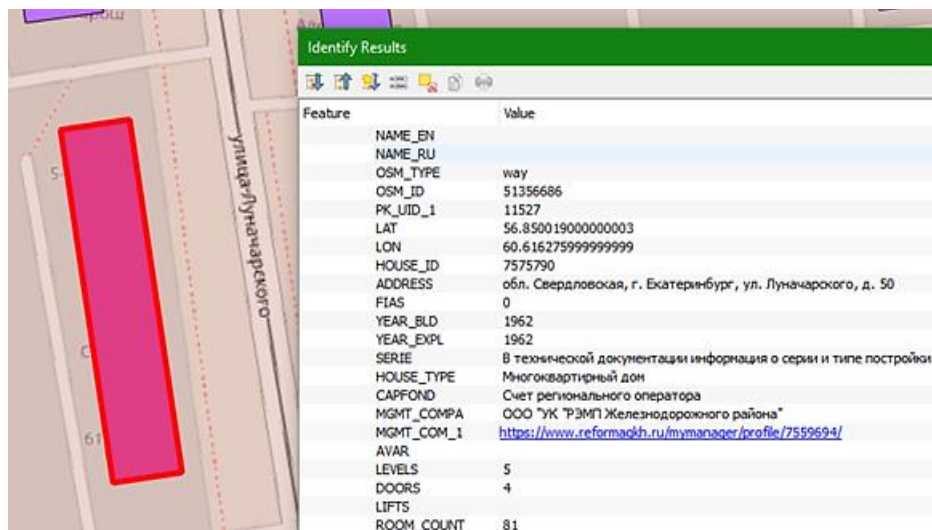


Рис. 1. Вид данных на жилой дом из выгруженного слоя в среде QGIS

Необходимость подобного двустороннего обмена связана с тем, что работы по атрибутизации элементов и выгрузке в геоинформационные системы ведутся параллельно с подготовкой рабочей/проектной документации, где базовая информация хранится изначально в информационной модели объекта [2]. Обратная сторона передачи данных характерна больше для случая предоставления сведений отдельным проектным организациям как исходные по объектам проектирования или для внутреннего пользования и доработке сотрудниками государственного органа власти.

Рассмотрим вопросы передачи информационных моделей из среды проектирования в ГИС-среду и обратно, опираясь на практический опыт авторов при решении поставленных задач в рамках государственного тендера на актуализацию технических средств организации дорожного движения г. Санкт-Петербург, а также ранних изысканий авторов при заимствовании отдельных практик из опыта отечественных и зарубежных коллег [3].

1. Использование общих координат (в конкретной системе) в проекте регламентируется техническим заданием/требованием Заказчика и, как правило, для перевода данных в мировую географическую систему координат WGS-84 есть ключ. Интерес представляют случаи, когда моделирование ведется не в общих координатах или есть потребность линейно трансформировать представление модели для выгрузки в используемую систему координат в форме общей

твердотельной модели, либо в виде отдельных геометрических сущностей с набором атрибутов. При наличии функциональной возможности используемого ПО первый случай используется для описания текущей системы координат (или числовых параметров перехода к ней) в заголовочной информации файлов 3D-представления данных – например, спецификации IFC, класса `IfcCoordinateReferenceSystem` или формате CityGML [4]. Альтернативным вариантом может быть экспорт описаний всех элементов в набор атрибутов с заменой геометрического положения объекта на точку/линию и обратную вставку элементов в первичную среду моделирования уже в общих координатах. Как правило, такое применяется лишь на начальной стадии проекта для геометрических и текстовых примитивов, либо для более сложных объектов, но с условием наличия возможности их задания в исходном виде в формате данных этого ПО, что мало осуществимо ввиду проприетарного формата почти всех популярных САПР на рынке, тогда как общие спецификации типа IFC возвращают при открытии лишь не редактируемую геометрию.

2. Важным в передаче данных служит возможность их последующего «воспроизводства» в иной среде в том же виде, либо в виде, отражающем их свойства и положение, что и в исходной САПР. В этом вопросе можно условно разделить элементы на типовые и уникальные, если говорить о наборе информации, которую необходимо передать в базу знаний, и чем её заместить, чтобы не хранить элемент как цельную информационную модель. Например, если говорить про передачу в ГИС информационной модели здания для эксплуатации, то таблиц не хватит для полного замещения модели данными – придется хранить геометрическое представление в форме 3D-модели в виде файлового пути в атрибутах объекта помимо выгружаемых общих метрик объекта в виде набора атрибутов; с другой стороны те же модели остановок общественного транспорта представляют собой типовые модели, характеристики которых не меняются, что позволяет заменить в ГИС остановочный пункт полигоном/точкой с атрибутом серии данного объекта. Что касается обратного импорта в САПР объектов из ГИС – здесь ситуация немного сложнее. Типовые объекты могут создаваться из базы семейств данного ПО с параметрами из атрибутки объекта из ГИС, тогда как цельные модели зданий – в форме открытых/закрытых спецификаций типа IFC, CityGML [5] в общем случае не передаются как редактируемые сущности, и в этом случае приходится дополнительно к представлению информационной модели в одном из открытых форматов хранить представление модели в исходном формате проектирования, при котором теряется преимущество ГИС как системы-агрегатора различных по топологии данных и свободного обмена ими между САПР.

Остановимся подробнее на возможности представления массива объектов (сложного объекта) группой простых/одним простым. Например, группа дорожных знаков различных типов на одной стойке. ГИС объекты существуют в виде простых геометрических форм (точки, линии, полигоны и их групп) – это касается элементов, геопространственное положение которых важно для отображения и использования объекта/его свойств. Отдельно, в виде таблиц или таблиц-классификаторов могут храниться группы параметров, описывающих свойства данного объекта или отдельные объекты, связанные с данным геометрически так, что их положение на данном можно легко воспроизвести – это позволяет не хранить положение всех составляющих сложного объекта, а фиксировать только опорные части. Другой пример – многослойная стена здания может быть представлена в виде плоской линии с атрибутом толщины конструктивных слоев, отметок низа и верха стены, также со свойствами полезной площади пустот/материалов – с поправкой на отверстия и конструктивные узлы, которые не передать отдельными элементами (или которые не нужны для модели в целом в рамках данной ГИС). Дополнительно к местоположению стойки вводятся следующие параметры, дающие возможность привязать отдельные элементы к данному: порядковый номер знака относительно низа/стороны опоры, угол поворота знака относительно направления движения дороги, тип опоры (одиночная стойка – знаки будут размещаться вертикально; П-образная опора – горизонтально, и сама опора будет задаваться двумя или более координатами – по месту расположения опор).

Необходимость повторного моделирования в САПР группы элементов из ГИС приводит к необходимости использования иерархии элементов, что напрямую в таблицах данных в ГИС изначально не реализовано – то есть задание каждому элементу в рамках группы элементов ссылки на родительский элемент. Для отдельных знаков – это место крепления, для ограждения – край полосы движения, для стоек – оси дорог и сторона движения и т. д. Оптимальный вариант представления идентификатора – это уникальное значение параметра, существующего в единственном числе в данной таблице БД (почти повсеместно, в качестве такого параметра принимают так называемые GUID). Тогда видимая методика загрузки данных из ГИС в САПР может выглядеть как: загрузка массива данных в рамках нужного полигона, моделирование геометрического представления в форме осей по иерархии снизу-вверх, применение дополнительных геометрических операций преобразования для точного позиционирования объектов на местности, замена простых форм отображения на типовые объекты/блоки/семейства используя параметры объекта. Обратная методика загрузки измененных/новых данных будет строиться по принципу сопоставления идентификаторов элементов и обновление существующих или формирование новых.

3. В последние годы наблюдается тенденция перехода САПР на структуру БД, то есть проект некой модели представляет собой набор метаданных и свойств (в табличном виде), где объекты геометрии хранятся в базе типовых семейств программы и в файле-описании модели присутствуют только в форме записей. В случае этого перехода передавать в ГИС информацию станет намного проще – она уже будет храниться в табличной форме и иметь связанную структуру с иными элементами посредством уникальных идентификаторов.

Видимый путь применения единой стратегии работы с данными в той или иной среде разработки моделей (САПР) – использовать штатные формы экспорта геометрического и атрибутивного представления модели в открытые спецификации наподобие IFC. Популярность формата IFC и его поддержка практически всеми САПР позволяет при передаче данных из САПР в ГИС придерживаться одного подхода миграции потока данных, в то время как при необходимости выгружать в САПР обратно пакет данных из ГИС приходится пользоваться исключительно возможностями программного интерфейса при отсутствии иных спецификаций.

Вывод. Стоит отметить нарастающий интерес к вопросам обмена данными между САПР и ГИС как со стороны пользователей, так и со стороны органов государственной власти, заинтересованных в едином подходе организации хранения и передачи данных между отдельными исполнительными органами и непосредственно для самих проектных организаций. Возрастающие функциональные возможности геоинформационных систем и открытость исходного программного кода модулей позволяют неограниченно расширить применение отдельных алгоритмов аналитики данных.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Mijic, N.; Sestic, M.; Koljancic, M. CAD-GIS BIM Integration-Case Study of Banja Luka City Center. In *Advanced Technologies, Systems, and Applications*; Springer: Cham, Switzerland, 2017; Volume 3, pp. 267–281.
2. Кряхтунов А.В., Мартынова Н.Г., Бударова В.А., Брылев И.С. Градостроительное проектирование на основе САПР и ГИС // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. 2020. DOI:10.33764/2687-041X-2020-1-61-65.
3. Субботин С.А., Сарычев Д.С., Скворцов А.В. Интеграция технологий ГИС и САПР при создании информационной системы автомобильных дорог // ГЕО-СИБИРЬ. 2006. С. 232–237.
4. Jusuf S., Mousseau B., Godfroid G., Soh J. Path to an Integrated Modelling between IFC and CityGML for Neighborhood Scale Modelling // *Urban Science*. 2017. № 4(1). С. 25. DOI:10.3390/urbansci1030025.
5. Sani M.J., Rahman A.A. GIS and BIM integration at data level: A review // *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences – ISPRS Archives*. 2018. № 4/W9(42). С. 299–306. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-4-W9-299-2018.

СРАВНЕНИЕ ВЕТРОВОГО ДАВЛЕНИЯ НА ВЫСОТНОЕ ЗДАНИЕ В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОЙ МЕСТНОСТИ И ПЛОТНОЙ ЗАСТРОЙКИ

Актуальность. На сегодняшний день активно развивается строительство высотных зданий. При их проектировании учитываются многие факторы, но особое внимание следует уделить ветровым воздействиям как на само здание, так и на существующую окружающую застройку.

Благодаря корректному учету аэродинамических характеристик можно подобрать нужную форму здания и выбрать его ориентацию относительно соседних построек так, что ветровые нагрузки не будут оказывать чрезмерного воздействия на здания. На данный момент существует несколько различных мероприятий, направленных на снижение ветрового воздействия при проектировании высотных сооружений [1, 4], но большинство из них основывается на изменении внешних архитектурных элементов и формы здания [2, 5].

В случае, когда форма здания по различным причинам не может быть изменена, остается снизить ветровое давление за счет поиска оптимального расположения здания относительно сторон света и потока ветра [3] и окружающей местности.

Методы исследования. Методом исследования является теоретическая оценка ветрового воздействия на высотное здание в различных окружающих условиях на основе требований и методик расчетов соответствующих нормативных документов.

Цель работы – выявление наиболее благоприятного положения здания на местности для получения минимального ветрового воздействия на рассматриваемое здание.

Наиболее приближенный к действительности результат изучения ветрового давления можно получить, проводя испытания модели здания в аэродинамической трубе как для получения значений нагрузок [6], так и для выявления наиболее удачной ориентации зданий относительно ветрового потока [7]. Однако для первичной оценки достаточно провести теоретический расчет с целью дальнейшего сравнения с результатами натурных испытаний или программного моделирования.

В данном исследовании сравним значения ветрового давления на здание определенной формы (рис. 1) в трех точках – у основания здания, в середине на (высоте 50 м) и на вершине. Единственное изменяемое условие в задачах: в первом случае расчет проводится для здания, строящегося в условиях открытых местностей побережья моря (А), а во втором случае здание располагается в условиях плотной городской застройки (С).

Согласно СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» нормативное значение основной ветровой нагрузки w следует определять как сумму средней w_m и пульсационной составляющей w_g :

$$w = w_m + w_g. \quad (1)$$

Нормативное значение средней составляющей основной ветровой нагрузки w_m в зависимости от эквивалентной высоты z_e над поверхностью земли определяем по формуле:

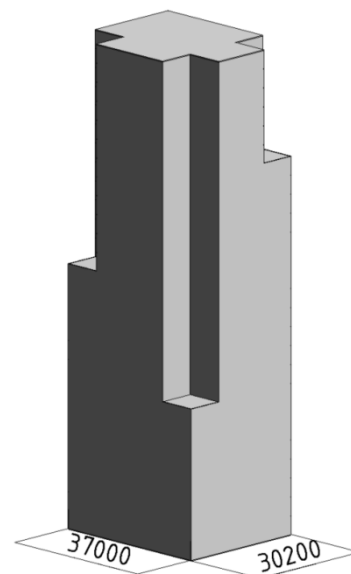


Рис. 1. Форма здания

$$w_m = w_0 k(z_e) c, \quad (2)$$

где w_0 – нормативное значение ветрового давления, принимаемое в зависимости от ветрового района (в данном случае для II ветрового района (г. Санкт-Петербург) нормативное значение ветрового давления составляет 0,3 кПа); c – аэродинамический коэффициент, согласно прил. В 1.2 к СП 20.13330.2016, примем в данном расчете для наветренной стороны $c = 0,8$; $k(z_e)$ – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для эквивалентной высоты z_e , вычисляемое по формуле:

$$k(z_e) = k_{10} \left(\frac{z_e}{10} \right)^{2\alpha}. \quad (3)$$

Определим коэффициент $k(z_e)$ для трех расчетных точек по формуле (3).

Таблица 1 – Значения коэффициента, учитывающего изменение ветрового давления

Высота z_e	Коэффициент $k(z_e)$ для местности	
	А	С
Нижняя точка ($z_e =$ ширина здания = 37 м)	1,481	0,769
Средняя точка ($z_e =$ высота от поверхности = 50 м)	1,621	0,894
Высшая точка ($z_e =$ высота здания = 110 м)	2,053	1,327

Определив все коэффициенты, можем вычислить искомые нормативные значения средней составляющей основной ветровой нагрузки по формуле (2).

Таблица 2 – Нормативное значение средней составляющей основной ветровой нагрузки

Точка	Значение w_m , кПа	
	А	С
Нижняя точка	0,355	0,185
Средняя точка	0,389	0,215
Высшая точка	0,493	0,318

Нормативное значение пульсационной составляющей основной ветровой нагрузки на эквивалентной высоте z_e (при условии, что первая частота собственных колебаний здания больше предельного значения собственной частоты) определяем следующим образом:

$$w_g = w_m \zeta(z_e) \nu, \quad (4)$$

где w_m – нормативное значение средней составляющей основной ветровой нагрузки, определенной согласно таблице 2; ν – коэффициент пространственной корреляции пульсаций давления ветра, определим по таблице 11.6 СП 20.13330.2016, т.к. расчетная поверхность близка к прямоугольнику, ориентированному так, что его стороны параллельны основным осям, и получим $\nu = 0,615$; $\zeta(z_e)$ – коэффициент пульсации давления ветра для эквивалентной высоты z_e , вычисляемый по формуле:

$$\zeta(z_e) = \zeta_{10} \left(\frac{z_e}{10} \right)^{-\alpha}. \quad (5)$$

Определим коэффициент $\zeta(z_e)$ для трех расчетных точек по формуле (5):

Таблица 3 – Значения коэффициента пульсации давления ветра

Высота z_e	Коэффициент $\zeta(z_e)$ для местности	
	А	С
Нижняя точка	0,625	1,283
Средняя точка	0,597	1,190
Высшая точка	0,530	0,977

Определив все коэффициенты, можем вычислить искомые значения пульсационной составляющей основной ветровой нагрузки по формуле (5).

Таблица 4 – Нормативное значение пульсационной составляющей основной ветровой нагрузки

Точка	Значение w_g , кПа	
	А	С
Нижняя точка	0,136	0,146
Средняя точка	0,143	0,157
Высшая точка	0,161	0,191

Получив значения средней и пульсационной составляющих ветровой нагрузки, можем вычислить окончательные значения основной ветровой нагрузки по формуле (1):

Таблица 5 – Нормативное значение основной ветровой нагрузки

Точка	Значение w , кПа	
	А	С
Нижняя точка	0,492	0,330
Средняя точка	0,532	0,372
Высшая точка	0,653	0,510

Выводы. Анализируя полученные результаты, можно отметить, что в условиях открытой местности средняя составляющая ветровой нагрузки больше, чем в условиях плотной застройки, и наоборот, пульсационная составляющая имеет максимальное значение в среде городской существующей застройки. Это распределение объясняется тем, что порывы ветра гораздо чаще возникают, если на пути ветрового потока существуют препятствия.

По результатам теоретических расчетов также можно отметить, что значения ветровой нагрузки на здание значительно ниже в условиях плотной застройки. Несмотря на повышенную пульсационную составляющую, основная нагрузка суммарно меньше. Этот факт можно объяснить тем, что, сталкиваясь с окружающей застройкой ветровые потоки, изменяют свое направление или полностью поглощаются другими зданиями. Поэтому можно сделать вывод о том, что отдельно стоящее здание будет получать большую ветровую нагрузку, в отличие от здания, находящегося в составе комплекса и поэтому выгоднее расположение высотного здания в составе комплекса или в существующей застройке для минимизации ветрового давления на него.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Скрипченкова С.Ю. Воздействие ветровых нагрузок на высотные здания // Астраханский вестник экологического образования. 2017. № 2 (40). С. 103–108.
2. Бартошевская В.В., Устов Е.Б. Влияние аэродинамических параметров на композиционные решения высотных зданий // Вестник Евразийской науки – 2019. Том 11, №5 – С.61
3. Дорошенко С.А. Исследование близлежащей застройки на изменение обтекания ветровым потоком высотного здания // Научный вестник ВГАСУ, строительство и архитектура – 2013. № 1(29) – С. 9–13.
4. Tsvetkov O., Simankina, T., Karmokova, K. Video-ecological coefficient of real estate objects / E3S Web of Conferences. Volume 91, 2 April 2019;
5. Latina S.V. Gender Stereotypes in the Contemporary Humanities / Anthropology & Archeology of Eurasia. 2010. Т. 49. № 2. С. 66–75;
6. Sheng. R., Perret L., Calmet I., Demouge F., Guilhot J. Wind tunnel study of wind effects on a high-rise building at a scale of 1:300 // Journal of wind engineering and industrial aerodynamics – 2018. – С.391–403.
7. Iqbal Q.M.Z., Chan A.L.S. Systematic influence of wind incident directions on wind circulation in the re-entrant corners of high-rise buildings // Wind and structures – 2016. №4. P. 409–428.

КОНЦЕПЦИЯ ГОРОДСКИХ ПАРКОВ СЕКЦИОННОГО ТИПА В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОПЛАСТКИ

Цель работы – разработать концепцию городского парка (сквера), располагающегося в сложных условиях с использованием элементов геопластики.

Парк – участок озелененной территории общего пользования, основным видом разрешенного использования которого является рекреация. Функциональное зонирование территории парка предполагает выделение зон, имеющих различное назначение: зона массовых мероприятий, зона тихого отдыха, зона культурно-просветительных мероприятий, физкультурно-оздоровительная зона, зона для отдыха детей, административно-хозяйственная зона. Рекомендуемая минимальная площадь территории парка составляет 2 га [1].

Территория, отводимая под обустройство городского парка или сквера, может располагаться в недостаточно благоприятных условиях: «зажатой» между элементами уличной сети, зонами застройки, промышленными объектами, транспортными магистралями. Конфигурация участка может оказаться не самой удачной, например, достаточно узкой и при этом значительной по протяженности. Рельеф территории также может оказаться неблагоприятным.

В данной работе рассматривается способ создания городских скверов и парков, структурно состоящих из секций – локализованных зон и общественных пространств, имеющих различное функциональное назначение, стилистику и инженерное обустройство.

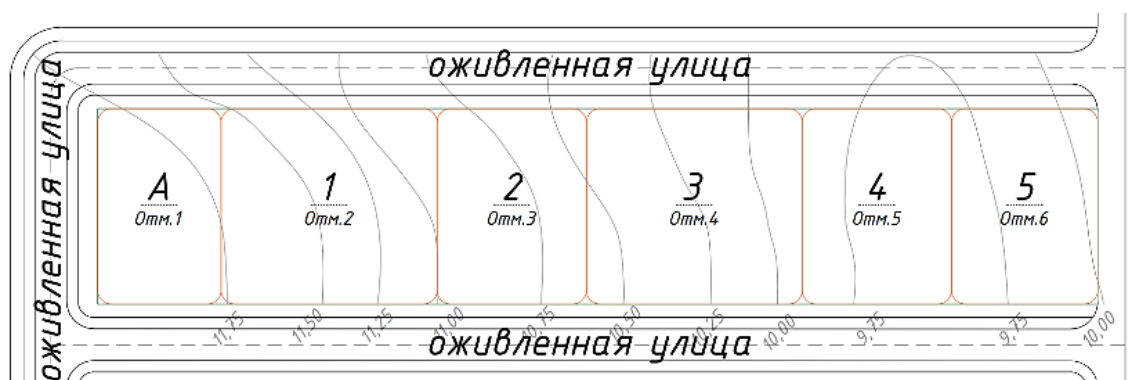


Рис. 1. Схема городского парка секционного типа

Пример схемы секционного парка представлен на рисунке 1: А – административно-хозяйственная секция, 1 – зона массовых и культурно-просветительных мероприятий, 2 – зона для отдыха детей, 3 – физкультурно-оздоровительная зона, 4 – зона тихого отдыха, 5 – площадка для выгула собак.

Для формирования секционной структуры парка используются инструменты и элементы геопластики: земляные насыпи и валы, террасы и амфитеатры, подпорные стенки, пандусы и лестничные сходы, дождевые сады и буленгрины. Каждая секция – зона представляет собой площадку с одной руководящей отметкой, и ограниченную по периметру (полностью или частично) земляными валами. Передвижение между зонами может быть организовано через разрывы в земляных валах или через трубчатые мини-туннели. Создание холмов позволяет скрыть от посетителей парка вид проезжающих мимо машин, защитить от шума автотранспорта. Это имеет особое значение, если по всему периметру парка проходит оживленная улица с интенсивным движением.

Высота земляных валов определяется с учетом условий инсоляции и розы ветров. Для их создания целесообразно использование грунта из выемки котлованов зданий, дорожных покрытий и строительных траншей для инженерных сетей. Это позволит уменьшить затраты на транспорт (вывоз) грунта.

В зоне А расположен административно-торговый центр и автостоянка для работников и посетителей, складские площадки и служебные помещения.

В зоне 1 предполагается размещение амфитеатра – зрелищного сооружения в форме эллипса или полукруга со ступенчато расположенными рядами сидений [2]. Подобное размещение сидений позволяет сохранить естественный вид парка. При необходимости реализации «0-баланса земляных масс» может быть реализован в «полу выемки полу-насыпи».

В зоне 2 расположены площадки с детским игровым оборудованием. При помощи геопластики создаются объемные поверхности любых форм, которые станут отличной средой для активных игр. Они подойдут и для детей с ограниченными возможностями. Такая поверхность быстро высыхает после дождя, по сравнению с обычными открытыми игровыми комплексами.

Зона 3 предназначена для расположения спортивного оборудования, уличных тренажеров. Искусственно созданный холм – хорошая основа для создания полос препятствий.

Зона 4 – зона тихого отдыха. В ней можно разместить цветники на террасах, клумбы, рядовые посадки кустарников, водные объекты, дождевые сады, буленгрины (буленгрин – декоративный газон в виде слегка заглубленного прямоугольного, округлого или овального котлована с пологими откосами стенок [3]).

Зона 5 выделена под территорию для выгула и дрессировки собак. Барьеры, туннели и другие препятствия тоже создаются из искусственных холмов.

На стадии проектирования заготовки зон можно менять местами, добавлять новые или убирать неподходящие, в зависимости от условий и потребностей. Пример обустройства и расположения зон представлен на рисунке 2.

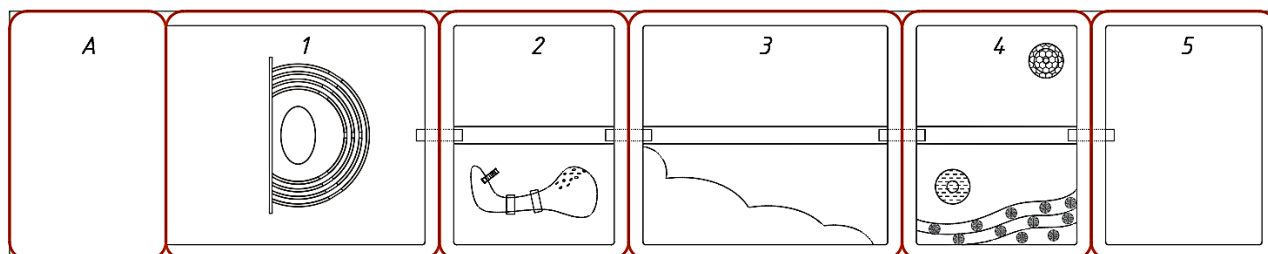


Рис. 2. Схема генплана городского парка секционного типа

На рисунке 3 представлен конструктивный план зон. По верху холмов проходят служебные дорожки шириной 1–2 м. В каждую зону предусмотрен технологический въезд шириной 3,5 м, который может быть выполнен в виде вертикальных стенок из габионов (рис. 3, б) или земляных откосов (рис. 3, в). Проход между зонами может быть реализован (кроме указанных выше способов) в виде «мини-туннелей» (рис. 3, г) – металлических труб диаметром 2,5 м (при этом 0,5–0,7 м нижней части трубы засыпается для обустройства дорожки).

Для организации стока дождевых и талых вод необходимо устройство системы дождевой канализации (СДК). Секционная структура парка обуславливает целесообразность устройства локальных (секционных) СДК с соответствующей схемой организации рельефа территории секции (значения продольных и поперечных уклонов не менее 10%). В секциях с площадью 1000 м² целесообразно использование более простых открытых элементов СДК; в секциях большей площади – закрытых элементов СДК.

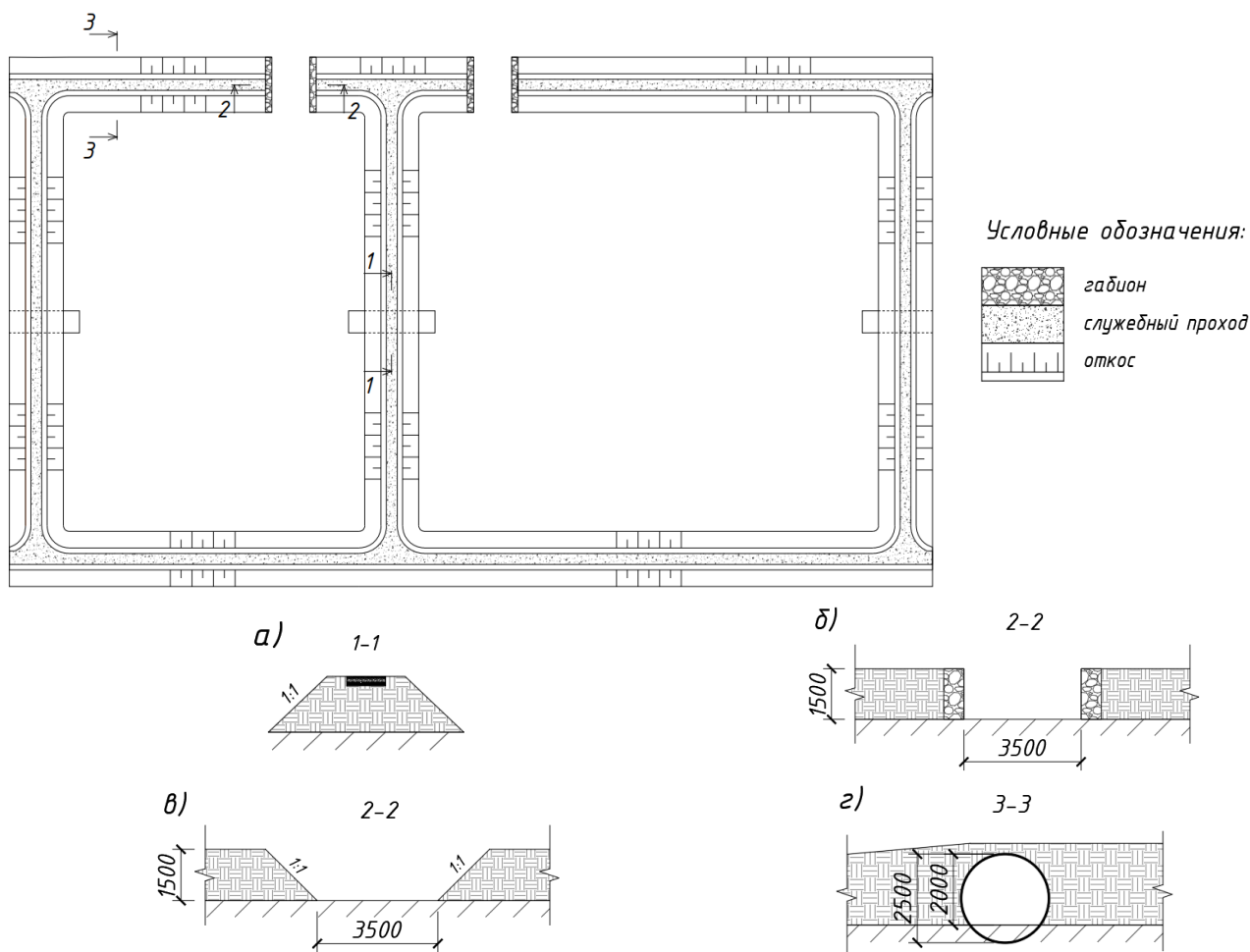


Рис. 3. Конструктивный план соседних зон

Для организации стока дождевых и талых вод необходимо устройство системы дождевой канализации (СДК). Секционная структура парка обуславливает целесообразность устройства локальных (секционных) СДК с соответствующей схемой организации рельефа территории секции (значения продольных и поперечных уклонов не менее 10%). В секциях с площадью 1000 м² целесообразно использование более простых открытых элементов СДК; в секциях большей площади – закрытых элементов СДК. В соответствии с [1] на территории парка должна быть обеспечена «норма осушения» равная 1,0 м, что предполагает положение уровня грунтовых вод на глубине не менее 1,0 м. Если это требование не выполняется, то необходимо устройство дренажной системы закрытого типа со сбросом в СДК. Для территории секции «дождевой сад» или «буленгрин» норма осушения может быть принята меньшей (в порядке исключения). На территориях, где планируется посадки крупных деревьев (дубы, липы и т.д.) или «косточковых», норму осушения целесообразно увеличить до 1,5-2 м.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 475.1325800.2020. Парки. Правила градостроительного проектирования и благоустройства.
2. Ландшафт М. Своим садом можно гордиться. [Электронный ресурс]: режим доступа <https://landshaft-m.at.ua/index/a/0-36/> – Загл. с титул.экрана. (дата обращения 29.02.22);
3. Энциклопедия усадебной жизни / [Электронный ресурс]: режим доступа : https://ojkumena-od.blogspot.com/2019/03/blog-post_19.html Загл. с титул.экрана. (дата обращения 29.02.22);
4. Криулин, К.Н. Организация рельефа и дождевая канализация коттеджного поселка [Текст] / К.Н.Криулин. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 92с.
5. Криулин К.Н. Дренажные системы в ландшафтном и коттеджном строительстве СПб.: Изд-во ООО «НП-Принт», 2014 г. 121 с.

ОЦЕНКА СТОИМОСТИ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА,
НА ПРИМЕРЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ ИСТОРИЧЕСКОГО НАСЛЕДИЯ

С каждым годом в крупных городах прослеживается прирост населения, в связи с чем появляется острая необходимость и востребованность в развитии жилищного строительства. Однако на сегодняшний день сложилась следующая ситуация: центр города и близлежащие районы представляют собой историческую застройку, а окраины являются плотно застраиваемыми участками новых сооружений.

Техническая эксплуатация старого фонда строительства является в основном невозможной, так как большая часть зданий находится в аварийном состоянии. Соответственно вопрос проведения реконструкции становится социально значимым и может являться решением проблемы нехватки жилых зданий в связи со стремительным приростом населения (рис. 1).

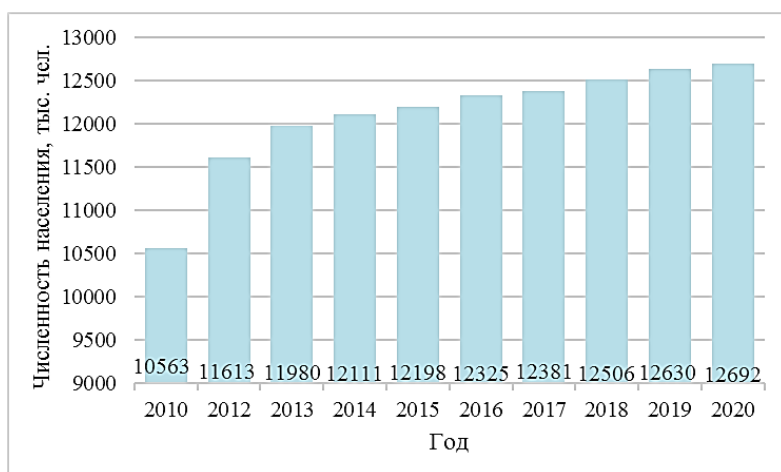


Рис. 1. Динамика численности населения за год в городе Москва [1]

В настоящее время экономия в строительстве также является одним из важных аспектов. В связи с этим необходимо учесть, что реконструкция здания удешевляет процесс строительства по следующим причинам [2]:

1. Основными элементами здания являются несущие конструкции, срок службы которых достигает 100 лет, стоимость которых в среднем составляет 50 % от общей стоимости строительства в новом здании;

2. Также маленький процент зданий подвергается полному сносу, зачастую почти 30% здания можно оставить нетронутыми и произвести надстройку с учетом несущей способности конструкций реконструируемого здания. Средняя экономия затрат при таком варианте уменьшается на 25% [3];

3. Исключается необходимость в поисках земельного участка под новую застройку, что составляет 2 % от стоимости;

4. Также при реконструкции возможно увеличение пространства, что в последствие позволит увеличить рыночную стоимость квартиры до 40%.

Сравнение экономического расчета между новым строительством и реконструкцией взяты усредненно на примере восемнадцатиэтажного здания площадью 41076 м² и представлен в таблице 1.

Также необходимо отметить, что реконструкция здания позволяет уменьшить срок производства работ. Основной метод организации строительства – это узловой метод. Существует три варианта очередности при таком методе: последовательный, параллельный и последовательно-параллельный [5].

Таблица 1 – Сравнение экономического расчета нового фонда строительства и реконструкции

№ п/п	Наименование работ	Ед. изм.	Новое строительство	Реконструкция
1	Демонтажные работы	руб.	–	21 372 817,63
2	Земляные работы	руб.	7 348 918,00	–
3	Работы нулевого цикла	руб.	49 297 493,53	30 521 296,60
4	Работы по каркасу наземной части	руб.	289 521 988,00	153 789 675,81
5	Строительные работы наземной части	руб.	821 421 544,00	731 859 584,47
6	Монтажные работы	руб.	351 975 313,00	351 975 313,00
Общая сметная стоимость:		руб.	1 519 565 256,53	1 289 518 687,51

Источник: данные получены автором согласно [4].

Оптимальный узловый метод – это параллельный, в ходе которого производство строительно-монтажных работ происходит одновременно во всех технологических узлах реконструируемого здания. В результате продолжительность сроков строительства минимальна, за счет корректной организации строительного процесса.

В то время как при новом строительстве идет потеря времени на поиск участка строительства, разработку котлована, устройству фундамента, а также на возведение несущего каркаса здания. При реконструкции здания зачастую оставляют существующий фундамент и усиливают его в случае увеличения нагрузки, а также несущий каркас здания, так как железобетонные конструкции сроком службы достигают до 100–125 лет.

Стоит обратить также внимание на то, что управление реконструкцией легче в сравнении с новым строительством, за счет незначительного объема работ, а также за счет технологических последовательностей.

Вывод. В связи с увеличением численности населения существует острая необходимость в строительстве жилого фонда, однако исходя из вышенаписанного целесообразно обратить внимание на возможность реконструкции старых построек с целью удешевления объектов и ускорения сроков строительства.

Также рассмотрев несколько аспектов строительства, можно отметить, что реконструкция зданий увеличивает продолжительность жизни объекта, дает возможность изменить архитектуру центров городов, а также преимущественно увеличивает доходы инвестиционных компаний.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Управление Федеральной службы государственной статистики. [Электронный ресурс]: URL: <https://mosstat.gks.ru/folder/64634> (дата обращения: 28.01.2022).
2. Григоренко К.А., Петренева О.В. Реконструкция домов первых массовых серий как способ увеличения полезной площади // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. 2016. Т. 1. № 1. С. 47–55.
3. Шувалова С.Н., Мягих А.В. Анализ преимуществ реконструкции зданий // Дальний Восток: Проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. 2020. Т. 1. №1. С. 450–452
4. Приказ №421/пр от 4 августа 2020 г. Об утверждении методики определения сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства, работ по сохранению объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации на территории Российской Федерации.
5. Петренко Л.К., Побегайлов О.А., Петренко С.Е. Организация работ и управление реконструкцией // Интернет-журнал науковедение. 2013. №3 (16). С. 113

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЗАРУБЕЖНЫХ ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ

Цель работы – выявление особенностей развития зарубежных городских агломераций.

Для достижения поставленной цели был произведен анализ агломераций Европы, Азии и Америки. Развитие агломерации как понятие и форма расселения берёт свои истоки в Европе [3]. «Городская агломерация» – это целостная совокупность муниципальных образований, объединенных в единую кооперирующуюся систему с интенсивными и многообразными внутренними связями, и общей инфраструктурой, позволяющая эффективно использовать имеющиеся ресурсы [1]. Высшей движущей силой городских агломераций является рост. Основной причиной роста является миграция населения [4].

Существуют различные теории миграции. Американский ученый Дж. Бог обращается к факторам выталкивания и притяжения, инициирующих решение о миграции. По результатам его исследований, к наиболее важным подталкивающим и притягивающим факторам городской миграции относятся сферы экономики и жилищно-бытовых условий. Социальная сфера рассматривается только в том случае, если выполнены две другие сферы [6].

По мнению ученых, для процесса урбанизации в Европе (как, впрочем, и в большинстве других экономически развитых стран) характерны три последовательных стадии:

- 1) стадия концентрации населения в крупных городах;
- 2) стадия развития субурбанизации и городских агломераций;
- 3) «зеленая волна» – отток населения и производства в небольшие города и сельскую местность.

Но это не свидетельствует о наступлении в зарубежной Европе эры дезурбанизации. Урбанизация принимает новые формы и охватывает ещё больше новых территорий. Рассмотрим некоторые особенности формирования и комплексного развития городских агломераций в ряде зарубежных стран.

В XIX веке сеть железных дорог ускорила рост пригородов Большого Лондона, откуда люди из среднего класса добирались до центра Лондона. Будучи столицей большой империи, Лондон стал также привлекателен для иммигрантов из британских колоний и Европы [7]. К 2011 г. в Большом Лондоне стало проживать 8,2 млн человек, при этом доля внешнего Лондона достигала около 60 %.

Париж демонстрирует аналогичную динамику роста. В 1860 году город расширился до нынешнего административного района. После расширения границ города в Париже стало проживать 1,7 млн человек, в городском районе – 2 млн жителей. Доля внешнего Парижа достигла 15%. В 2010 году городской район Парижа достиг 10 млн человек, из которых доля внешнего Парижа составляла около 70%. Сегодня парижская агломерация в 27 раз больше, чем сам город.

Столичный регион Рейн-Рур на сегодняшний день является одним из крупных полицентричных мегаполисов с несколькими городами в качестве ядер с населением более 11 млн жителей и площадью в 7 110 км². В его состав входят 10 городов среднего размера (с населением несколько 100 000 человек) Регион хорошо связан через очень густую сеть автомагистралей и железных дорог с плотными пригородными потоками. Также тесные связи были установлены с соседними агломерациями Рандстад и Брюссель.

В Латинской Америке за последние 60 лет произошли сильные структурные изменения в ее социальном, экономическом и пространственном измерениях. В результате чего структура расселения сменилась с рассредоточенной сельской местности на

урбанизированную или агломерированную концентрацию. Сегодня 80% населения Латинской Америки сосредоточено в городских агломерациях [10]. Инновационные проекты, связанные с городскими системами, такие как скоростное автобусное сообщение (BRT) [2, 3], канатные дороги, улучшение доступности районов, а также улучшение образования в этих городах, – стали серьезным шагом к улучшению жизни в городах и агломерациях в целом. Однако, несмотря на эти очень важные достижения, регион по-прежнему сталкивается с большими проблемами, направленными на поиск устойчивых решений для комплексного обеспечения жильем, сокращение фрагментации и преобразование агломераций в более инклюзивную, устойчивую и здоровую городскую среду.

В Северной Америке крупные городские агломерации можно наблюдать вдоль восточного побережья, где первые колониальные поселения превратились в торговые центры, а гавани – в транспортные узлы старого мира [9]. Позже они были связаны с внутренними районами и западным побережьем железными дорогами. Эти населенные пункты с привлекательными факторами местоположения образуют ядра городов, которые неуклонно растут и сливаются в крупные полицентрические конурбации.

В XIX веке рост городов в Европе и Северной Америке ускорился, но достиг своего пика к середине XX века. Западное побережье США значительно выросло за годы до 1990 г. Северная Америка в настоящее время является одним из наиболее урбанизированных регионов мира, где около 82% людей проживает в городских районах [5, 8].

В качестве характерных особенностей в процессе развития агломерационных процессов можно выделить социальные и демографические характеристики (например, миграции, демография, структура жилья, рабочие места), а также транспортная инфраструктура (дороги, системы общественного транспорта), которые рассматриваются как триггеры пространственной динамики. В результате происходящие процессы вызывают разрастание или гиперуплотнение городов, а также джентрификацию.

Таким образом, функциональная структура, движущие силы, динамика развития и общие проблемы городских агломераций на рассматриваемых континентах схожи, но есть и различия. Это касается территорий с явлениями, характерными для некоторых мегаполисов: неформальное жилье, этническая сегрегация, культурные/религиозные барьеры и т. д.). На всех континентах моноцентрические агломерации демонстрируют более простую структуру и более концентрическую динамику развития, а зачастую и централизованное муниципальное или региональное управление, что облегчает разработку комплексных концепций развития агломерации, рассматривающих регион как единое целое. Полицентрические агломерации состоят из различных ядер с собственными муниципальными администрациями, которые требуют интенсивного сотрудничества и координации для решения вопросов градостроительного развития территории. Достаточное жилищное строительство является решающим моментом, поскольку все агломерации демонстрируют иммиграционное давление и рост.

Умное социальное жилье и создание многофункциональных территорий – необходимость, чтобы в будущем избежать появления неблагополучных районов и обеспечения равных возможностей для всех.

Трафик также является в городских агломерациях одной из основополагающих и проблемных тем. Поскольку размер агломерации увеличивает риск заторов, высокое качество услуг общественного транспорта становится очень важным вопросом. Звездообразные сети крупных улиц в европейском стиле продвигают центр города как центральное место и продвигают услуги общественного транспорта, чтобы обеспечить достаточную доступность. Сетчатые уличные сети снижают качество местоположения в отношении центральности в основных центрах городов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Паршутто Е.В., Галямов Ю.Ю. Теоретические аспекты возникновения и развития городских агломераций // Экономика и предпринимательство, №11, 2014 г., г. Томск.
2. Перькова М.В., Иванькина Н.А., Боровской А.Е., Перькова А.Ю. Анализ функционирования транспортной инфраструктуры на территории межмуниципального природного парка в Шебекинском и Белгородском районах // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 5. С. 53–63.
3. Перькова М.В. Градостроительное развитие региональной системы расселения и ее элементов (на примере Белгородской области) // Диссертация на соиск. уч. ст. доктора архитектуры / СПб.: СПбГАУ, 2019.
4. Перькова М.В., Иванькина Н.А. Совершенствование транспортной инфраструктуры первого пояса Белгородской агломерации по методологии Нового урбанизма. // Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – 109 с.
5. America2050.org. Megaregions. [Internet]. 2017. Available from: <http://www.america2050.org/content/megaregions.html> [Accessed: Sep 30, 2017] (ссылка на рис 3).
6. Bogue DJ. Principles of Demography. New York: Wiley; 1969. (DLC) 68026847.
7. Pevsner N, Bridget C. London I: The Cities of London and Westminster. Rev. edition. London: Penguin; 1973. ISBN-10: 0140710124
8. Suffolk Community College. Urbanization – When, Where and Why Did Urbanization Occur in Europe? [Internet]. 2012. Available from: <http://www2.sunysuffolk.edu/westn/urban.html> [Accessed: Oct 10, 2017].
9. The Guardian. Cities in Numbers: How Patterns of Urban Growth Change the World [Internet]. 2015. Available from: <https://www.theguardian.com/cities/2015/nov/23/cities-in-numbers-how-patterns-of-urban-growth-change-the-world> [Accessed: Sep 30, 201].
10. UN Habitat. The State of Latin American and Caribbean Cities 2012. Towards a New Urban Transition. United Nations Human Settlements Programme. Nairobi: Earthscan publications; 2012. 160 p. ISBN: 978-92-1-132468-6.

УДК 502.35:711.4

О.Е. Рощупкина¹, М.В. Перькова²

¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МЕТОДИКА ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ И ПРИЛЕГАЮЩИХ К НИМ ТЕРРИТОРИЙ

Цель работы – разработка методики градостроительного развития особо охраняемых природных и прилегающих к ним территорий.

Сохранение, поддержка и развитие особо охраняемых природных территорий (ООПТ) является одним из приоритетных направлений государственной экологической политики РФ. При этом многие категории ООПТ РФ имеют свои особенности, связанные с природоохранной деятельностью. основополагающими векторами сохранения ООПТ являются мероприятия, связанные с сохранением эталонных и неприкосновенных природных комплексов. Тем не менее, для устойчивого функционирования ООПТ в современных условиях необходимо их всестороннее развитие, что зачастую подразумевает включение в социальный, экономический, туристический и рекреационный кластер регионов. Таким образом, авторами выдвигается следующее положение: развитие ООПТ должно основываться на организации туристско-рекреационной деятельности не столько на заповедных, сколько на прилегающих к ним территориях. Для этого необходимо разработать соответствующую методику градостроительного развития ООПТ и прилегающих к ним территорий, которая будет отвечать всем требованиям, которые предъявляются к деятельности на ООПТ и сопредельных с ними земель.

На основе конфликтологического подхода, авторами разработана методика градостроительного развития особо охраняемых природных и прилегающих к ним территорий. Методика включает в себя несколько этапов.

1 этап: подготовка к организации ООПТ и прилегающих к ним территорий.

2 этап: изучение особенностей ретроспективного развития территории и градостроительный анализ сложившейся планировочной ситуации.

3 этап: выявление и определение основных видов градостроительных конфликтов по отношению к территории и их участников.

4 этап: разрешение выявленных градостроительных конфликтов с учетом интересов всех участников градостроительной деятельности.

5 этап: разработка проектных предложений градостроительного развития ООПТ и прилегающих к ним территорий.

6 этап: проведение комплексной оценки репрезентативности проектных решений градостроительного развития ООПТ и прилегающих к ним территорий. или проведение оценки потенциального воздействия при реализации проектных решений на основе технологии комплексной экологической оценки GreenPrint.

На первом этапе подготовки к организации ООПТ и прилегающих к ним территорий проводится комплексное исследование, связанное с изучением нормативно-правовой базы и особенностей деятельности конкретных заповедных и сопредельных с ними территорий. Выявляются участники процесса принятия решений, изучаются основополагающие нормативно-правовые документы, формы и виды принимаемых решений, в том числе планировочные, определяются допустимые рамки вмешательства в заповедные и прилегающие к ним территории.

В ходе второго этапа проводится ретроспективный анализ территории для возможности выявления тенденций позитивного или регрессивного развития территории, а также подготовки основания для выявления конфликтных ситуаций и противоречий развития территорий. Также на данном этапе выполняется градостроительный анализ территории на различных уровнях (муниципальном, местном, локальном). Анализ включает в себя исследование природного и ресурсного потенциала территории, изучение кадастрового деления и различных ограничений (от нормативно правовых до планировочных). Изучается транспортная доступность ООПТ в границах региона и района.

В ходе третьего этапа, на основе разработанного М.В. Перьковой конфликтологического подхода [4] определяются основные виды градостроительных конфликтов по отношению к территории (транспортные, землепользовательские, социально-функциональные и имущественные) и их участники (органы государственной власти и местного самоуправления, уполномоченные органы, собственники, арендаторы, потребители и пр.). Градостроительные конфликты по отношению к ООПТ и прилегающих к ним территорий классифицируются по иерархическому уровню, продолжительности, способу возникновения, характеру проявления и видам локации [5]. Производится моделирование структуры конфликта. На основе полученных данных определяются основные экологические приоритеты функционирования прилегающих к ООПТ территорий. Организация сопредельных с ООПТ территорий предлагается с ориентацией на следующие виды деятельности: научно-исследовательская, эколого-просветительская, туристско-рекреационная [6].

Четвертый этап предполагает разрешение выявленных градостроительных конфликтов с учетом интересов всех участников градостроительной деятельности. На данном этапе моделируется градостроительное развитие ООПТ и прилегающих к ним территорий. Модель функционирования заповедных территорий подразумевает формирование природного ядра ООПТ, которое окружается охранной и буферной зонами, а также насыщение прилегающих к ООПТ территорий объектами туристско-рекреационной инфраструктуры [2]. Охрана земель и их рациональное использование осуществляются на основе комплексного подхода к угодыям, как к сложным природным образованиям (экосистемам), с учетом их зональных и региональных особенностей [3]. На основе разработанной модели определяется стратегия преобразования территорий. Предлагаются мероприятия по укреплению природного каркаса,

расширению границ ООПТ до природных рубежей, организации на прилегающих территориях туристической инфраструктуры и рекреационных пространств и т.д.

На пятом этапе разрабатываются конкретные проектные предложения. Например, разработка дополнений к схемам территориального планирования муниципальных районов (муниципальный уровень), модернизация функционально-планировочной структуры (местный уровень), а также разработка визит-центров (локальный уровень). Локальные предложения могут включать в себя разработку проектов объектов капитального строительства, реконструкцию и/или реставрацию памятников ОКН при их наличии, организацию маршрутов экологических троп и их узлов и т.д.

Заключительный шестой этап предполагает проведение комплексной оценки проектных предложений и принятие решений градостроительного развития ООПТ и прилегающих к ним территорий. В качестве основы оценки принимается комплексная оценка GreenPrint, предложенная научно-исследовательским строительным институтом Building research Establishment [1]. GreenPrint направлена на оценивание предложений и определение наиболее эффективного пути развития объекта планирования, в данном случае ООПТ и прилегающих к ним территорий. Разработанными для данного случая критериями оценки являются следующие показатели: «экологические риски», «ценность территорий», «привлекательность природных комплексов», «транспортная доступность», «инфраструктура», «адаптация», «экономическая деятельность», «общество».

Методика апробирована на примере разработки концепции градостроительного развития заповедника «Белогорье» (Белгородской область), Курского заповедника (Курская область) и прилегающих к ним территорий. Проведены ретроспективный анализ развития заповедников в исторической динамике, а также исследование региональных особенностей ООПТ соответствующих областей. Выявлены сложившееся порубежное состояние заповедников, их островной характер и отсутствие между участками транспортных связей в границах областей, несоответствие природным рубежам и пр. Кроме того, прилегающие ко всем заповедникам территории действуют как объекты народнохозяйственной деятельности, большей частью деградированы и нуждаются в ренатурации ландшафтов. Имеющаяся инфраструктура Белгородского и Курского заповедников морально устарела, есть ветхие и аварийные здания, в том числе объекты культурного наследия, нуждающиеся в реставрации и реконструкции.

Градостроительные конфликты ООПТ и прилегающих к ним территорий выявлены и классифицированы, для их разрешения предложены дополнения к схемам территориального планирования на части территорий Борисовского, Новооскольского и Губкинского районов Белгородской области, Воронежской области, Обоянского района Курской области. Разработаны локальные проектные предложения, которые включают в себя реконструкцию существующих объектов капитального строительства, реконструкцию с приспособлением памятника архитектуры регионального значения, формирование туристско–рекреационной инфраструктуры на прилегающих к ООПТ территориях (в том числе разработку проектного предложения визит-центров) и т.д. Проведена комплексная оценка эффективности разработанных проектных решений на основе технологии комплексной экологической оценки «Green Print», выявлена их эффективность и целесообразность для реализации.

Выводы. В результате исследования разработана методика градостроительного развития ООПТ и прилегающих к ним территорий. Предложенная методика направлена на достижение устойчивого развития заповедных и сопредельных с ними земель. Градостроительное развитие ООПТ путем расширения их границ до природных рубежей с ренатурацией ландшафтов, организация прилегающих территорий как буферных зон и создание на них туристической и рекреационной инфраструктуры будут способствовать сохранению уникальных экосистем, укреплению природного каркаса, созданию инвестиционно-привлекательной среды и развитию ООПТ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. BRE Sustainable Communities Team. A guide to GreenPrint: Understanding the benefits for sustainable masterplanning. IHS BRE Press, 2010. 12 p.
2. Perkova M.V., Roshupkina O.E., Kolesnikova L.I., Vaytens A.G. The urban conflicts identification and resolution on the Belogorie reserve territory / IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 698 (2019) 033006 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/698/3/033006.
3. Богданова А.Ю., Ширина Н.В. Современное состояние и охрана земель Белгородской области // Вектор ГеоНаук. 2020 Т.3. №4. С. 44–50.
4. Перькова М.В. Конфликтологический подход в градостроительстве. Архитектура и строительство России. 2018. № 2(226). С. 92–99.
5. Перькова М.В., Вайтенс А.Г., Баклаженко Е.В. Классификация градостроительных конфликтов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 12. С. 83–90.
6. Рощупкина О.Е., Перькова М.В. Перспективы развития территорий, прилегающих к заповедным // Научно-практической конференции, Белгород, 21–22 октября 2021 года. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. С. 212–218.

УДК 721.011.12

Н.А. Скринникова, С.С. Бовдуй, М.В. Перькова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ СТРАТЕГИЙ РЕНОВАЦИИ И РЕВИТАЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Цель работы – выполнить анализ эффективных стратегий реновации и ревитализации промышленных территорий.

В современном мире часто фигурируют такие определения, как «реновация» и «ревитализация». Данные понятия имеют схожее значение, которое можно трактовать как «обновление, оживление, адаптация», однако у каждого термина есть ряд особенностей. В крупнейших городах России «реновацией» принято называть снос домов первых массовых серий с последующей застройкой территории новостройками, а также модернизацию промышленных территорий с изменением их функциональных особенностей; в более отдаленных областях (а также в странах ЕС) – процесс адаптирования к современным требованиям, реконструкции и реставрации без разрушения целостности структуры, иными словами, это увеличение энергоэффективности зданий [1]. В свою очередь, «ревитализация» в контексте урбанистики обозначает изменение функционального назначения здания с целью раскрытия новых возможностей территории и сохранения историко-культурных ресурсов городской среды. Ревитализация способствует возвращению к функционированию объектов строительства, которые полностью или частично утратили свое функциональное назначение, удобство использования и физические характеристики [2].

В современной градостроительной ситуации важность реновации и ревитализации промышленных территорий возрастает с течением времени, что хорошо заметно в крупных городах не только России, но и мира. Во многих европейских городах находятся ценные в архитектурном отношении образцы застройки. Хотя эти здания никогда и не были архитектурными доминантами городов, однако из-за их значительного количества и стилистической однородности они являются звеном, определяющим пространственную композицию. Эти строительные объекты из-за повреждений, вызванных временем, нуждаются в восстановлении и сохранении былого исторического величия, но с созданием новых форм и способов функционирования, с использованием современных технологий и с учетом условий и требований настоящего времени [3].

В период индустриализации начинается массовое строительство промышленных объектов на окраинах поселений. Через некоторый период времени, в процессе развития и расширения городов данные промышленные зоны начинают активно застраивать жилыми кварталами, что вынуждает многие предприятия прекратить свою деятельность частично или полностью, в результате чего происходит запустение и деградация территорий промышленных объектов. С целью увеличения экономического потенциала данных территорий целесообразно перенести действующее предприятие на другое место (если оно частично продолжает функционировать), очистить территорию от построек и сооружений, разместить новый комплекс зданий. Такой процесс принято считать реновацией промышленных территорий. В ряде случаев, когда по той или иной причине произвести снос зданий не представляется возможным, имеет место быть ревитализация, при которой часть зданий сохраняется, но изменяется их функционально-планировочная структура [4].

В России программы реновации и ревитализации регулируются в соответствии с Градостроительным кодексом РФ, в который в 2020 году внесены изменения и добавлена новая 10 глава, посвященная комплексному развитию территорий (КРТ). Согласно этому документу, территория промышленного предприятия, подлежащая реновации или ревитализации, может быть включена в КРТ нежилой застройки. Стоит отметить, что наименование видов КРТ не определяет, какие объекты могут быть созданы на территории по итогам КРТ. Это означает, что на месте нежилой застройки может быть спроектирована жилая ячейка и наоборот, даже если это противоречит Генеральному плану и ПЗЗ, так как допустимо внесение изменений в градостроительные регламенты в процессе подготовки документов о КРТ. Однако, в случае исторической застройки, проект реновации и ревитализации должен соответствовать Федеральному закону «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации».

На международном уровне реновацию и ревитализацию регулируют: «Лейпцигская хартия устойчивого европейского города», «Венецианская хартия», а также Международный совет по сохранению памятников и достопримечательных мест (ICOMOS) [3].

«Венецианская хартия», подписанная в 1964 году, определяет фундаментальные принципы при консервации и реставрации памятников. Согласно статье 6 любое новое строительство и изменение, которые разрушают взаимосвязь объемов и цветовой гаммы объекта строительства недопустимы. По статье 13 дополнительные элементы могут быть допустимы в случае сохранения нетронутыми всех примечательных частей здания и сохранения равновесия и взаимосвязи композиции.

Основанный в 1965 году Международный совет по сохранению памятников и достопримечательных мест стал значительным шагом на пути к созданию общей модели и общепринятых принципов международных стандартов защиты и восстановления объектов культурного наследия. Концепция заключается в том, что следует по возможности избегать изменений исторической ткани объектов, а любые необходимые изменения должны быть четко видны, чтобы избежать фальсификации истории.

Для осуществления защиты культурного наследия и рационального использования существующего жилищного фонда без необходимости строительства новых объектов была разработана «Лейпцигская хартия устойчивого европейского города», подписанная странами-членами ЕС в 2007 году. Они предполагают, что следует стремиться к полной интеграции и согласованности новых элементов с существующим историческим окружением с одновременной охраной элементов природной среды и историко-культурных ценностей с учетом экономических и социальных условий.

В последние десятилетия политика расширения городов и непрерывный экономический спрос привели к тому, что сеть городов стала дезорганизованной и обособленной, создавая тем самым социально и экономически неэффективные пространства. Эти пространства

увеличиваются, становятся незанятыми и бесполезными, хотя и обладают огромным потенциалом с точки зрения местоположения, размера и истории. Это могут быть военные объекты, промышленные объекты, набережные и социально неэффективные зеленые насаждения [4]. Все вышеупомянутые пространства называют «Заброшенными городскими открытыми пространствами».

Оживление подобных территорий может быть достигнуто путем интеграции в них более чем одной функции, благодаря чему создается взаимосвязь социальной, экономической и экологической выгоды.

В странах ЕС и США есть немало успешных примеров стратегий возрождения старопромышленных регионов. Это депрессивные территории с высоким уровнем производства и износа, экологическими проблемами и отставанием в техническом развитии [5].

Успешная реализация мероприятий по ревитализации в Нидерландах способствовала быстрому восстановлению и росту темпов экономического развития. В депрессивных районах страны проводились следующие мероприятия: были сформированы программы ревитализации на государственном уровне; сделана реконструкция территории промышленных зон под торговые центры и многофункциональные комплексы, концертные залы и музеи.

В Великобритании благодаря развитости сферы высшего образования, которая способствовала увеличению научного и образовательного потенциала, трансформация депрессивных территорий значительно была ускорена. Программа ревитализации привела к положительному изменению облика городов страны – пустующие производственные здания стали использоваться как клубы, звукозаписывающие компании и репетиционные базы.

В результате стратегии ревитализации Польша смогла превратить горнодобывающий город в современный IT-центр.

Яркими примерами изменения функционального назначения промышленных зон в России стабильно являются Санкт-Петербург и Москва – это крупнейшие города России, промышленные территории в которых занимают примерно 10–20% от общей площади каждого города. Эти территории имеют огромный потенциал для дальнейшего редевелопмента, и власти городов активно начинают использовать промышленные площадки для градостроительного развития.

По результатам анализа успешных стратегий ревитализации в различных странах можно утверждать, что они имеют ряд сильных сторон, а именно, они могут выступать в качестве основы для развития новых секторов услуг. Во-вторых, территории и площади промышленных зданий можно использовать для создания лофтов, сдачи в аренду под офисы высокотехнологичных компаний. Также территория может быть преобразована в экологичное жилье созданием ряда экопосёлков, жители которых могут быть работниками новых районов области. И, в-третьих, наличие высокого научно-технического уровня кадров позволяет производить высокотехнологичную продукцию.

Эти составляющие потенциала развития позволяют утверждать, что такие территории являются наиболее перспективными с точки зрения модернизации и дальнейшего развития, поскольку уже имеют достаточно значительную базу и потенциал для трансформации.

В заключение следует отметить, что проекты ревитализации и реновации требуют особого внимания и комплексного подхода из-за необходимости управлять большим количеством городских структур и значительных финансовых вложений. Правильным решением может быть постепенная трансформация городских пространств за счет поэтапного возрождения к функционированию небольших промышленных территорий. Грамотная стратегия редевелопмента с учетом международного опыта необходима для формирования модели, которая может стать образцом для других городов Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Поляков В.Г. Опыт реновации в России и восточноевропейских странах // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2020. – №4(81). – С. 283–292.
2. Stankovic D. Revitalization of Preschool Buildings: A Methodological Approach // International Scientific Conference Urban Civil Engineering and Municipal Facilities. SPbUCEMF-2015. Procedia Engineering. – 2015. – №117. – P. 723–726.
3. Taraszkiewicz A. Revitalization of Residential Buildings Dating Back to the Late 19th and Early 20th Century on the Example of «Willa Halina» in Sopot (Poland) // Faculty of Architecture. The Technical University of Gdansk. – 2021. – P. 80–233.
4. Зубарев И.А. Опыт реновации промышленных территорий на примере города Москвы // Национальная ассоциация ученых (НАУ). – 2020. – №55. – С. 4–7.
5. Перькова М.В. Ревитализация промышленного прибрежного района в современный исторический центр в г. Геттерберг, Швеция // В сборнике: Научно-технологические инновации. Сборник докладов Международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 161–166.

УДК 69.059.73

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

ОСОБЕННОСТИ РЕНОВАЦИИ ЗЕРНОВЫХ ЭЛЕВАТОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ, ОТНОСЯЩИХСЯ К ОБЪЕКТАМ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Цель работы – выявить особенности реновации зерновых элеваторных сооружений, относящихся к объектам культурного наследия.

Зерновой элеватор (от латинского *elevator* – поднимающий) – сооружение для хранения больших партий зерна. Такие сооружения состоят из обслуживающих зданий и соединенных между собой силосных башен. Самые первые элеваторы XIX века строились из дерева, однако эти сооружения быстро приходили в негодность ввиду своей низкой пожаростойкости. С появлением новых строительных материалов, а именно железобетона, зерновые элеваторы стали более капитальными сооружениями. Позже в качестве основного строительного материала силосных башен стал использоваться металл, что позволило уменьшить сроки строительства за счет более легких конструкций и быстрой сборки [1].

Стоит отметить, что в период развития и роста городов, вокруг производственных объектов, которые изначально строились на окраине населенных мест, стали возводиться новые административные и жилые районы. Со временем, для улучшения условий жизни населения, деятельность этих предприятий стали переносить в другие, более отдаленные районы, местоположение которых не противоречит экологическим нормам. Оставшиеся здания промышленных объектов стали образовывать деградирующие территории, которые не только ухудшают экологическую ситуацию близлежащим территориям, но и повышают уровень преступности. Нельзя не заметить, что бывшие железобетонные элеваторные сооружения, находящиеся в черте города, за все свое время существования стали неотъемлемой частью архитектурного облика многих городов [2]. Именно поэтому в настоящее время необходимо проводить реновацию или адаптацию таких сооружений к современным потребностям города и его жителей.

Элеватор состоит из трех элементов: из силосной части, которая состоит из системы силосов, одноэтажной либо двухэтажной надсилосной галереи (при наличии механического горизонтального транспорта), надземного или подземного подсилосного этажа [3]. Благодаря своим уникальным объемно-пространственным и конструктивным характеристикам зерновые элеваторы могут разместить в себе множество различных новых функций в

процессе реновации. Так, исходя из анализа мирового опыта реновации агропромышленных комплексов, можно выделить две основные функции, размещаемые в объекте:

1. Общественная функция. К этому типу относятся магазины, автоматизированные паркинги, музейные пространства, заведения общественного питания;

2. Жилая функция. К этой категории относятся гостиничные номера, апартаменты, квартиры, общежития.

Согласно [3], реновация элеваторных сооружений имеет следующий ряд особенностей:

1. Градостроительные особенности, которые влияют на выбор новых функций;

2. Конструктивные особенности, которые оценивают возможность внедрения новых функций;

3. Экологические особенности, которые определяют необходимое количество озеленения;

4. Морфологические и эстетические особенности, которые влияют на выбор архитектурного решения.

Стоит отметить, что при реновации зерновых элеваторов, относящихся к объектам культурного наследия, возникает ряд сложностей, обусловленных федеральным законом № 73 «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации». Так, согласно пункту 1 статьи 47.3, «если предмет охраны объекта культурного наследия определен, объемно-планировочные и конструктивные решения и структуры памятника могут быть изменены, при условии, что указанные особенности не входят в предмет охраны памятника». Из этого можно заключить, что:

1. Если к предмету охраны относится архитектурный облик объекта (фасады), то разместить жилую и общественную (за рядом исключений нескольких видов общественных пространств) функции в объеме бывших силосных башен не представляется возможным из-за отсутствия оконных проемов;

2. Если к предмету охраны относятся какие-либо архитектурно-строительные конструкции здания (в данном случае – конструкция силосных башен), то производить перепланировку или видоизменять конструкции (делить пространство на уровни) возможно лишь ограниченно.

Таким образом, при реновации элеваторных сооружений, относящихся к объектам культурного наследия, следует уделять внимание не только ранее перечисленным особенностям, но и историко-культурным особенностям, которые накладывают различные ограничения на видоизменение объекта реновации.

В мировой практике есть немало интересных архитектурных и конструктивных решений, принятых при реновации бывших элеваторных сооружений, однако не все они применимы для сооружений, относящихся к объектам культурного наследия РФ. Учитывая историко-культурные особенности, рассмотрим наиболее подходящие примеры адаптаций:

1. Музей современного африканского искусства Цайца в ЮАР (Zeitz Museum of Contemporary Art Africa). Проект британского архитектора Томаса Хизервика. Бывшее элеваторное сооружение состоит из 42 силосных башен диаметром 5,5 метров. Уникальное архитектурное решение заключается в создании атриумного пространства в центре музейной части, которое «вырезано из железобетонных цилиндров». Достаточная освещенность пространства достигнута за счет стеклянной кровельной конструкции [4]. Атриумное пространство представлено на рис. 1.

2. Силосный склад на пристани Миншен в Китае (Silo warehouse on Minsheng Wharf). При разработке данного проекта архитекторы придерживались принципа «адаптивного повторного использования», которое подразумевает минимальные изменения в значительной структуре объекта. Силосы сами по себе остались практически не тронутыми, под художественное пространство задействованы лишь верхний и нижние этажи, которые

соединены между собой системой прозрачных эскалаторов вдоль фасада [5]. Внешний фасад здания с эскалатором представлен на рис. 2.



Рис. 1 [6]



Рис. 2 [7]

Принимая во внимание рассмотренные примеры и особенности реновации элеваторных сооружений можно предложить следующие варианты архитектурных концепций адаптации элеваторов, относящихся к объектам культурного наследия:

1. Если конструкции не являются объектом охраны, то возможно создание атриумного пространства с разделением на несколько ярусов в объеме силосных башен по примеру музея в ЮАР. Если фасады являются объектом охраны и невозможно создание новых оконных проемов, то можно рассмотреть вариант замены кровельной конструкции на остекленную крышу (если надсилосная галерея отсутствует или меньше по площади силосных башен). В таком случае в организованном пространстве можно разместить общественную функцию, например музей;

2. Если конструкции являются объектом охраны, то возможно задействовать для каких-либо новых функций только надсилосную галерею, а также надземный или подземный подсилосный этаж. В данном случае объем силосных башен остается нетронутым.

Стоит заметить, что в надсилосных галереях возможно разместить обе функции – как общественную, так и жилую, так как в большинстве случаев в галереях железобетонных элеваторов предусмотрены оконные проемы.



Рис. 3 [8]

Примером элеватора, относящихся к объектам культурного наследия РФ, является здание мельницы и зернохранилища в г. Выборге. Здание, 1932 года постройки, стало неким образцом развивающегося функционализма в Финляндии (внешний вид здания на момент постройки представлен на рис. 3). На сегодняшний день здание хлебокомбината находится в запустении и нуждается в реновации. Ввиду историко-культурных особенностей рассматриваемого объекта, наиболее целесообразно минимально задействовать объем силосных башен, основную функцию разместить в надсилосной галерее. Также можно рассматривать вариант создания верхнего яруса в объеме элеватора с последующей организацией остекленной кровли вокруг надсилосной галереи.

Вывод. Таким образом, в работе выявлены особенности реновации элеваторных сооружений, относящихся к объектам культурного наследия, а также предложены варианты размещения новых функций в пространстве силосной части в зависимости от предмета охраны объекта культурного наследия. На примере зернохранилища в г. Выборге предложены рекомендации по организации пространства в объеме элеватора в процессе реновации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Трибельская Е.Г., Московцева А.М. Особенности реновации агропромышленных комплексов (на примере элеваторов) // Системные технологии. – 2019. – № 3 (32). – С. 84–95.
2. Цаплева А.М. Реновация элеваторных сооружений XX века // Молодые ученые – развитию национальной технологической инициативы (поиск). – 2021. – №1. – С. 490–493.
3. Янчевская К.С., Верещагина Э.И. Некоторые особенности реновации мукомольных заводов // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации. – 2021. – №5. – С. 346–351.
4. Лапуко П.О. Приемы формирования нового архитектурного облика промышленных зданий (на примере реновации элеваторов) // Актуальные проблемы архитектуры, градостроительства и дизайна. – 2021. – №77. – С. 96–103.
5. Виноградова А.В., Логоватовская Е.С. Современные особенности реновации элеваторов // Аспирант. – 2017. – №9(35). – С. 37–40.
6. Рисунок 1. Музей современного африканского искусства Цайца: [Электронный ресурс] // Archi.ru. URL: <https://archi.ru/projects/world/8542/muzei-sovremennogo-afrikanskogo-iskusstva-caica> (Дата обращения 20.02.2022).
7. Рисунок 2. Shanghai Binjiang Avenue: Revitalizing the Historic Riverfront with a Human Centered Design Approach: [Электронный ресурс] // ArchDaily. URL: <https://www.archdaily.com/959061/shanghai-binjiang-avenue-revitalizing-the-historic-riverfront-with-a-human-centered-design-approach> (Дата обращения 20.02.2022).
8. Рисунок 3. Выборгский функционализм: [Электронный ресурс] // Выборг, Vyborg, Viipuri – на границе эпох и культур. Блог о Выборге средневековом и современном. URL: <http://alvakaron.blogspot.com/2014/12/vyborg-functionalism.html> (Дата обращения 20.02.2022).

УДК 72.025.5

М.С. Куклина, О.Ю. Цветков
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ РЕНОВАЦИИ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКИ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ В Г. КРОНШТАДТ

Цель работы – разработать рекомендации внедрения экспериментальной модели реновации зданий и прилегающей территорий объектов культурного обслуживания.

Главная задача реновации исторической части города – оптимальная организация городской среды, гармоничное единство исторически сложившихся ансамблей и новой застройки, при соблюдении требований современной жизни общества и его комфорта.

Город Кронштадт, как и большинство исторических населённых мест, имеет свой собственный уникальный облик. Начиная с 2020 года внешний вид города начал преобразовываться. Внедрение проекта «Остров фортов» в Кронштадте заметно улучшил состояние городской среды. Когда данный проект будет окончательно завершён к 2025 году, город должен будет получить по-настоящему преобразившийся, превратившийся в живописный удобный для жизни и туризма морской пригород.

Одной из главных задач архитекторов была и остаётся – максимальное сохранение облика города, одновременно дополнив его новой благоустроенной территорией с озеленением, жильем и общественно-культурными пространствами, которые стали бы с исторической частью Кронштадта единым целым, дополнили его и стали такой же

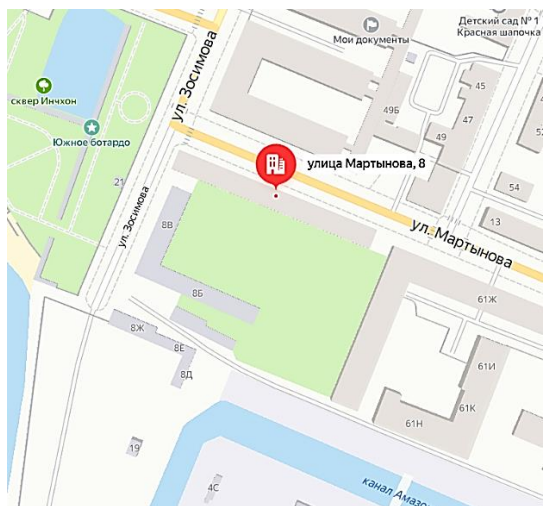


Рис. 1. Ситуационный план

узнаваемой частью, как и центр города. Город Кронштадт весьма многофункционален – это город-форт, город-музей и город-парк одновременно. Это прекрасное сочетание, которое стоит сохранять, развивать и дополнять [1, 6]. Для достижения поставленной цели в качестве примера был выбран участок, расположенный в исторической части города, по адресу: Санкт-Петербург, г. Кронштадт, ул. Мартынова, дом 8, литера А [2].

Данный земельный участок имеет индивидуальный кадастровый номер 78:34:0010331:3. Уточнённая площадь: 16940 м² [3]. На территории располагается комплекс казарменных построек из трех корпусов (рис. 1). Рассматриваемый участок располагается в непосредственной близости от туристско-



Рис. 2. Внешний вид одного из зданий



Рис. 3 Пример состояния застроенной территории

рекреационного кластера «Остров Форт». В представленных авторами проектных решениях проектируемые здания предполагаются как часть туристско-рекреационного кластера, т.к. в городе катастрофически не хватает объектов общественного питания и спортивно-развлекательных комплексов. В данном исследовании представлен один из вариантов возможного решения данной проблемы с учётом сохранения историко-культурного облика города.

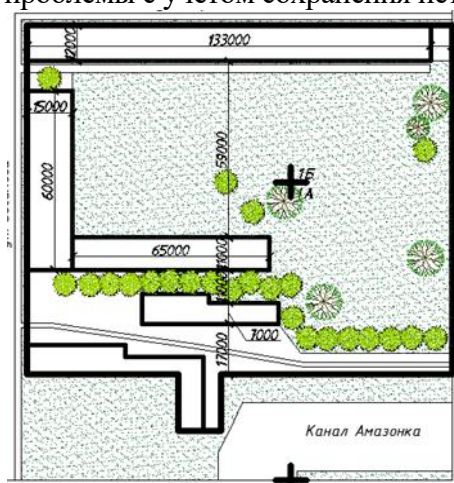
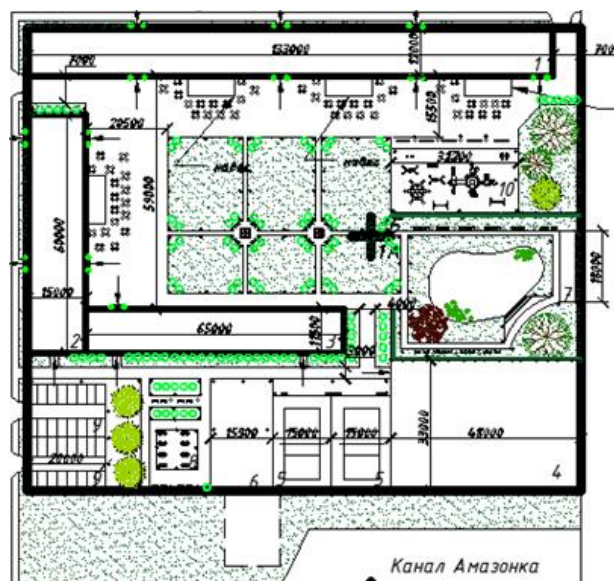


Рис. 4. Фрагмент генерального плана до реновации

В 2016 году по заказу дирекции КГИОПа была проведена историко-культурная экспертиза рассматриваемых зданий. Специалисты этой организации в своём отчёте полагают, что склады «... являются рядовыми примерами утилитарной складской казенной застройки», не сохранившими единую композицию» [4]. На момент проведения обследования комплекс казарменных зданий находится в полуразрушенном состоянии (рис. 2, 3). В результате проведённого экспертного обследования здания были лишены охранного статуса ОКН [5].

Весной 2020 года был запланирован снос зданий, однако КГИОП не согласовал эту процедуру. Опорный план до реновации отражает действующую ситуацию, границы участка, месторасположение существующих зданий и сооружений, дорожно-тропиночную сеть, имеющиеся зеленые насаждения (рис. 4).

На рис. 5 приведён фрагмент генерального плана после реализации проекта реновации, условными обозначениями нанесены существующие и проектируемые зеленые насаждения, здания, сооружения, дороги, площадки, малые архитектурные формы.



Поз.	Наименование
1	Восстановленное здание – ресторан №1
2	Восстановленное здание – ресторан №2
3	Восстановленное здание – помещения теннисного корта
4	Крытый теннисный корт
5	Открытый теннисный корт
6	Спортивная площадка
7	Навес
8	Площадка для игры в шахматы
9	Парковка
10	Детская площадка

Рис. 5. Фрагмент генерального плана после проведения реновации

По результатам проектирования составлен баланс территории объекта проектирования. На данном участке предлагается снос старых построек (т.к. они находятся в аварийном состоянии и не имеют охранный статус ОКН), одновременно с полным восстановлением некоторых из них с целью дальнейшего использования под рестораны, кафе и помещения для теннисного корта. Территория условно будет делиться на три части: зона для питания; прогулочная зона; спортивно-развлекательная зона.

Вывод: перманентное ведение подобной проектно-восстановительной деятельности позволяет сохранить знаковые места исторического облика города, его самобытность, атмосферность. Позволяет решить большую часть возникших ранее проблем, и проблем, которые появляются и проявляются в различных ипостасях городской жизни. Идеальных городов не было, нет и не будет. К этому состоянию нужно стремиться и в качестве основной оценки эффективности можно предложить показатель, учитывающий отношение времени теоретически необходимого на ликвидацию негативных проявлений к фактически затраченному на их устранение.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Слепченко, А.Л. Идентификационные характеристики архитектуры Кронштадта / Междунар. журнал гуманитарных и естественных наук. – 2020. – № 12-1 (51). – С. 171–173.
2. Яндекс. Карты: [Электронный ресурс]. 2021. URL: <https://clck.ru/e5Acр> (Дата обращения: 04.12.2021);
3. Публичная Кадастровая Карта Российской Федерации: [Электронный ресурс]. 2021. URL: <https://карта-егрн.рф/Санкт-Петербург/>(Дата обращения: 04.12.2021);
4. Комплекс казарменных построек в Кронштадте не получил статус памятника регионального значения: [Электронный ресурс]. 2016. URL: <https://kgior.gov.spb.ru/press-centr/news/51299/> (Дата обращения: 04.12.2021)
5. Акт по результатам государственной историко-культурной экспертизы выявленного объекта культурного наследия «Комплекс казарменных построек (Зкорпуса): [Электронный ресурс]. 2016. URL: <https://kgior.gov.spb.ru/media/uploads/userfiles/2016/09/30/8290-1.pdf> (Дата обращения: 04.12.2021);
6. Tsvetkov O., Simankina, T., Karmokova, K. Video-ecological coefficient of real estate objects / E3S Web of Conferences Volume 91, 2 April 2019.

ВОЗДУХООПОРНОЕ СООРУЖЕНИЕ КАК ФОРМА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО
ТРАНСФОРМИРУЕМОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ПРОСТРАНСТВА

Цель работы – разработать концепцию и основные параметры многофункционального общественного пространства, способного функционировать круглый год на базе воздухоопорного сооружения и произвести для него расчёт оптимальных параметров.

Воздухоопорные сооружения представляют собой гибкую оболочку из прочной армированной ткани без металлических конструкций [1], плотно закрепленную на основании. Внутри ее подается воздух, который создает избыточное давление и является опорой оболочки сооружения. Воздухоопорная оболочка выполняет роль ограждающей конструкции и предназначена для создания под ней искусственного климата. Основание воздухоопорной оболочки (гравитационное, монолитное, железобетонное) компенсирует собственным весом отрывающее усилие от растянутых канатов, удерживающих оболочку. Избыточное давление под оболочкой создаётся компрессорной установкой, подключаемой при необходимости к автономному энергопитанию. Воздухонепроницаемость входов и выходов обеспечивается шлюзовыми устройствами.

Основные достоинства воздухоопорных сооружений – чрезвычайно малый расход материалов, возможность перекрыть большой пролет, полное заводское изготовление, транспортабельность, невозможность обрушения [2]. Быстрый монтаж накануне осенне-зимнего периода и демонтаж в весенне-летний период обеспечивает трансформируемость сооружения и круглогодичный режим работы.

Оболочки ВОС следует относить к V степени огнестойкости [3]. Деформации оболочек не проверяются, а прочность проверяется по формулам:

$$T_{1,2} \leq R_{oc}, \quad (1)$$

где $T_{1,2}$ – усилия растяжения в оболочке (рис. 1, 2), кгс/м; R_{oc} – расчетное сопротивление материала оболочки по основе, кгс/м.

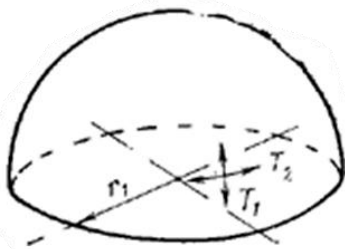


Рис. 1. Схема действия усилий в сферической оболочке

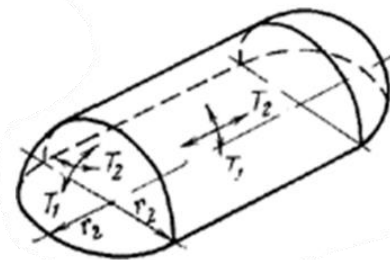


Рис. 2. Схема действия усилий в цилиндрической оболочке

Усилия $T_{1,2}$ (рис. 1) в сферических оболочках определяются по формулам:

$$T_1 = (0,5P + q_0nk)r_1; \quad (2)$$

$$T_2 = (0,5P + q_0nk + 0,33P_c)r_1. \quad (3)$$

Усилия $T_{1,2}$ (рис. 2) в цилиндрических оболочках определяются по формулам:

$$T_1 = (P + 1,15q_0nk)r_2; \quad (4)$$

$$T_2 = (0,5P + q_0nk + 0,33P_c)r_2. \quad (5)$$

где P – величина давления воздуха внутри оболочки, определяемая по формуле $P = 0,8q_0$, но не менее 40 кгс/м^2 ; q_0 – скоростной напор ветра, определяемый по главе СП 20.13330.2016, кгс/м^2 ; r_1 – радиус сферической оболочки, м; r_2 – радиус цилиндрической оболочки, м; n –

коэффициент перегрузки 1,3; k – коэффициент, учитывающий изменение скоростного напора в зависимости от высоты и типа местности, принимаемый по главе СП 20.13330.2016; P_c – расчетная величина снеговой нагрузки, кгс/м².

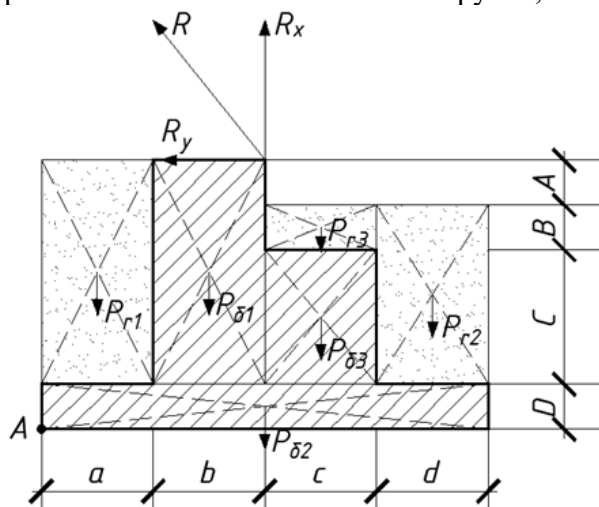


Рис. 3. Расчётная схема основания воздухоопорной конструкции

На рис. 3 представлена расчётная схема основания воздухоопорной конструкции. Условные обозначения: a, b, c, d, A, B, C, D – геометрические параметры; Точка A – точка, относительно которой составлялось уравнение моментов; P_{r_i} – вес грунта; P_{δ_i} – вес бетона. Относительно точки A действуют: по часовой стрелке моменты от веса бетона и веса грунта; против часовой – момент от нагрузки на анкер. Такая конструкция безопасна и надежна в эксплуатации [4, 5]. Такие сооружения можно круглогодично эксплуатировать под общественные пространства, возводя их в зоне рекреации населённого пункта.

Воздухоопорные сооружения имеют множество преимуществ с точки зрения градостроительства. Во-первых, данное пространство можно разделить на секции, и тогда оно может объединить в себе совокупность нескольких видов досуга как спортивных, так и общественных, развлекательных, ведь его можно эксплуатировать как пространство для занятий активными видами спорта (футбол, волейбол, баскетбол, теннис, танцевальная секция, а при использовании дополнительного оборудования – скалодром, скейтпарк, и т. д.) и как пространство для проведения массовых мероприятий (общественное собрание, развлекательное мероприятие и т. д.). Во-вторых, данное сооружение за счёт своих конструктивных свойств трансформируется и будет эксплуатироваться как в тёплое время года (открытое пространство), так в холодное (закрытое пространство, что несколько дороже из-за необходимости сохранения тепла). Как итог, данное сооружение будет пользоваться спросом и жителям населённого пункта не придётся далеко добираться с целью проведения досуга. На данный момент воздухоопорные сооружения широко используются в качестве спортивных пространств.

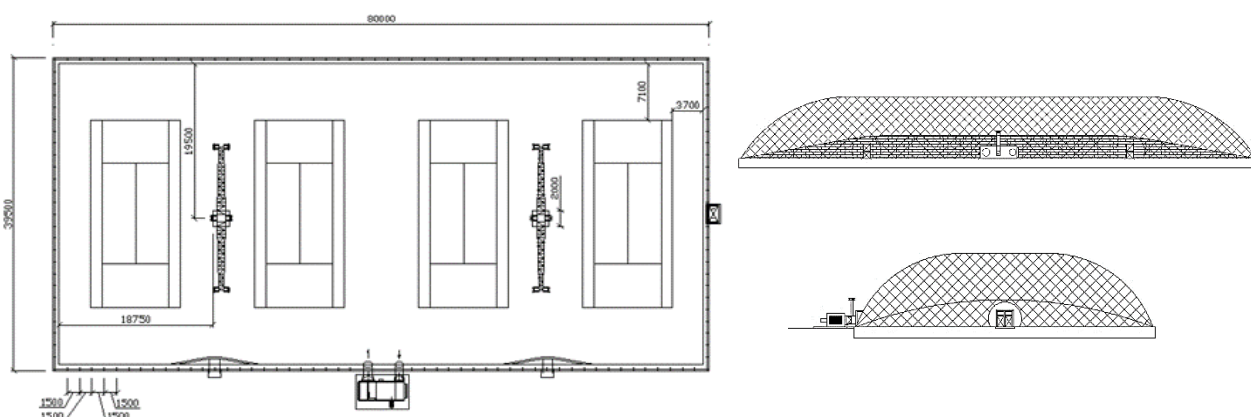


Рис. 4. Пример использования ВОС в качестве площадки 4-х сблокированных теннисных кортов

Учитывая архитектуру сооружения и климатические условия района строительства (г. Санкт-Петербург), получаем усилие равное 1 т/п.м. В таблице представлены результаты расчетов при различных комбинациях геометрических размеров основания ВОС, что влияет на объём используемого бетона, вес на погонные метр и давление на грунт.

Таблица 1 – Результаты расчётов

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>a</i>	0	900	0	0	400	50	100	0	0
<i>b</i>	1000	500	325	350	400	100	100	50	50
<i>c</i>	0	0	400	0	0	300	300	200	200
<i>d</i>	0	0	0	400	400	320	350	300	300
<i>A</i>	1000	500	0	0	75	0	0	0	0
<i>B</i>	0	0	250	225	250	0	0	0	0
<i>C</i>	0	0	375	0	0	0	0	0	0
<i>D</i>	0	100	0	375	200	200	250	200	150
<i>M(P)</i>	1,25	1,29	0,36	0,38	0,76	0,15	0,23	0,08	0,06
<i>M(R)</i>	0,99	1,29	0,36	0,38	0,76	0,15	0,20	0,07	0,06
Объём бетона, м ³ /пм	0,81	0,39	0,35	0,36	0,37	0,15	0,21	0,11	0,08
Вес, т/пм	1,94	0,94	0,85	0,86	0,89	0,39	0,53	0,28	0,21
Давление, т/м ²	2,16	0,67	1,17	1,15	0,74	0,50	0,63	0,50	0,38

Вариант устройства основания под номером 1 с указанными выше параметрами был предложен зарубежной фирмой поставщика оболочки. В ходе работы был предложен более экономически выгодный аналог, анализируемые параметры (объём бетона и вес) сократились примерно в 10 раз, а давление основания на грунт уменьшилось примерно в 6 раз. Полученная схема (рис. 5) проще в реализации, чем планируемая расчётная (рис. 3). Важно отметить экономические предпосылки строительства воздухоопорных сооружений, которые заключаются в низкой стоимости материалов в сравнении с другими конструкциями [6, 7]. Однако, вариант, предложенный для устройства основания, не подходит из-за конструктивных требований армирования конструкции.

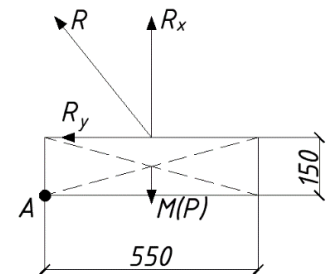


Рис. 5. Вариант устройства основания ВОС

ЛИТЕРАТУРА:

1. Алексеев С.А. Основы общей теории мягких оболочек. Расчет пространственных конструкций, 1966, вып. XI;
2. Анушин Б.Ю. Объёмно-пространственные конструкции / Б. Ю. Анушин // КиберЛенинка: электронный журнал. – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Дата публикации: 19.12.2015;
3. СН 497–77. Временная инструкция по проектированию, монтажу и эксплуатации воздухоопорных сооружений от 29.07.1977 № 1978-07-01. – 1977 г. – № 108;
4. Степанов А.И. Воздух – строительный материал // SportBuild строительство и эксплуатация спортивных сооружений. – 2016. – №9. – С. 26–21.;
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. Latina S.V. Gender Stereotypes in the Contemporary Humanities / Anthropology & Archeology of Eurasia. 2010. Т. 49. № 2. С. 66–75;
7. Пшеничникова К.А. Предпосылки формирования пневматических конструкций в современной архитектуре // Architecture and Modern Information Technologies. – 2018. – №3(44). – С. 183–200 [Электронный ресурс]. – URL: http://marhi.ru/AMIT/2018/3kvart18/10_pshenichnikova/index.php

Г.И. Кашин, А.А. Машкин, С.А. Минаев, Я.А. Олехнович
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Е.А. Комиссарова
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

МЕТОДИКА И ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА-КУРОРТА ГЕЛЕНДЖИК

Цель работы – рассмотрение последствий изменения генерального плана муниципальных образований на примере отдельно взятого города и анализ градостроительных и социальных аспектов.

Территориальное планирование является одним из важнейших факторов для стабильного экономического развития любого муниципального образования. Данный термин чётко регламентирован в Градостроительном кодексе Российской Федерации. Территориальное планирование – планирование развития территорий, в том числе для установления функциональных зон, определения планируемого размещения объектов федерального значения, объектов регионального значения, объектов местного значения [1].

В нормативной документации нет регламентирования срока действия принятого генерального плана муниципального образования. В связи с чем изменение генерального плана может приниматься в любой момент времени, но в соответствии с требованиями статьи 24 [1] и с учётом региональных и местных нормативов территориального планирования [2].

В связи с вышеизложенным, процесс изменения генерального плана можно структурировать в следующую последовательность:

1. Предложение по внесению изменений генерального плана, принимаемое главой местной администрации;
2. Общественные обсуждения, либо публичные слушания по проекту генерального плана;
3. Внесение коррективов в предложение по внесению изменений в генеральный план по результатам предыдущего пункта;
4. Принятие генерального плана по итогам голосования думы муниципального образования.

Проекты по комплексному изменению генеральных планов прибрежных городов Краснодарского края начали вноситься на рассмотрение в 2019 году, когда депутаты законодательного собрания поддержали инициативу губернатора Вениамина Кондратьева по ограничению застройки побережья. В региональные законодательные документы [2] были внесены поправки о жилищном строительстве, где особые ограничения прибрежной зоны увеличились с 300 до 500 м [3].

Поправки в Градостроительный кодекс Краснодарского Края предусматривают следующие высотные ограничения:

1. При расстоянии 100 м от берега максимальная высота построек – 21 м;
2. В зоне от 100 до 300 м – 25 м;
3. В зоне от 300 до 500 м – 30 м.

На основании изменения местных законодательных актов администрация города-курорта Геленджик инициировала внесение изменений в генеральный план города с изменением функциональных зон. Огромное количество прибрежных зон, которые были отведены под застройку индивидуальными жилыми домами, перешли в общественно-деловые и рекреационные зоны.

Такие изменения накладывают определённые ограничения на существующие объекты индивидуального жилого строительства, а именно невозможность надстройки, реконструкции и застройки новыми жилыми домами существующих земельных участков с изменённым видом разрешённого использования.

Также некоторые участки получили обременения по статье 56.1 [4] по которым участки с постройками вышли в резерв федерального назначения.

Вышеуказанные обременения и ограничения повлекли за собой не только снижение кадастровой и рыночной стоимости, но и большое социальное беспокойство жителей Краснодарского края.

Резкое возмущение жителей было вызвано опасением, что участки попавшие в зону рекреации будут изъяты, постройки на участках снесены, а самих владельцев ущемят в праве собственности [5, 6].

14 января 2022 вопреки обращению собственников к администрации города был принят новый генеральный план города-курорта Геленджик. За принятие проголосовал 21 депутат из 28. 27 января 2022 года предпринята попытка референдума территориальной инициативной группой, но правительство города отклонило данную инициативу

Со стороны градостроительного аспекта данный подход к изменению генерального плана является достаточно успешным и позволит более эффективно развивать муниципальное образование курортного типа. Застройка первой полосы зданиями премиум сегмента для оказания услуг прибывающим гостям является мировым трендом и распространённой практикой прибрежных городов на Средиземном море. Увеличив количество зон для застройки общественными зданиями, можно значительно увеличить престиж курорта, привлечь дополнительные инвестиции, которые поспособствуют дальнейшему развитию региона как туристического центра.

Одними из основных элементов приморской курортной индустрии являются объекты инфраструктуры яхтинга. Современной мировой практикой функционирования морских курортов подтверждается доминирующее положение объектов яхтинга в широком спектре рекреационных объектов. Для того, чтобы курорт стал действительно морским, а не просто приморским, необходимо в полной мере задействовать огромный рекреационный потенциал моря [6]. Яхтинг, дайвинг, морская рыбалка – все это досуг, который привлечет новых гостей и даст возможность получить новые инвестиции от постоянных клиентов.

Опыт Испании, Франции, Турции, Дании и других стран демонстрирует, что яхтинг вносит значительный вклад в национальную экономику. При этом приток яхт в европейские, и особенно Средиземноморские марины в последние годы все увеличивается, чего нельзя сказать об адекватном увеличении количества стояночных мест. Данный аспект также следует учесть при комплексном развитии территории курортов Краснодарского края.

Со стороны социального аспекта данный подход, в настоящий момент времени, является недопустимым и будет долгое время вызывать негодование населения городов прибрежной зоны. Большая часть участков для индивидуального жилого строительства долгое время передаётся из поколения в поколение и введением ограничений на земельных участках, вид разрешённого использования которых был изменен, администрация не только ущемляет моральные и законодательные права граждан, но и лишает их постоянного заработка за счёт сдачи комнат на «первой» морской линии. Однако налоги с данного вида деятельности не взимаются, так как, к сожалению, данные услуги предоставляются не официально, соответственно регион не получает экономической выгоды.

Рассматривая сложившуюся ситуацию со стороны градостроительства и социального аспекта, можно предложить следующий ряд мер для сохранения лояльности населения к действующему правительству, а также для повышения престижа города-курорта:

1. Создание графиков реализации и получения инвестиций для марин, общественных застроек и парков;
2. Создание отдельных районов для перехватывающих парковок;
3. Оптимизация схемы пригородных и внутригородских пассажиропотоков;
4. Подход к побережью, как к единой рекреационной взаимосвязанной зоне;
5. Производить изъятие участков, с выдачей достаточной компенсации, либо с выдачей апартаментов, к примеру, если на данном участке планируется построить отель;
6. Проведение бесед с горожанами о необходимости развития города-курорта как единого целого.

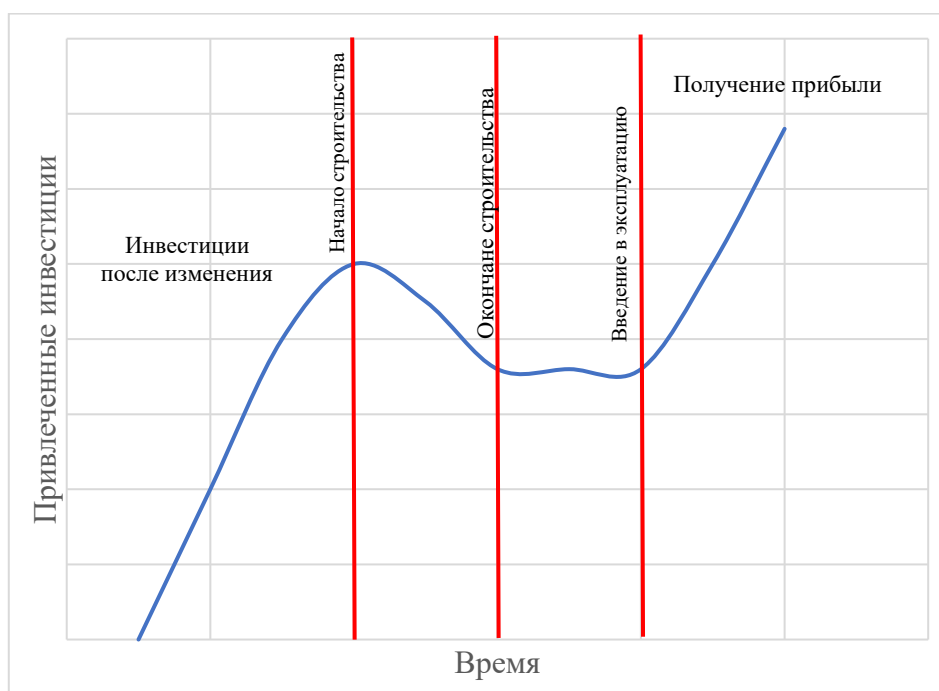


Рис. 1

Вышеизложенный комплексный подход к территориальному развитию прибрежных курортов Краснодарского края, но с учётом пожеланий и компромиссности решений со стороны представителей власти позволит создать престижные курорты мирового уровня, а также поднимет экономическую рентабельность данного региона, как показано на графике 1.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 года №190-ФЗ;
2. Градостроительный кодекс Краснодарского края от 21.07.2008 года №1540-КЗ;
3. Почему жители Геленджика выступают против проекта нового генплана и что говорят власти? [Электронный ресурс]// Юга.ру, URL: <https://www.yuga.ru/news/460354-pochemu-zhiteli-gelendzhika-protiv-novogo-genplana/> (дата обращения 08.03.2022);
4. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 года №136-ФЗ;
5. «Русское Монако». Проект нового генплана Геленджика вызвал резкое возмущение местных жителей [Электронный ресурс]// BFM.RU – Новости России и Мира, URL: <https://www.bfm.ru/news/484649> (дата обращения 08.03.2022);
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. Гришин Н.А. Современные тенденции развития марин. Градостроительные аспекты. [Электронный ресурс]// Архитектура Сочи URL: <https://arch-sochi.ru/2010/10/sovremennyye-tendentsii-razvitiya-marin-gradostroitelnyie-aspektyi/> (дата обращения 08.03.2022)

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНФЛИКТЫ В СТРУКТУРЕ ПРИРОДНОГО КАРКАСА
Г. БЕЛГОРОДА НА ТЕРРИТОРИЯХ ОВРАЖНО-БАЛОЧНЫХ ЛАНДШАФТОВ

Цель работы – проанализировать структуру природного каркаса города Белгорода, выявить основные градостроительные конфликты, предложить мероприятия архитектурно-планировочной организации овражно-балочных территорий, направленные на регенерацию природного каркаса.

На ранних исторических этапах расселение общества организовывалось, как правило, в местах, удобных для жизнедеятельности человека [1]. Но с ростом численности населения возрастала необходимость расширения территории города, которое происходит за счет пригородных участков, не представляющих ценности для сельскохозяйственного освоения – неудобий, земель, подверженных овражно-балочной эрозии. В Белгородской области овражно-балочные ландшафты являются значимыми элементами природного каркаса территорий и занимают большую долю в его структуре [2].

Несмотря на то, что такие ландшафты имеют условия труднодоступные для строительства, они обладают высокими эстетическими характеристиками, чем повышают вовлеченность населения города к реорганизации таких пространств. В данных системах [3], происходят процессы экологической стабилизации, а уровень эколого-биологической ценности этих ареалов постепенно увеличивается. Овражно-балочные территории, являются уникальными для Белгородской области и их освоение является перспективным и актуальным направлением на сегодняшний день [4].

Рассмотрим овражно-балочные ландшафты в структуре градостроительной ситуации г. Белгорода. Градостроительная ситуация рассматривается как часть городской среды – социально-пространственной системы. Системный подход способствует отражению ее структуры – пространственные объекты, социальные субъекты, и их взаимосвязь. Поэтому, в одном случае, градостроительная ситуация это социально-пространственная система и предмет градостроительной деятельности, в другом – система, которая может быть конфликтной [5]. В градостроительном конфликте функционируют несколько групп участников: власти, жители населенных мест, инвесторы, территория. Каждая из сторон имеет свои цели, права и интересы в развитии.

Изучив градостроительные ситуации г. Белгорода, можно проследить, что в данной структуре выраженные противоречия свойственны основным элементам экологического каркаса города – овражно-балочным системам.

В зарубежных градостроительных исследованиях пространственный конфликт был изучен в работах американских градостроителей К. Линча, Дж. Форестера, итальянского архитектора С. Бозри, американских социологов Л. Вирт, Э. Берджесс (городские конфликты), М. Кастельс. В работе А. Крашенинникова проведен анализ зарубежных и отечественных исследований по результатам которого он делает вывод, что «...основными причинами конфликтов, связанных с использованием территории, являются: несовместимость многонаселенных и индивидуальных видов деятельности; дефицитная площадь для стоянки автомобилей, игр, любительских занятий; неэффективность границ...» [6]. К. Линч целостно описал систему критериев градостроительной формы, увязывающих ее развитие с конфликтным характером общественной системы [7]. В подходе В. Светлова [8], определена взаимосвязь пространства и социального противоречия, конфликт рассматривается как разновидность структурной неустойчивости системы, при которой система не выполняет своей главной функции. Перьковой М.В. были предложены

определения конфликта и понятие градостроительное противоречие развития территории [9]. Градостроительный конфликт – противоборство противоположных интересов и потребностей между участниками градостроительной деятельности по отношению к территории. Градостроительное противоречие развития территории – ситуация, при которой в процессе землепользования резко ухудшается качество искусственно-естественного окружения региона.

В результате анализа участков овражно-балочной сети г. Белгорода были определены следующие участники социально-пространственного конфликта: «А» – овражно-балочный рельеф – близлежащая территория «В» – индивидуальной застройки, «С» – многоквартирной застройки, «D» – объектов социальной инфраструктуры, «Е» – промышленной застройки. В результате анализа планировочных структур, выделенных территорий, были выявлены следующие градостроительные конфликты:

1. Имущественные – нецелесообразное использование территории; конфликт интересов использования территорий; самозахват территорий в хозяйственных целях.

2. Социально-функциональные – отражающие качество среды, наличия объектов социальной инфраструктуры и потребностей населения; отсутствие упорядоченных взаимосвязей рекреационных мест; нерациональное использование территории города; А.Я. Анцупов и А.И. Шипилов в своих работах определяют что: «социальные конфликты включают: межличностные, между личностью и группой, между малыми, средними, большими социальными группами, межгосударственные» [10].

3. Землепользовательские – несоответствие между характером использования территории с ее природным потенциалом; уничтожение ландшафтной идентификации;

4. Транспортные – противоречие потребностей финансирования для развития транспортного обеспечения; конфликт нерациональной пешеходной сети в структуре овражных территорий.

Оценка коммуникаций показала, что позиции В, С, D, Е находятся в несбалансированной связи и социально-пространственной противоречии с овражно-балочной территорией (А).

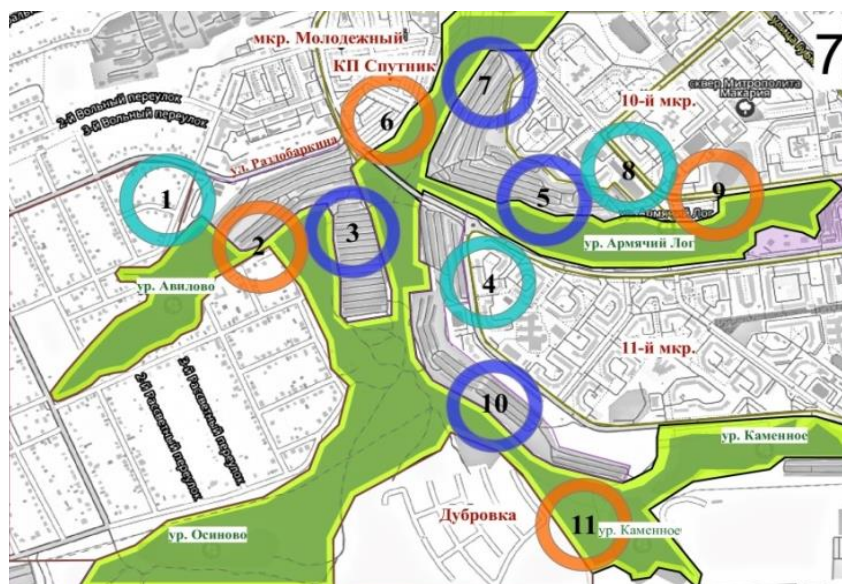


Рис. 1. Градостроительные конфликты овражно-балочной системы ур. Авиллово – ур. Армячий Лог – ур. Каменное

Рассмотрим детально участок 7 овражно-балочной системы ур. Авиллово – Армячий Лог – Каменное (рис. 1). Территория граничит с коттеджным поселком – с севера, с промышленной застройкой – с западной и восточной сторон, с индивидуальной жилой застройкой – с запада, и элитным поселком «Дубровка» – в южной части ОБС. Выявлено три типа градостроительных конфликтов:

- Землепользовательские – поз. 1, 4, 8. Отражающие отсутствие буферной зоны между жилой застройкой и объектами транспортной инфраструктуры (гаражные кооперативы);
- Социально-функциональные – поз. 2, 6, 9, 11. Отражающие отсутствие взаимосвязи рекреационных мест жилой застройки с овражно-балочным ландшафтом (поз. 6, 9); нерациональное использование территории города (поз. 2); отсутствие мест рекреации и кратковременного отдыха населения (поз. 11).
- Транспортные – поз. 3, 5, 7, 10. Отражающие противоречие потребностей финансирования для развития транспортного обеспечения, предполагающие снос гаражных кооперативов и рационального использования территории, в том числе возможной организации транспортной сети в структуре ОБС.

Выводы. Таким образом, выявленные конфликты на рассмотренных территориях со сложным рельефом, являются пространственным барьером в структуре города, которые требуют проведения необходимых работ по их освоению, для создания целостности природной и социальной системы. Выделен следующий ряд мероприятий по реорганизации овражно-балочных систем:

1. Использование овражно-балочных территорий в качестве рекреационных объектов – создание садов, парков, искусственных водоемов, объектов экотуризма, физкультуры и спорта.
2. Использование овражно-балочных систем в качестве природоохранных зон с особым статусом использования [11] – что обуславливает сохранение в пределах овражных систем условий для популяризации редких видов растений и обитания животных.
3. Использование городских оврагов и балок в качестве магистралей, способствующие снижению нагрузки на существующую транспортную сеть города. Освоение оврагов создает наилучшие условия для сохранения высокой скорости движения, что определяет возможность создания разноуровневых развязок.
4. Использование оврагов под застройку объектами жилого, промышленного или общественного назначения. Сооружение строительных объектов в пределах оврагов требует тщательного изучения геологических и инженерных составляющих рассматриваемого участка. Один из оптимальных способов при организации овражно-балочной сети представляет собой строительство объектов применяя террасированную систему застройки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Божё-Гарнье Ж., Шабо Ж. Очерки по географии городов (пер. с франц.). М.: Прогресс, 1967. 424 с.;
2. Стаценко Е.А. Планирование объектов экологического каркаса в структуре землеустройства Белгородской области: Автореф. дис. канд. геогр. наук. Белгород, 2012. 23 с.;
3. Лихачева Э.А. Город – экосистема / Э.А. Лихачева, Д.А. Тимофеев, М.П. Жидков и др. М.: Медиа-Пресс, 1997. 336 с.;
4. Большаков А.Г., Щербакова Т.П., Бондарева В.Ю., Матвейшина М.Е. Анализ социально-пространственных условий планировки Белгорода // Сборник материалов региональной НТК по итогам конкурса, проводимого РФФИ и Правительством Белгородской области, 2015. 41–51 с.;
5. Шарков Ф.И., Сперанский В.И. Конфликтология. 5-е изд. СПб.: Питер, 2013 г.;
6. Крашенинников А.В. Жилые кварталы: Учеб. пособие для архит. строит. спец. вузов/ Под общ. ред. Н.Н. Миловидова, Б.Я. Орловского, А.Н. Белкина. – М.: Высш. шк., 1988. – 87 с.: ил.;
7. Линч К. Совершенная форма в градостроительстве//пер. В. Глазычева. – М.: Стройиздат, 1989. 65 с.
8. Светлов В.А. Конфликт: модели, решения, менеджмент. – СПб.: Питер, 2005. – 540 с.: ил.;
9. Перькова М.В. Конфликтологический подход в градостроительстве // Архитектура и строительство России. 2018. № 2. С. 92–99;
10. Анцупов А.Я., Шипилов А.И. Конфликтология: Учебник для вузов. М.: ЮНИТИ, 2000. 43 с.;
11. Большаков А.Г., Лоншаков Д.А. Повышения экологического благополучия района в Белгороде путем преобразования ООПТ в окружении застройки в парк с природоохранными функциями // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №5. С. 47–52.

ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫЕ ПЛАНИРОВОЧНЫЕ ОСОБЕННОСТИ
ИСЛАМСКИХ ГОРОДОВ

Цель работы – пролить свет на наиболее важные исторические принципы и элементы планирования исламского города, а также на идеи исламского сообщества.

Любая городская среда содержит особые черты, связанные с социальными нормами, культурными, экономическими и экологическими. Арабские города на полуострове до ислама были небольшими скоплениями населения и формировались как остановки для караванов вокруг источника воды, либо как религиозные центры вокруг важного религиозного сооружения (Мекка, Медина). Города росли и развивались в соответствии с их коммерческим, культурным, сельскохозяйственным назначением. Несмотря на свою простоту, эти города обладали некоторыми отличительными планировочными особенностями, вытекающими из культурного и социального наследия их жителей [1]. Самая важная характеристика – это распределение населения по племенной принадлежности. Племя распределяется вокруг шатра племенного шейха в соответствии с его социальным статусом и богатством [2].

В 622 г. н.э. в Медине было основано исламское государство. Медина охватывала исламское сообщество и его гражданские институты, такие как мечеть, рынок, судебные органы, дом Пророка, а также образовательные и промышленные объекты [2]. После происходили завоевания территорий Сирии, Ирака, Египета и Африки. Мусульмане унаследовали существующие города: римские и византийские города в Леванте и сасанидские города в Персии. Они населяли города и запечатлели в них свой религиозный, культурный и социальный характер (Дамаск, Алеппо, Антиохия, Иерусалим, Александрия и др.) [3].

Принципы градостроительства в исламском городе. Средневековый исламский город является идеальным городом с точки зрения современного планирования с его теориями. Это обусловлено совместимостью и соответствием между материальными и моральными потребностями, возникшими в вакуумном образовании, выражающем социальное, экономическое, культурное и религиозное влияние [4], и следующими принципами исламского городского планирования: план исламского города опирался на активное участие населения в жизни города, так как каждое племя или семья занимали своё место в городском плане. Исламские города планировались органичным, естественным, гибким и расширяемым образом в соответствии с потребностями населения и вопреки инженерным и аналоговым принципам в городах предыдущих цивилизаций [5]. Мусульмане полагались на этот принцип, в городах, которые они построили или где поселились.

Городской план исламских городов характеризуется простотой и удаленностью от жестких симметричных геометрических форм. Это похоже на последовательную градацию ветвей дерева, которые растут и ответвляются от ствола к ветвям, чьи концы несут листья (дома). В формировании и развитии исламских городов находит отражение концепция о пустоте, как непрерывной и интегрированной, которая является преобладающей концепцией среди мусульман [3]. Здания в исламском городе открываются во внутренний «небесный» двор [6]. Внутренний двор существует почти в каждой мечети в исламской архитектуре. Дворы открыты небу и со всех сторон окружены постройками с залами и комнатами, а часто и тенистыми полуоткрытыми галереями.

Схема исламского города раскрывает основную систему в исламском обществе – разделение между мужчинами и женщинами и обеспечивает неприкосновенность частной жизни семьи. В дополнение к широкому участию в религиозной, экономической и политической жизни группы в то же время. Основной принцип оценки исламской городской модели заключается в нахождении баланса между частной жизнью, в которой нуждается семья, и сплоченностью, в которой нуждается общество для достижения устойчивости [7].

Архитектурные доминанты и планировочные элементы исламского города.

Религиозно-культурный центр исламских городов исторически был представлен мечетью, она же являлась главной архитектурной доминантой исламского города – мечеть. Мечеть как правило располагалась на пересечении главных городских улиц – это место групповых встреч, политических, религиозных и культурных мероприятий. Кроме того, это место призыва к молитве, источник исламского учения, вокруг него выкристаллизовались естественные образования города, который был центром культурной, общественной и политической деятельности. Одной из архитектурных особенностей мечети является единство между зданием и небом. Архитектурный образ мечети образует завершения, избегающие горизонтальных линий, которые отделяют, но не соединяют. Купола и арки отражают однородную пространственную концепцию – движения вверх.

Политический центр в Медине был представлен домом Посланника и находился рядом с мечетью Пророка, что обуславливает его большое значение. Градостроительная концепция исламского города опиралась на установление городского исламского центра и на пространственную связь между религиозно-культурным центром, представленным мечетью, с политическим центром, представленным домом правления. Мусульмане переняли эту модель у городов завоевания, так как мечеть была примыкающей к дворцу халифа. Дома правителей позже выражали власть, лидерство и политику, и их стороны были заполнены скоординированными зданиями, например, дворец Альгамбра, который повлиял на формирование и обустройство ландшафта [8].

Торговый центр был представлен в виде рынков и магазинов. Рынки в ранних исламских городах были представлены лотками, хижинами и палатками, расположенными на открытом пространстве вокруг мечети [1]. В период халифатов Омейядов и Аббасидов рынки развивались для организации рядов вдоль главных улиц вокруг центров городов. Две основные характеристики отличали рынок в средневековом исламском городе от рынков городов Европы. Первая особенность заключается в функциональном зонировании, торговцы одной профессии собираются на отдельном пространстве рынка. Что касается второй характеристики, то это позиционирование рынков профессий в определенном порядке вокруг центра города в соответствии с четкой коммерческой и профессиональной иерархической структурой. Рынок начинается рядом с мечетью с магазинами благовоний, книг, свечей, бумажных мастеров и каллиграфов, за ними следуют продавцы золотых и серебряных работ, затем рынки продуктов, кожи и текстиля, затем ковры, медные изделия, после этого торговые зоны зерна и сельскохозяйственной продукции, которые как правило были востребованы сельским населением, приезжающим в город [8].

Жилые территории. Жилая функция олицетворяет собой стремление к стабильности, и эта функция, которая преследует человека с момента создания. Мусульманская домашняя жизнь требует полной конфиденциальности, что влечет за собой строгое отделение от внешней деятельности. Исламский дом имеет особые характеристики. Двор дома представляет собой место встречи членов семьи и их собрания, где объединяет и укрепляет семейные связи. Внутренние дворы были спроектированы и окружены открытыми комнатами, а также элементами, которые защищали проёмы от внешнего обзора. Внутренний двор придает жилой единице элемент контраста, необходимый в архитектурной и цивилизованной массе, интегрированной с пространствами улиц, переулков и общественных

дворов. В то же время он должен активно участвовать в деятельности общины из-за религиозной реальности и принадлежности жителей и правителей города к исламу, и эти понятия нашли отражение в архитектуре города, рисунок 1.

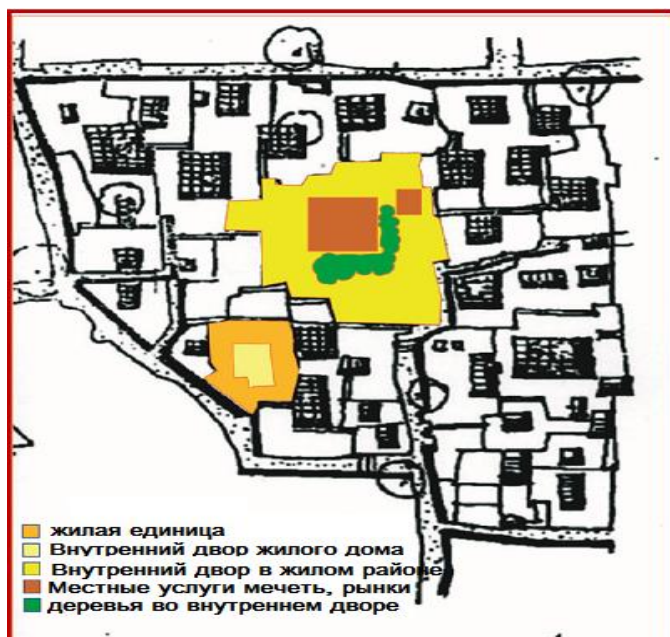


Рис. 1. Органическая структура и тройная градация в пространствах исторического исламского города [3]

Выводы. Исследователь полагает, что исламский город начался в Медине как государственный город, а затем прошел через фазу временного города, такого как Куфа, Басра и Фустат. Затем, в эпоху завоеваний, он стал стабильным городом, таким как Дамаск, Багдад, Каир и Стамбул. Одним словом, в статье установлено, что организация, основанная на положениях ислама, участие общины, связь архитектуры с внешним пространством, а также простота формы являются одними из наиболее выдающихся принципов исламского градостроительства. Он также вкратце определил наиболее важные элементы исламского города (мечеть, дом правителя, торговый центр, жилые территории). Встреча ряда этих полос устанавливает жилой район в соответствии с концепцией планирования со спецификой исламского города. Где

эта приватность колеблется в сторону большей открытости обществу в жилом районе, затем жилым зонам, затем секторе, затем городе. Таким образом, он основан на идее и концепции жилого района, которая параллельна последним современным теориям с их современными концепциями.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Аль-Джабри М.К.А. Градостроительное развитие города Эль-Амара (Ирак) середины XIX – начала XXI века // Урбанистика. 2021.10.7256/2310-8673.2021.1.34679 № 1. С. 73–87;
2. Abu-Lughod J.L. The Islamic city – Historic myth, Islamic essence, and contemporary relevance // International Journal of Middle East Studies. 1987. Т. 19, № 2. – С. 155–176;
3. Ali N. J. M. Morphology of two Abbasid cities, Kufa and Samarra // journal of the college of basic education. – 2012. – Т. 18, № 75. – С. 295–310.;
4. Jamalinezhad M., Talakesh S. M., Soltani S. H. K. Islamic principles and culture applied to improve life quality in Islamic cities // Procedia-Social and Behavioral Sciences. 2012. Т. 35. С. 330–334;
5. Аль-Джабри М. К. А. Обзор возможностей и проблем развития города Эль-Амара / Ирак // Тенденции развития науки и образования. – 2021. <https://elibrary.ru/item.asp?id=45538582> № 71-1. С. 173–178;
6. Cizakca M. Awqaf in history and its implications for modern Islamic economies // Islamic Economic Studies. – 1998. – Т. 6, № 1.;
7. Аль-Джабри М. К. А. Краткий обзор устойчивого развития и ее принципов // Журнал перспективных исследований. – 2021. – С. 159–163;
8. Haraty H.J.S., Raschid M.Y.M., Yunos M.Y.M. Morphology of Islamic Traditional Iraqi Courtyard House Toward Holistic Islamic Approach in New Residential Development in Iraq // International Journal of Engineering & Technology. – 2018. – Т. 7, № 3.7. – С. 379–382.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕБУЕМОГО ВОЗДУХООБМЕНА КОНФЕРЕНЦ-ЗАЛА
ДЛЯ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ С РЕЦИРКУЛЯЦИЕЙ ВОЗДУХА

Инженерные системы и сети являются неотъемлемой частью любого здания и сооружения [1]. Одним из наиболее важных критериев отвечающих комфортной эксплуатации зданий и сооружений является устройство вентиляционных систем. Правильно подобранные параметры микроклимата в помещении, такие как температура воздуха, скорость его движения, относительная влажность воздуха и т.д. оказывают положительное влияние на самочувствие человека, комфорт работы и жизнедеятельность. Неправильно подобранные характеристики микроклимата и требуемого воздухообмена негативно сказываются на общем самочувствии человека, уменьшая производительность его труда.

Цель работы – исследование требуемого воздухообмена конференц-зала с применением энергоэффективной системы вентиляции.

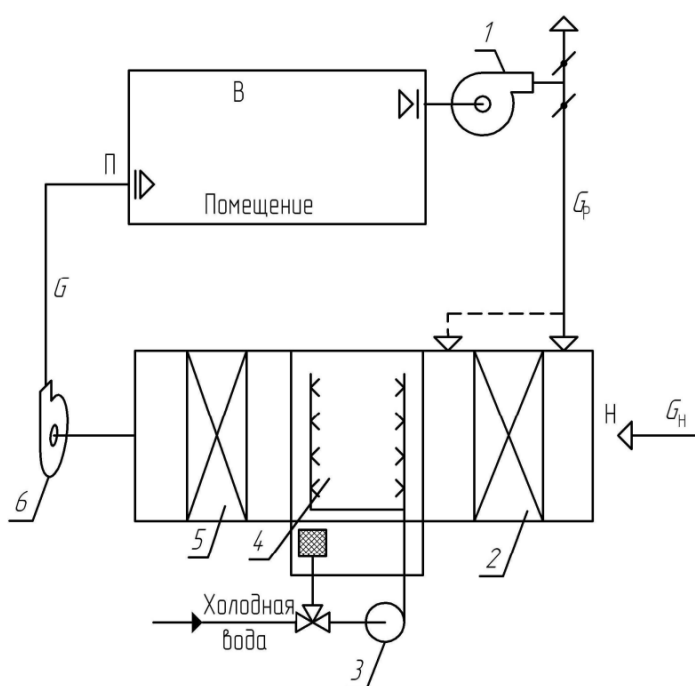


Рис. 1

Для решения поставленной задачи была предложена система вентиляции с рециркуляцией воздуха. Рециркуляция воздуха представляет собой подмешивание воздуха из помещения к наружному воздуху с последующей подачей получившейся смеси в данное помещение [2]. В такой системе подача рециркуляционного воздуха происходит перед воздухонагревателем первого подогрева [3].

На рис. 1 обозначены: 1 – рециркуляционный вентилятор; 2 – воздухонагреватель первого подогрева; 3 – насос; 4 – камера орошения; 5 – воздухонагреватель второго подогрева; 6 – вентиляционный агрегат кондиционера.

Представленная на рис. 1 система позволяет достичь экономии холода в летний период, когда теплый наружный воздух смешивается с более

прохладным внутренним воздухом из помещения, после чего полученная смесь очищается через фильтр, охлаждается и осушается в камере орошения, а затем при необходимости нагревается в воздухонагревателе второго подогрева. Полученная смесь подается в помещение с параметрами приточного воздуха. В помещении приточный воздух ассимилирует тепло- и влаго- избытки, его параметры уравниваются с параметрами внутреннего воздуха. Часть отработанного воздуха поступает на рециркуляцию, а часть безвозвратно выбрасывается в атмосферу.

В холодный период года для экономии теплоты происходит смешение теплого внутреннего воздуха и холодного наружного. Полученная смесь очищается в фильтре и нагревается в воздухонагревателе первого подогрева, проходит обработку в камере

орошения, после чего подогревается в воздухонагревателе второго подогрева до требуемых параметров приточного воздуха и поступает в помещение.

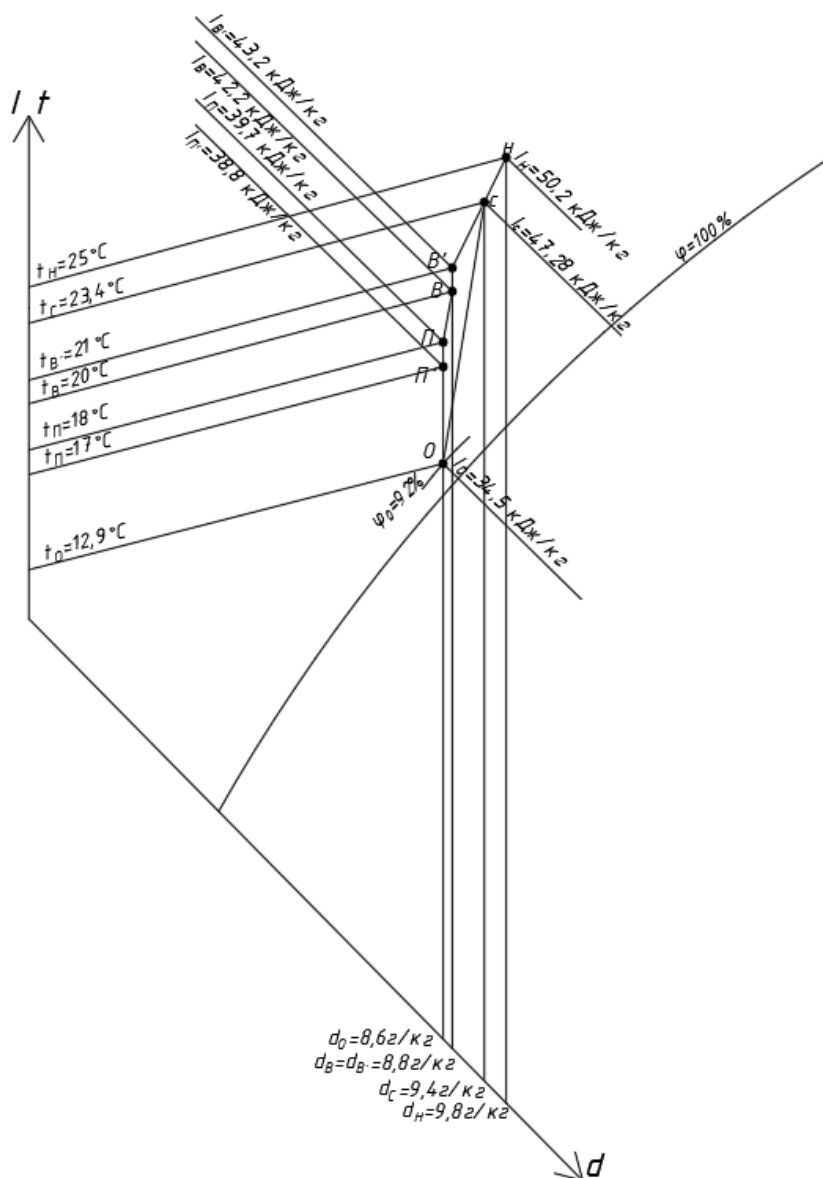


Рис. 2

Определение параметров системы проводилось с применением $i-d$ диаграммы влажного воздуха (рис. 2).

Принимаем оптимальное значение влажности для теплого периода года [4, 6, 7]: $t_B = 20 - 22^\circ\text{C}$; $\varphi_B = 30 - 60\%$. Параметры наружного воздуха для теплого периода года принимаем следующие: $t_n = 12.9^\circ\text{C}$; $\varphi_n = 50\%$ [5]. Суммарные теплопоступления в помещение определяются по следующей формуле:

$$\sum Q_{\text{полн}} = Q_{\text{с.р.}} + Q_{\text{ч}}^{\text{полн}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{об}}, \quad (1.1)$$

где $Q_{\text{с.р.}}$ – теплопоступления от солнечной радиации через заполнение световых проемов (в зависимости от ориентации световых проемов) [6, 8]; $Q_{\text{ч}}^{\text{полн}}$ – теплопоступления от людей, находящихся в данном помещении; $Q_{\text{осв}}$ – теплопоступления от источников освещения; $Q_{\text{обор}}$ – теплопоступления от электрического оборудования. Вычисляем угловой коэффициент луча процесса по формуле:

$$\varepsilon = \sum Q_{\text{пол}} / \sum W, \quad (1.2)$$

где $\sum W$ – суммарное количество влаги, г/ч, выделяемое мужчинами.

Определяем расход приточного воздуха по формуле:

$$G^T = (3,6 \sum Q_{\text{пол}}) / (I_B - I_{\Pi}), \quad (1.3)$$

где I_B – энтальпия внутреннего воздуха; I_{Π} – энтальпия приточного воздуха.

Рассчитаем тепловую нагрузку воздухонагревателя второго подогрева по формуле:

$$Q_2 = 0,278 G^T (I_{\Pi'} - I_0), \quad (1.4)$$

где G^T – расход приточного воздуха; $I_{\Pi'}$ – энтальпия воздуха после воздухонагревателя второго подогрева; I_0 – энтальпия воздуха, выходящего из камеры орошения.

Определяем количество наружного воздуха при по формуле:

$$G_H = 0,6 G^T. \quad (1.5)$$

Находим количество рециркуляционного воздуха по формуле:

$$G_p = G^T - G_H. \quad (1.6)$$

Удельная энтальпия смеси рециркуляционного и наружного воздуха:

$$I_c = (G_p I_{B'} + G_H I_H) / G^T. \quad (1.7)$$

С помощью исходных данных для города Санкт-Петербург [5–7] для теплого периода года, а также с помощью приведенных выше формул были выполнены необходимые расчеты и построения на *i-d* диаграмме. В результате были получены следующие параметры:

$\varphi_{\Pi} = 66\%$; $I_p = 39,7$ кДж/кг; $d_p = 8,6$ г/кг – параметры приточного воздуха;

$t_0 = 12,9^\circ\text{C}$; $\varphi_0 = 92\%$; $I_0 = 34,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$; $d_0 = 8,6$ г/кг – параметры воздуха выходящего из камеры орошения;

$t_{\Pi'} = 17^\circ\text{C}$; $\varphi_{\Pi'} = 71\%$; $I_{\Pi'} = 38,8$ кДж/кг – параметры воздуха после воздухонагревателя второго подогрева;

$d_{B'} = 8,8 \frac{\text{г}}{\text{кг}}$; $t_{B'} = t_B + 1^\circ\text{C} = 21^\circ\text{C}$; $I_{B'} = 43,2$ кДж/кг – параметры рециркуляционного воздуха;

$t_c = 23,4^\circ\text{C}$; $\varphi_c = 53\%$; $d_c = 9,4$ г/кг; $I_c = 47,28$ кДж/кг – параметры смеси рециркуляционного и наружного воздуха.

Таким образом, в работе была получена производительность системы кондиционирования воздуха с первой рециркуляцией. Полученное значение производительности следует принимать при проектировании. Такая система позволит существенно сохранить энергию на охлаждение воздуха в летний период.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Жорник М.А., Гамаюнова О.С. Высокоскоростное строительство высотных зданий / Высокие технологии в строительном комплексе. 2021. №1. С. 115–123;
2. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха;
3. Сазонов Э.В. Сборник задач по расчету систем кондиционирования микроклимата зданий/ Воронеж.: ВГУ, 1988. 296 с.;
4. ГОСТ 30494 2011. Здания жилые и общественные;
5. СП 131.13330.2020. СНиП 23 01 99*. Строительная климатология;
6. Latina S.V. Gender Stereotypes in the Contemporary Humanities / Anthropology & Archeology of Eurasia. 2010. Т. 49. № 2. С. 66–75;
7. Tsvetkov O., Simankina, T., Karmokova, K. Video-ecological coefficient of real estate objects / E3S Web of Conferences Volume 91, 2 April 2019;
8. Богословский В.Н., Шепелев И.А., Эльтерман В.М. и др. Вентиляция и кондиционирование воздуха/ М.: Стройиздат, 1978. 509 с. (Справочник проектировщика).

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КАДАСТРОВЫХ РАБОТ В ОТНОШЕНИИ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ И ИХ ЧАСТЕЙ

Цель работы – провести анализ обобщённых проблем, возникающих в ходе выполнения кадастровых работ в отношении зданий, сооружений и их частей. Предложить оптимальные методы их решения для осуществления дальнейших действий по успешной постановке объектов на государственный кадастровый учёт.

Анализ сведений, поступивших в ЕГРН и ставших причиной отказа в постановке объектов недвижимости на государственный кадастровый учёт позволяет сделать вывод, что основной причиной является пресловутый человеческий фактор. основополагающей проблемой называются ошибки, которые допускают кадастровые инженеры в процессе подготовки необходимых сведений по конкретным объектам [2 – 4].

За первое полугодие 2020 года в СРО КИ было направлено более 1300 писем с жалобами на деятельность 1526 кадастровых инженеров (по данным информационного портала службы Росреестра). За тот же период инициированы проверки в отношении деятельности 915 кадастровых инженеров в результате которых у 662 членов профессионального сообщества выявлены нарушения законодательства, а это без малого 45 % и 345 кадастровых инженеров были привлечены к дисциплинарной ответственности [1].

Наиболее часто кадастровые инженеры допускали следующие нарушения, связанные с подготовкой сведений, касающихся здания или сооружения:

- в связи с отсутствием XML – документа в сформированном zip-архиве отсутствует возможность считывания необходимой информации;
- искажённая информация о перечне земельных участков либо предоставление неверных сведений о земельном участке с расположенным на нём здании (его части);
- несоответствие требованиям структуры, установленной ФИАС при указании адреса объекта недвижимости;
- полное либо частичное несовпадение визуальной идентичности документа на бумажном носителе и его электронного образа;
- в случае, когда заказчик физическое лицо – отсутствие его согласия на обработку персональных данных;
- документы, использованные кадастровым инженером при подготовке сведений об объекте недвижимости, не нашли своего отражения в составе Приложения;
- в ходе выполнения камеральных работ определены неверные данные по фактической площади здания или площади его части;
- отсутствие в графической части сведений обо всех поэтажных планах здания;
- в разделе «Заключение кадастрового инженера» указаны неверные сведения, некорректные обоснования, сделанные кадастровым инженером;
- подготовка графически необоснованного материала, выполненного только на основании данных декларации об объекте недвижимости;
- при оформлении графической части сведений использование неверных (не установленных) условных обозначений;
- разночтение планов, заявленных в проектной документации от поэтажных планов здания;

- при подготовке сведений о части здания (отдельных помещениях) использование неактуальных сведений о характеристиках всего здания;
- выявление несоответствий в фактической документации объекта и характеристике объекта недвижимости, приведенных в сведениях, подготовленных для регистрации в органах Росреестра.

Авторы видят минимизацию, а в идеале полное исключение самой возможности повторения приведённых выше проблем, связанных со сбором и подготовкой сведений для успешной постановки объекта на государственный кадастровый учёт, в случае если кадастровым инженером будет выполнен следующий перечень обязательный к исполнению:

1) обязательная тщательная проверка всей документации, которую предоставляет заказчик на стадии заключения договора о производстве работ; (предоставляемые документы должны в полной мере соответствовать требованиям, предусмотренным действующим законодательством Российской Федерации). В случае обнаружения недостоверных (искажённых) сведений, необходимо в обязательном порядке отказаться от заключения договора подряда [5, 6];

2) выполнять весь перечень кадастровых работ только в отношении объектов недвижимости, подлежащих государственному кадастровому учёту;

3) если заказчик кадастровых работ не обеспечил предоставление необходимой информации и (или) не обеспечил доступ на объект, в отношении которого выполняются кадастровые работы (либо нарушил иные условия договора подряда) отказываться от выполнения кадастровых работ;

4) подготавливать сведения о здании и его частях, в соответствии с требованиями приказа № 953 и прочей нормативно-правовой документацией, утвержденной законодательством Российской Федерации в области профессиональной кадастровой деятельности;

5) обязательно (один раз в три года) повышать знания, умения, навыки и уровень компетенций, обучаясь в организациях, осуществляющих профессиональную образовательную деятельность в сфере кадастра недвижимости.

Вместе с тем, на современном этапе развития кадастра недвижимости возникает ряд иных проблем, препятствующих совершенствованию данной отрасли. На рисунке 1 указаны основные проблемные аспекты ведения кадастровой деятельности в Российской Федерации на современном этапе.

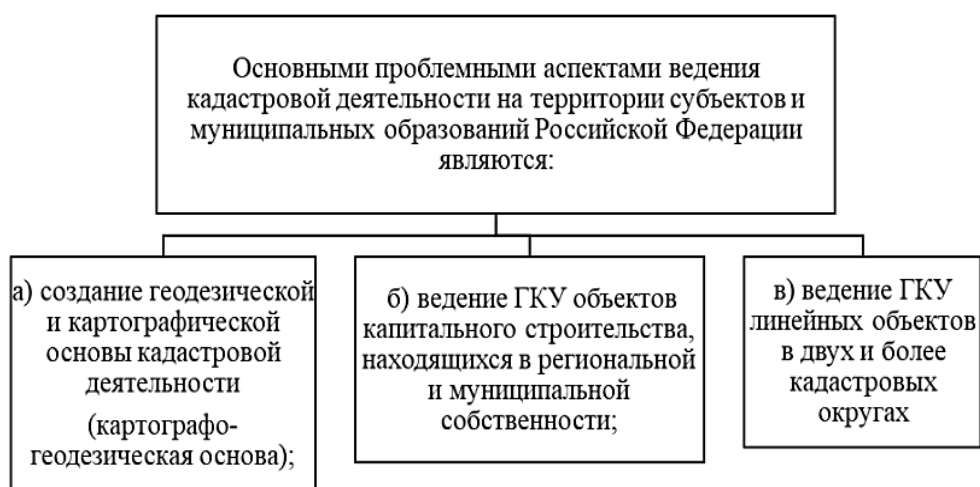


Рис. 1. Основные проблемы ведения кадастра недвижимости в Российской Федерации

У кадастрового инженера в процессе выполнения профессиональной деятельности по отношению к объекту недвижимости возникает необходимость использования картографо-геодезического материала, в конечном счёте оказывающего значительное влияние на формирование всей системы государственного кадастра.

Под картографо-геодезической основой принято понимать наличие качественных картографических материалов (планов и карт) соответствующих масштабов и пунктов государственной геодезической сети (далее ГГС). По данным Росреестра на территории нашей страны зафиксирован достаточно низкий уровень обеспеченности картографическими материалами. Особенно это касается материалов крупного масштаба, которые используются для повышения информативности планов территорий в ходе выполнения кадастровых работ различного уровня.

Анализ современного состояния пунктов ГГС указывает на то, что многие пункты на территории РФ, которыми закрепляются геодезические сети, уничтожаются и в последствии не восстанавливаются. Эта проблема является актуальной не только для России, и в зарубежных странах она достаточно часто проявляется.

В результате утраты пунктов ГГС плотность сети необоснованно снижается, что вынуждает государство выделять дополнительные значительные денежные средства на создание новых пунктов геодезического обеспечения, либо восстановление ликвидированных.

Отсутствие качественной геодезической основы приводит к неточности в определении координат поворотных точек объектов недвижимости, что влечет за собой появление ошибок в ЕГРН, которые в дальнейшем сопровождаются судебными разбирательствами, требующими дополнительных финансовых и временных затрат.

Для того, чтобы пункты ГГС постоянно находились в надлежащем работоспособном состоянии, необходимо, и достаточно на всей территории Российской Федерации установить единые требования к закреплению и сохранению пунктов данной сети. Конструктивно сооружать данные отдельные пункты в вандалобезопасном исполнении, так как наличие плотной геодезической сети позволяет в значительной степени повысить эффективность производства кадастровых работ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. О результатах анализа правоприменительной практики, связанной с выполнением кадастровых и землеустроительных работ [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosreestr.gov.ru/press/archive/News62-281/> (дата обращения: 19.05.2021);
2. Брайла Н.В., Романович М.А., Симанкина Т.Л. и др. Правовое обеспечение землеустройства и кадастров: учебное пособие // СПбПУ. ИСИ. ВШ ГиЭС – СПб, 2021 – [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://elib.spbstu.ru/dl/5/tr/2021/tr21-4.pdf>. – Загл. с титул.экрана. (дата обращения 29.03.21);
3. 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.
4. Latina S.V. Gender Stereotypes in the Contemporary Humanities / Anthropology & Archeology of Eurasia. 2010. Т. 49. № 2. С. 66–75;
5. Tsvetkov O., Simankina, T., Karmokova, K. Video-ecological coefficient of real estate objects / E3S Web of Conferences Volume 91, 2 April 2019;
6. Ремчукова, Д.Р. Вопросы модернизации типовой застройки Василеостровского района Санкт-Петербург / Д.Р. Ремчукова, Я.М. Латин, О.Ю. Цветков // Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия : Материалы Международной научно-практической конференции. Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – С. 376–379.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ОФИСНОГО ЗДАНИЯ

Цель работы – повышение энергоэффективности офисного здания за счет оптимизации естественной вентиляции на этапе проектирования и эксплуатации объекта.

Вентиляция офиса – один из важнейших параметров условий труда, обеспечивающий поддержание нормального самочувствия и стабильную работоспособность сотрудников, устройство принудительной вентиляции подразумевает использование дорогостоящего оборудования, вовлечение высококвалифицированных специалистов для проектирования, ввода в эксплуатацию и обслуживания данной системы.

В то же время эффективность естественной вентиляции обусловлена природными факторами, что позволяет снизить энергозатраты по обслуживанию здания (в том числе и в части принудительного воздухообмена на 10-30%). Поэтому в работе рассматриваются варианты оптимизации устройства данной системы.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Сбор и анализ научной литературы по заданной теме.
2. Разработка расчетной модели офисного здания.
3. Проведение гидродинамического расчета составленной системы.
4. Анализ полученных результатов моделирования, формирование проектных решений и рекомендаций по эксплуатации на их основе.

В работе предлагается использование ряда вариантов естественной вентиляции для снижения потребности в энергии на охлаждение и механическую вентиляцию офисных зданий.

Рассматриваемое здание имеет фасад с двойной обшивкой (DSF) с одним наружным вентиляционным отверстием для естественной вентиляции внутри проектируемого пространства. Планировочные решения типового этажа представлены на рис. 1.

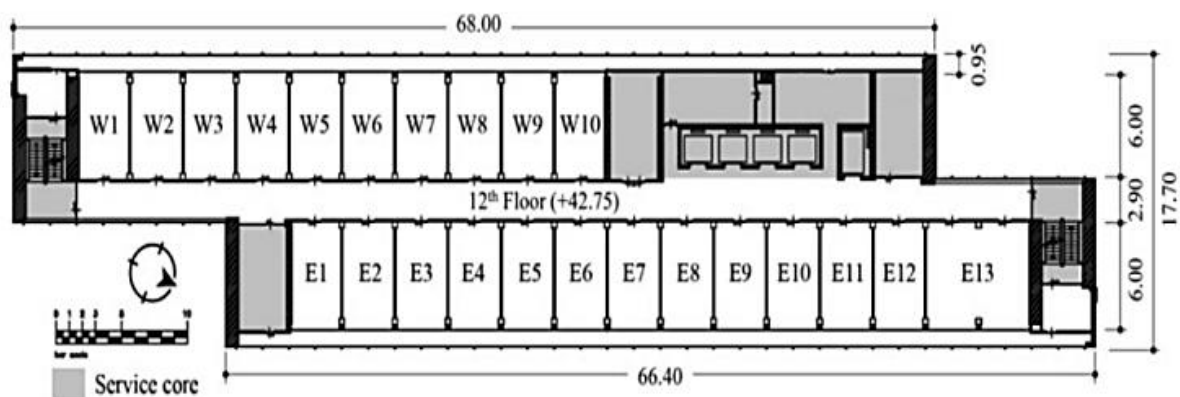


Рис. 1. Планировка типового этажа

В большинстве исследований [1–5] по данной теме расход воздуха и распределение температуры в здании моделируются с помощью программы Ansys по принципам вычислительной гидродинамики, данная программа используется и в этой работе.

Для создания расчетной модели были введены следующие исходные данные:

1. Теплотехнические характеристики ограждающих конструкций.
2. Коэффициент теплоусвоения материалов.
3. Тип заполнения оконных проемов.
4. График присутствия людей в офисе.
5. Коэффициент интенсивности теплообмена организма с окружающей средой.
6. Граничные параметры микроклимата рабочих помещений.
7. Параметры наружного климата.

Также было разработано шесть различных сценариев вентиляции с использованием односторонней, перекрестной или штабельной вентиляции/их комбинаций:

1. NV#1 – DSF с наружными вентиляционными отверстиями с закрытыми окнами.
2. NV#2 – DSF с наружными вентиляционными отверстиями и 30% открывающихся внутренних окон.
3. NV#3 – с 30% открывающихся наружных окон (кроме окон в коридоре).
4. NV#4 – NV#3 в сочетании с 50% открываемыми окнами в коридоре.
5. NV#5 – NV#3 в сочетании с двумя атриумами в обоих концах коридора.
6. NV#6 – NV#3 в сочетании с тепловым дымоходом.

По итогам расчета и последующего анализа полученных данных был определен оптимальный сценарий естественной вентиляции для поддержания благоприятного микроклимата помещений (рис. 2).

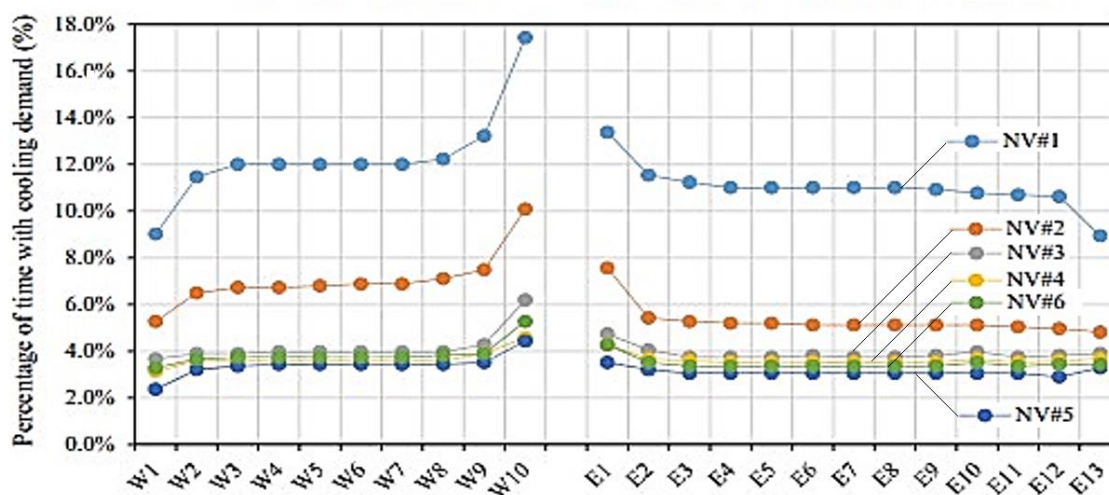


Рис. 2. Графики эффективности для шести вариантов вентиляции в летний период (W – западные помещения, E – восточные)

Наиболее эффективной стратегией вентиляции здания является NV#5 – NV#3 в сочетании с двумя атриумами в обоих концах коридора, при такой организации воздушных потоков использование принудительной вентиляции падало до 3%.

Таким образом, в результате работы была определена наиболее оптимальная стратегия вентиляции, способная снизить нагрузку на принудительную вентиляцию в теплое время года на 97%.

Полученные решения позволяют повысить уровень энергоэффективности здания и обеспечить циркуляцию свежего воздуха в офисе.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ramponi, R., & Blocken, B. CFD simulation of cross-ventilation for a generic isolated building: Impact of computational parameters. *Building and Environment*, 53, 2012, 34–48.

2. Northumbria University // An Inter-program Analysis of Computational Fluid Dynamics Based on PHOENICS and Design Builder Software-School of Built and Natural Environment. 2011.
3. Raji B., Tenpierik M.J., Bokel R. & van den Dobbelsteen A. Natural summer ventilation strategies for energysaving in high-rise buildings – International Journal of Ventilation, 2019.
4. Cynthia Permata Dewi // Optimization of Natural Ventilation in Building as Passive Design Strategy for Health Security – 1st Int. Conf. on Engineering (ICONE 2020) Architectural Support of Heritage, Culture, and Sustainable Development, 2020.
5. Prabhakar M., Saffari M., Alvaro de Gracia, Cabeza L.F. // Improving the energy efficiency of passive PCM system using controlled natural ventilation / Journal Energy and Buildings 2020 Vol. 228, 1 December 2020, 110483.

UDC 620.91

S.T. Elchieva, I.G. Kudryasheva
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University

PROSPECTS FOR USE ENERGY SUPPLY SYSTEMS BASED ON RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE REPUBLIC OF CRIMEA

The depletion of organic resources, environmental problems associated with the activities of the fuel and energy complex, rising fuel prices, logistics costs and risks, and an increase in the cost of energy produced make it necessary to switch from traditional energy sources to alternative renewable energy sources (RES) [1].

The use of renewable energy sources for power supply of low-rise buildings is becoming particularly high demand. The advantages of this type of power source are mainly environmental friendliness, autonomy, and cost-effectiveness. As opposed to energy from expensive organic RES use only "free" raw materials [2]. And the use of renewable energy sources is not always an optimal solution for the energy supply of private homes, due to the location of construction. This paper is devoted to the problem of substantiating the feasibility of using renewable energy sources for power supply of private construction areas of Crimea.

Purpose of the work: justification of the most promising areas of the Crimea for energy supply of private houses construction based on renewable sources energy.



Fig. 1. Gasification map Republics Crimea

To achieve this goal, it is necessary to identify the best methods of energy supply in the region. The analysis is based on data on the number of consumers in different regions, estimates of wind and solar potentials.

In this territory, the most common method of heating residential buildings is gas heating. Based on the results of the study [3], it was found that the peninsula is gasified by 60% (fig. 1). The map shows that the largest part of the region does not have access to the gas pipeline. Sudak, Alushta, and Sevastopol districts. According to the results of the population census, the number of inhabitants in these areas reaches 15,000 people [3] (fig. 2).

On the territory of Crimea, we can note areas with a high population density, that don't have gas mains to it and are located in the coastal zone. The observed c-stabs and winds in them are not lower than 3 m/s (fig. 3), and the average value of the natural wind power potential is 77.3 W/m². When using a 15 kW wind turbine, electricity generation will be equal approximately to 45 MWh/year, that will cover the load schedule of private houses in the Crimea.

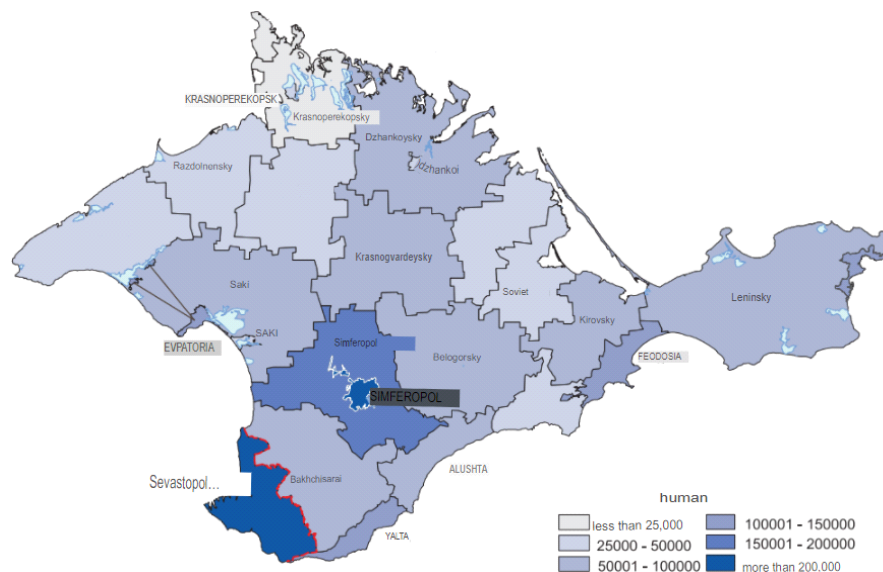


Fig. 2. Map of the population of the districts of the Republic of Crimea

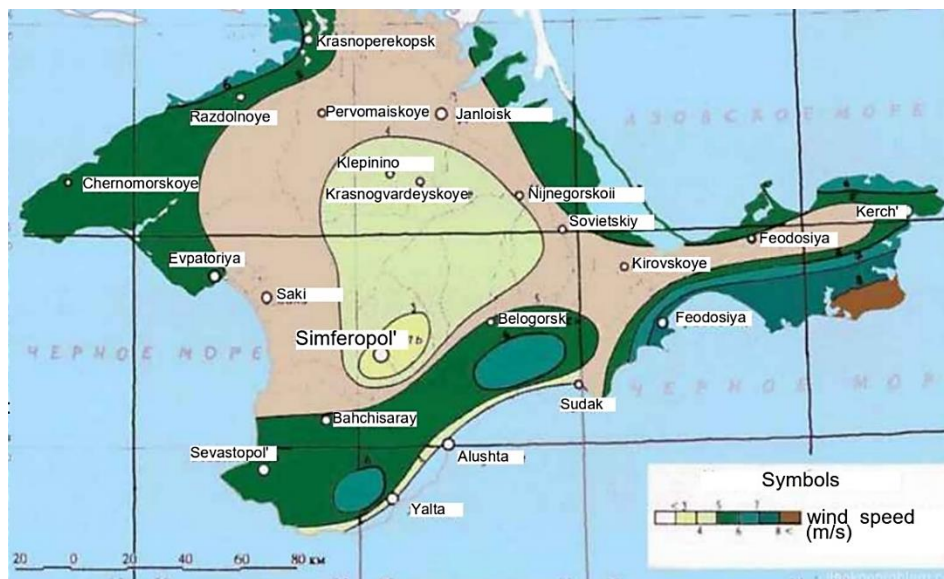


Fig. 3. Average annual wind speed at an altitude of 10 m

The average level of solar radiation for the Republic of Crimea cleaves 4.14 kWh, that leads to a high efficiency of using solar panels for power supply in the region table 3 [5, 6], but the most promising are Sudak, Alushta, and Sevastopol districts.

Table 1 – Solar radiation in the Republic of Crimea

Month	Solar insolation, kWh/m ²	Optimal tilt angle, °
January	2,26	62
February	2,78	53
March	3,65	39
April	4,58	24
May	5,51	14
June	5,89	6
July	6,28	9
August	5,62	21
September	4,75	36
October	3,81	51
November	2,65	60
December	1,86	63
Average for the year	4,14	36

Conclusions. Partial gasification of the Republic of Crimea (60%), favorable geographical location of settlements near the sea coast, natural wind and solar potential are prerequisites for the use of renewable energy sources. The most relevant ones for these purposes are Sudak, Alushta, and Sevastopol districts.

REFERENCES:

1. Elistratov V.V., Kudryasheva I.G. Operating modes of installations and power complexes based on renewable energy sources. Publishing House of the Polytechnic Institute, St. Petersburg, 2021.
2. Finam [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.finam.ru/analysis/newsitem/zelenaya-energetika-rossii-i-zelenye-proekty-rossiyskix-kompaniiy-20210602-134820/>. – Дата доступа: 03.03.2022.
3. IEA [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/renewables>. – Accessed on 03.03.2022.
4. Crimea's five-year gasification program approved [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.gazprom.ru/press/news/2016/september/article283981>. – Accessed on 03.03.2022
5. Alekseyev, D.A. Renewable energy sources. Cost and liquidity // Social aspects-2016. No. 11, pp. 3–6.
6. Kathleen L. Wolf Trees, Parking and Green Law: Strategies for Sustainability, 2004

УДК 620.92

В.В. Тафинцев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЭУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Цель работы – проектирование модульной ветроэнергетической установки и её элементов в составе энергетического сооружения для реальных природно-климатических условий территории в арктической зоне РФ с использованием современных программных средств 3D параметрического проектирования. В ходе работы были определены основные параметризируемые элементы ВЭУ и их изменяемые величины.

Основные параметризируемые элементы ВЭУ [1–4]: ветроколесо; гондола (рис. 1); башня (рис. 2); фундамент.

Для характеристики каждого элемента ВЭУ были выбраны основные параметры, которые влияют на геометрию и физические свойства модели (табл. 1).

Таблица 1 – Основные изменяемые параметры элементов ВЭУ

Гондола	Башня
Высота	Радиус основания башни
Длина	Радиус вершины башни
Ширина	Толщина стенки башни
Стандартное скругление углов гондолы	Количество секций
	Высота башни

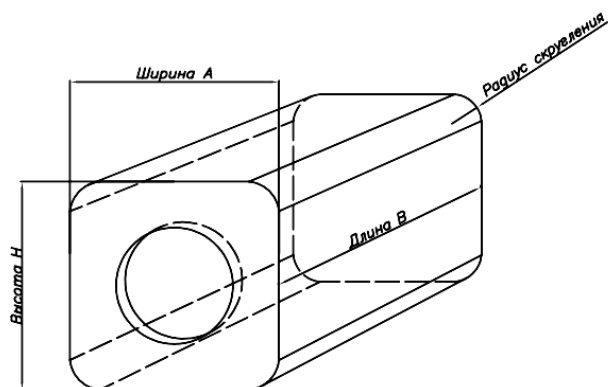


Рис. 1. Схематическое представление гондолы с основными изменяемыми параметрами

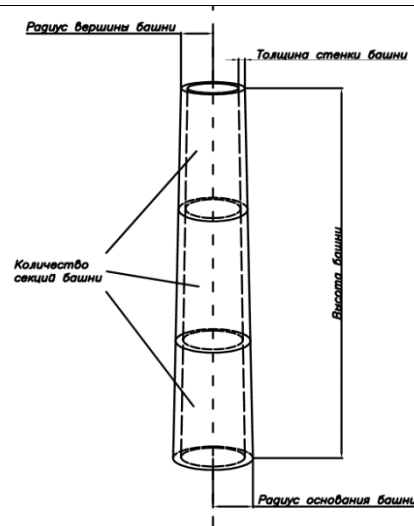


Рис. 2. Башня с основными изменяемыми параметрами

В качестве модели модульного фундамента и ветроколеса используются готовые модели, разработанные для арктических условий (рис. 3).

Параметризация башни и гондолы проводилась в программном комплексе Autodesk Revit 2021 [5]. Скриншоты упрощенных моделей отдельных элементов ВЭУ для будущих расчетов приводятся на рис. 4, каждый элемент имеет необходимые параметры для создания гибкой аналитической модели для экспорта в САЕ программы.

Анализ рынка ВЭУ, в том числе арктического исполнения, построение и изучение цифровой модели помогают понять, какими конструктивными особенностями должна обладать модульная ВЭУ арктического исполнения. Анализ рынка проводился для ВЭУ с расчётной мощностью до $P_{ном} = 100$ кВт.

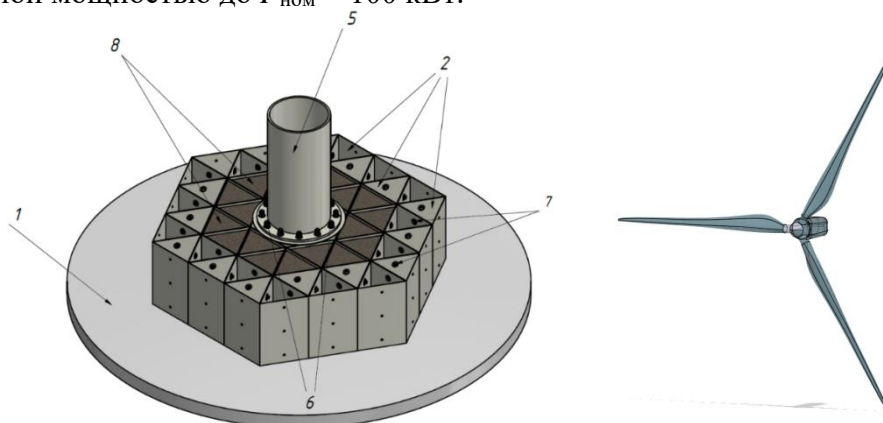


Рис. 3. Модели модульного фундамента и ветроколеса, разработанные для арктических условий

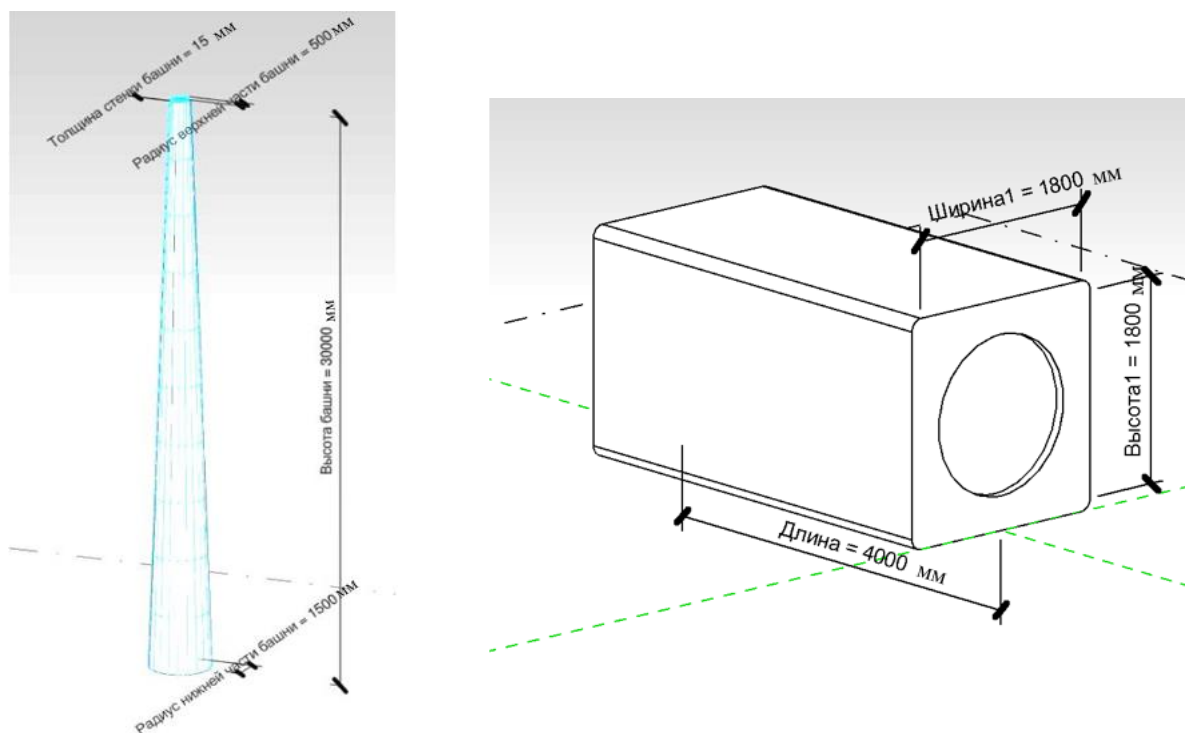


Рис. 4. Параметрические модели башни и гондолы, смоделированные в Autodesk Revit 2021

Технические параметры элементов ВЭУ для арктических условий:

Ветроколесо:

- диаметр ветроколеса до 25 м;
- наличие специальной пассивной защиты лопастей от обледенения в виде гидрофобного полимерного покрытия черного цвета, создающего гладкую поверхность лопасти и притягивающего солнечную радиацию.

Башня: тип башни – стальная трубчатая башня малой конусности;

- материал исполнения секций – хладостойкая сталь;
- количество секций – 3 шт.;
- длина секции – 6...10 м;
- толщина стенки трубы – 10...20 мм (уточняется расчётом);
- масса секции – до 4000 кг;
- высота башни – до 30 м;
- верхний наружный диаметр – 0,3...0,5 м, определяется размерами опорно-поворотного устройства;
- нижний наружный диаметр – 1,0...2,5 м (уточняется расчётом).

Фундамент:

- материал исполнения модулей – сталь;
- материал балласта – местные материалы;
- количество модулей – 8...12 шт.;
- диаметр фундамента – 6...8 м (уточняется расчётами);
- высота модуля – 1,5...2 м (уточняется расчётами);
- толщина стали для изготовления модулей – 10...20 мм (уточняется расчётами);
- масса отдельного модуля (без балласта) – 2500...3000 кг;
- тип крепления модулей – болтовое и(или) сварное соединение;
- минимальная плотность местного балластного материала – 1500 кг/м³ (супесь, суглинок и т. п.).

Выводы: разработана цифровая модель, позволяющая использовать пре-цифровой (Pre-Digital Twin) двойник первого уровня для арктической зоны РФ с учётом особенностей региона: вечная мерзлота, обледенение, низкие температуры, особенности логистики и монтажа, ветровые условия.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Применение трехмерного параметрического моделирования в проектировании ветроэлектрической станции в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс]: магистерская диссертация: 08.04.01/ В.В. Попко; СПбПУ, ИСИ; науч. рук. А.А. Панфилов. Электрон. текстовые дан. СПб, 2016. Загл. с титул.экрана. <http://elib.spbstu.ru/dl/2/v16-2840.pdf>
2. Елистратов В.В., Кузнецов М.В. Теоретические основы нетрадиционной и возобновляемой энергетики. Ч.1. Определение ветроэнергетического потенциала региона: учебное пособие. СПб, Изд. СПбГПУ, 2004.
3. Википедия [Электронный ресурс]: Параметрическое моделирование. – Электрон. дан. – Режим доступа: https://wikiorg.ru/wiki/Параметрическое_моделирование
4. Журнал САПР [Электронный ресурс]: О том, как твердое тело может быть слишком твердым, или Взгляд на параметризацию сбоку. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://sapr.ru/article/6646>
5. Revit или AutoCAD [Электронный ресурс]: Официальный сайт компании Autodesk – Электрон. данные. – Режим доступа: <https://www.autodesk.ru/solutions/revit-vs-autocad> -Загл. с экрана.

UDC 692.231.2

S.A. Fadeeva, D.V. Nemova
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

IDENTIFYING EQUATION OF COLLABORATION OF SHADING AND DOUBLE SKIN CLIMATE ADAPTIVE FACADE SYSTEMS

Buildings in microthermal climates face the problem in control occupant's visual and thermal comfort along increasing energy savings that adaptive facades are able to satisfy. The most important stage to achieve this purpose is an appropriate control strategy that puts an occupant's productivity and well-being on another level in a way of decreasing discomfort along with raising the energy efficiency of chosen technologies. The research presents the dependence of parameters of shading and double skin glazed façade in mathematical equation.

In recent times, a notable part of research in the built environment has focused on the development of promising building technologies that can improve the energy performance and users' comfort, motivated by the necessity to achieve low-energy buildings for a more sustainable society [1]. Climate adaptive façade systems play one of the main roles in decreasing amount of pollution casted to the environment and creating comfortable conditions for microclimate. Beyond doubt energy use is the main determinant of a building's global environmental footprint, considering its total life span [2].

The main problems in conditions of microthermal climates are heat loss in winter time and space cooling in summer time. The double skin glazed facades and shading technologies were chosen as problem solution that will reduce level and even prevent energy emissions and will save money on heating in winter and conditioners in summer.

The aim is to identify the equation of using shading and double skin glazed facades in collaboration to reduce the bad impact on people inside the buildings in microthermal climate. To achieve this purpose, the following tasks will be undertaken:

- 1) Form the data based on mathematic model of efficiency double skin glazed facades and using shading technology separately in microthermal climate.
- 2) Output the equation of dependence of two technologies working together.

The shading, either fixed or adaptable to seasonal sun path, can disallow shortwave irradiance transmittance and avoid heat flows from the glass pane across the facade [3]. Adding a layer of glazing (single or multiple layers) from the outside to the current façade (mostly the equator-facing) that leaves an air cavity in between, allows the collection of solar radiation, reduction of convective heat loss from the room, and decrease of heating demand [4]. Shading is more effective during summer, late spring and early autumn. Double skin glazed facades are better to be used in winter and early spring and late autumn as the amount of the sun radiation drops. Collaboration of two systems can create more efficient building during whole year in cold climate and reduce heat gain from about 90% [5].

The research of dependence between parameters related to shading and double skin glazed facades was made using the program TableCurve3D v4.0.01. The data for research is used from previous research of efficiency using MathLab [5] based on average data of microthermal climate of Russia (table 1).

Table 1 – Description of parameters

	Name	Unit	Comment
X1	Energy illumination	W/m ²	South orientation 21 st of July
X2			South orientation 21 st of December
Y1	Heat gain with shading	W	Inside building (window blinds) July
Y2			Inside building (window blinds) December
Z1	The ratio between heat flow of exhausted air	W*10 ⁵	For July
Z2			For December
Q1	Total heat flow supplied inside protected areas	W	For July
Q2			For December
R1	Air specific heat	Dj/kg*K	For July
R2			For December
W1	Temperature outside	C	For July
W2			For December

At first, the research is made for summer period – July. The data is presented at fig. 1, where parameters changes depending on temperature outside, type of shading – window blinds’ angle to horizon and air specific heat. Also, the results of the research are presented in 3D graphics at fig. 3.

X1	R1	W1	Y1	Z1	Q1	Q1.2
0	0,10045	17,00	0,00	4922,05	4983,02	4982,911
50	0,10043	18,00	676,63	4921,27	4982,17	4981,553
100	0,10042	19,00	1353,27	4920,48	4981,31	4980,576
150	0,10040	20,00	2029,90	4919,70	4980,46	4979,678
200	0,10039	21,00	2706,53	4918,91	4979,60	4978,822
250	0,10037	22,00	3383,17	4918,13	4978,74	4977,99
300	0,10035	23,00	4059,80	4917,35	4977,89	4977,175
350	0,10034	24,00	4736,44	4916,56	4977,03	4976,372
400	0,10032	25,00	5413,07	4915,78	4976,18	4975,577
450	0,10031	26,00	6089,70	4914,99	4975,32	4974,789
500	0,10029	27,00	6766,34	4914,21	4974,46	4974,005
550	0,10027	28,00	7442,97	4913,43	4973,61	4973,225
600	0,10026	29,00	8119,60	4912,64	4972,75	4972,449
650	0,10024	30,00	8796,24	4911,86	4971,90	4971,674
700	0,10023	31,00	9472,87	4911,07	4971,04	4970,902
750	0,10021	32,00	10149,50	4910,29	4970,18	4970,132
800	0,10019	33,00	10826,14	4909,51	4969,33	4969,363
850	0,10018	34,00	11502,77	4908,72	4968,47	4968,596
					corellation coefficient	0,01
					89563,46	89555,79

Fig. 1. Research for July

At the end of research the equation that can present the dependence of parameters of shading and double skin glazed facades is being chosen and calculated, the results are presented in fig. 1 at the column Q1.2. Finally, the coefficient of correlation is being calculated. The coefficient tends to zero that shows the proper equation of dependence.

Next, the same process is being made for winter season – December (fig. 2). Also, the results of the research are presented in 3D graphics at fig. 4.

X2	R2	W2	Y2	Z2	Q2	Q2.2
0	0,10146	0,00	0,00	4971,54	5033,74	5033,00
50	0,10144	3,00	676,63	4970,76	5032,74	5032,00
100	0,10143	6,00	1353,27	4969,97	5031,74	5031,00
150	0,10141	9,00	2029,90	4969,19	5030,74	5030,00
200	0,10140	12,00	2706,53	4968,40	5029,74	5029,00
250	0,10138	15,00	3383,17	4967,62	5028,74	5028,00
300	0,10136	18,00	4059,80	4966,84	5027,74	5027,00
350	0,10135	21,00	4736,44	4966,05	5026,74	5026,00
400	0,10133	24,00	5413,07	4965,27	5025,74	5025,00
450	0,10132	27,00	6089,70	4964,48	5024,74	5024,00
500	0,10130	30,00	6766,34	4963,70	5023,74	5023,00
						corellation coefficient
						55316,12
						55307,99
						0,01

Fig. 2. Research for December

At the end of research the equation that can present the dependence of parameters of shading and double skin glazed facades is being chosen and calculated, the results are presented in fig. 4 at the column Q2.2. Finally, the coefficient of correlation is being calculated. The coefficient tends to zero that shows the proper equation of dependence.

In the conclusion, the research of dependence shows the equations that can describe the combination of two technologies of adaptive facade systems.

Combination of shading and double skin glazed facades in july
 Rank 179 Eqn 57237 $z=a+bx^2\lnx+cx\lnx+dy+ey^3$
 $r^2=0.99766142$ DF Adj $r^2=0.99668701$ FitStdErr=0.25518713 Fstat=1386.482
 $a=-1150201.7$ $b=8.2734466e-09$ $c=-0.020472159$
 $d=352.54578$ $e=-4.8644905e-06$

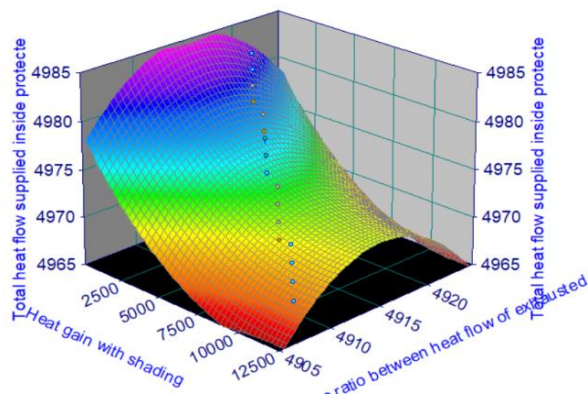


Fig. 3. Research for July 3D graphics

Combination of shading and double skin glazed facades
 Rank 194 Eqn 4283 $z=a+bx+c\lnx+dy$
 $r^2=0.99999999$ DF Adj $r^2=0.99999998$ FitStdErr=0.00044802656 Fstat=1.826686e+08
 $a=5034.0514$ $b=-0.0014781308$
 $c=-0.0061448432$ $d=-0.00021150489$

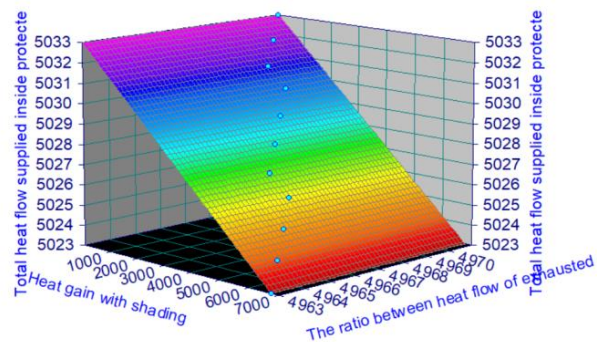


Fig. 4. Research for December 3D graphics

Conclusion. Using the program TableCurve3D v4.0.01 the equations of using shading and double skin glazed facades in collaboration to reduce the bad impact on people inside the buildings in microthermal climate were identify.

REFERENCES:

- Juaristi M., Loonen R., Isafia F., Gómez-Acebo T., Monge-Barrio A. Dynamic Climate Analysis for early design stages: a new methodological approach to detect preferable Adaptive Opaque Façade Responses. 202. Vol. 60.
- Forooraghi M., Xu Y. Climate-adaptive façade. A modular façade for office building. 2015.
- Sarihi S., Mehdizadeh Saradj F., Faizi M. A Critical Review of Façade Retrofit Measures for Minimizing Heating and Cooling Demand in Existing Buildings. 2019. Vol. 64.
- Cherecheş N.-C., Popovici C.G., Cîrlan V.V., and Hudişteanu S.V. Solar protection influence on dynamic insulation efficiency of double skin facades. 2019.
- Fadeeva S.A., Nemova D.V. Analysis and comparison efficiency of shading and double skin climate adaptive façade systems. Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, 2021.
- SP 370.1325800.2017 Sun-protection device for buildings. Design rules.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ
В РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ

Цель работы – определить наиболее перспективные регионы Российской Федерации для размещения на их территории солнечных панелей.

Для достижения поставленной цели был проведен анализ статистических данных солнечной активности за последние 25 лет. Материалы для изучения получены из открытых источников по данным Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства (NASA) [1]. В табл. 1 и на рис. 1 приведены данные по 20 регионам РФ с наибольшей солнечной радиацией за год при оптимальном уровне наклона солнечных модулей. Видна очевидная взаимосвязь значения солнечной инсоляции с географическим положением места. Основными характеристиками энергетических ресурсов солнца являются инсоляция и продолжительность солнечного сияния [2].

За единицу измерения инсоляции или валового потенциала солнечной энергии принято считать кВт·ч/м², то есть количество энергии солнца, которое поступают на квадратный метр поверхности за один час. Данные солнечной инсоляции за год получены на основе среднего значения за каждый месяц года, так как в регионах России величина солнечного излучения значительно варьируется в различное время года. За счет высокой облачности максимум солнечной энергии на большей территории России достигается в летние месяцы (50-60%), за исключением районов Приморского края, где наибольшие значения прямой радиации приходятся на осенне-зимний период (60-65%).

Таблица 1 – Среднее значение солнечной инсоляции за год

№ п/п	Город	Регион	Солнечная инсоляция, кВт·ч/м ²	Оптимальный угол наклона, град	Координаты	
					Широта	Долгота
1	Черкесск	Карачаево-Черкесская Республика	4,65	38,40	43.8603	42.2232
2	Сочи	Краснодарский край	4,64	35,00	43.6325	39.7734
3	Владивосток	Приморский край	4,47	37,70	45.2768	135.1071
4	Горно-Алтайск	Республика Алтай	4,46	42,40	50.8666	87.3578
5	Биробиджан	Еврейская АО	4,40	39,90	48.4256	132.5775
6	Магас	Республика Ингушетия	4,40	37,00	43.1411	45.4065
7	Махачкала	Республика Дагестан	4,37	36,70	43.0428	47.3236
8	Кызыл	Республика Тыва	4,35	42,70	51.7338	95.1883
9	Грозный	Чеченская Республика	4,34	37,00	43.3412	46.1563
10	Нальчик	Кабардино-Балкарская Республика	4,34	37,80	43.5247	43.8382
11	Владикавказ	Республика Северная Осетия	4,31	37,10	43.125	44.6732
12	Чита	Забайкальский край	4,30	44,60	53.9529	118.4381
13	Благовещенск	Амурская область	4,28	44,40	53.5028	128.2736
14	Майкоп	Республика Адыгея	4,25	37,80	44.3278	40.372
15	Ставрополь	Ставропольский край	4,22	38,30	44.9939	43.7064
16	Астрахань	Астраханская область	4,21	38,20	47.1785	47.6724
17	Элиста	Республика Калмыкия	4,15	37,90	46.5116	45.7553
18	Барнаул	Алтайский край	4,14	43,20	52.718	83.0566
19	Симферополь	Республика Крым	4,14	36,00	44.9648	34.1290
20	Саратов	Саратовская область	4,12	42,00	51.7338	47.1725



Рис. 1. Города Российской Федерации с наибольшей солнечной инсоляцией за год, кВт·ч/м²

Исходя из данных табл. 1 видно, что значение инсоляции не зависит напрямую от географической широты или долготы места, но при этом все регионы с максимальными значениями находятся в южной части страны. Следовательно, получение солнечного излучения зависит также от других факторов. Кроме географических координат на величину солнечной энергии влияют такие факторы как природный и искусственный рельеф, то есть детали местности, загораживающих часть солнечных лучей, местные погодные условия (облачность) и др. [3].

Одним из сопутствующих факторов является продолжительность солнечного сияния. Данная величина в России имеет наибольшие значения на юге Приморского края – более 2400-2600 ч/год [2]. Целесообразным считается использование солнечной энергии для целей электроснабжения при годовой продолжительности солнечного сияния более 2000 ч [4, 5].

Если рассчитать количество вырабатываемой энергии в данных регионах маломощной электростанцией 5 кВт, получим, что в среднем в месяц возможно получить от 618 до 697,5 кВт·ч. В период с апреля по сентябрь эта величина будет значительно выше.

Таким образом, в соответствии с вышеизложенными данными, потенциал для развития солнечных электроустановок наиболее высок в южных регионах России.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Как рассчитать количество солнечной энергии в регионе – URL: <https://www.betaenergy.ru/insolation/> – (дата обращения: 10.03.2022).
2. Стадник В.В., Елистратов В.В. Возобновляемые энергетические ресурсы. Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. №574, с. 179–223. 2014.
3. Лагунова С.В., Кузнецова Ю.Э. Солнечная инсоляция / Сб. трудов конф. Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения. С. 566-572. 2019.
4. Продолжительность солнечного сияния – URL: <https://geographyofrussia.com/prodolzhitelnost-solnechnogo-siyaniya/> – (дата обращения: 10.03.2022)
5. Ижевский А.С., Пшенников А.Е. Перспективы развития нетрадиционных источников энергии на Дальнем Востоке / Сб. трудов конф. «Высокие технологии, наука и образование: актуальные вопросы, достижения и инновации», с. 100–104. 2021.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ
ЖИЛОГО ЗДАНИЯ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

В спальнях районах Санкт-Петербурга наибольшее распространение имеет массовая жилая застройка 1950-1980-х годов, которая не обладает выраженными архитектурными особенностями и характеризуется низким качеством строительных работ и используемых материалов, а также высоким потреблением топливно-энергетических ресурсов. В ближайшие десятилетия не только должны быть предусмотрены мероприятия по продлению жизненного цикла подобных сооружений, так как период их эксплуатации достиг половины своего нормативного значения или исчерпал значительную его часть, но и реализованы различные методы по повышению их энергетической эффективности.

Модернизация и улучшение светотехнических характеристик искусственных источников света на территории жилого здания является широко распространенным инженерным решением по снижению его энергопотребления и экономии электрической энергии в мировой практике, о чем свидетельствуют исследования как отечественных, так и зарубежных авторов [1–6].

Цель работы – исследование применения энергосберегающих искусственных источников света в рамках энергоэффективной реконструкции системы освещения многоквартирного жилого дома типовой постройки в Санкт-Петербурге.

Для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи:

1. Изучение ассортимента искусственных источников освещения, представленных на отечественном рынке, а также их основных светотехнических характеристик;
2. Расчет энергопотребления устаревшими лампами, установленными в многоквартирном жилом доме;
3. анализ и экономическая оценка замены используемых источников освещения на основе новых перспективных технологий.



Рис. 1. Типовой многоквартирный жилой дом серии «1-ЛГ-606»

Методика исследования заключается в качественном и количественном анализе светотехнических характеристик различных ламп, а также проведение эксперимента по определению числа используемых устаревших источников освещения и расчета экономии денежных средств при использовании энергосберегающих технологий и снижении энергопотребления.

В качестве примера рассматривается многоквартирный девятиэтажный жилой дом с семью подъездами типовой застройки 1980-х годов, расположенный по адресу: Санкт-Петербург, г. Колпино, ул. Октябрьская, д. 63. По фасадам здания суммарно расположено 13 металлогалогенных ламп мощностью 150 Вт, использующихся в качестве наружного освещения и работающих в среднем в течение 8 часов в сутки. Кроме того, во внутренних общедомовых помещениях в итоге установлено 126 ламп накаливания мощностью 125 Вт, которые работают без перерыва.

Суммарное энергопотребление искусственным источником освещения W_i , определяется по следующей формуле:

$$W_i = nP_{л}, \quad (1)$$

где n – число ламп, шт.; $P_{л}$ – мощность лампы, Вт.

Очевидно, что энергопотребление ламп накаливания $W_{н}$ и металлогалогенных ламп $W_{м}$, соответственно будет равно:

$$W_{н} = 13 \cdot 150 = 1950 \text{ Вт} = 1,950 \text{ кВт};$$

$$W_{м} = 126 \cdot 100 = 12600 \text{ Вт} = 12,6 \text{ кВт}.$$

По состоянию на 01.01.2022 размер двухставочного тарифа для городского населения составляет 5,71 руб. для дневного диапазона (с 7 до 23 ч) и 3,15 руб. – для ночного (с 23 до 7 ч). Следовательно, для известных сроков работы светильников в течение суток суммарное значение затрат будет равно:

– для металлогалогенных ламп: $1,95 \cdot 8 \cdot 3,15 = 49,14$ руб./сут.;

– для ламп накаливания: $12,6 \cdot 8 \cdot 3,15 + 12,6 \cdot 16 \cdot 5,71 = 317,52 + 1151,14 = 1468,66$ руб./сут.

Затраты на освещение в течение суток составляют 1517,8 руб., за месяц – 45533,9 руб., за год – 546406,56 руб. Необходимо отметить, что рассчитанные затраты не включают стоимость покупки новых ламп, вышедших из эксплуатации.

Таким образом, для сокращения потребления электроэнергии предложено заменить устаревшие искусственные источники на энергосберегающие светодиоды, которые обладают более длительными сроком эксплуатации, меньшей мощностью при большем световом потоке, а также экологичностью и технико-экономической эффективностью [6].

В табл. 1 [1] представлены светотехнические характеристики используемых и предлагаемых к применению ламп.

Использование подобных светильников удовлетворяет требованиям нормативной документации по обеспечению достаточной степени освещенности на территории жилых зданий. Следовательно, энергопотребление светодиодных источников вместо лампы накаливания $W_{н/с}$ и металлогалогенной лампы $W_{м/с}$, согласно (1), составит:

$$W_{н/с} = 13 \cdot 65 = 845 \text{ Вт} = 0,845 \text{ кВт};$$

$$W_{м/с} = 126 \cdot 15 = 1890 \text{ Вт} = 1,89 \text{ кВт}.$$

Таблица 1

Тип светильника	Максимальная потребляемая мощность, Вт	Световой поток, Лм	Цветовая температура, к	Цветопередача, CRI	Срок службы, ч
Металлогалогенная лампа	150	12000	4200	85	6000-10000
Лампа накаливания	100	1380	2700	100	1000
Светодиод (вместо лампы накаливания)	15	1500	3000	80	10000
Светодиод (вместо металлогалогенной лампы)	65	6500	5000	70	30000

Для нормативных сроков работы в течение суток суммарное значение затрат будет равно:

– для светодиодов вместо металлогалогенных ламп:

$$0,845 \cdot 8 \cdot 3,15 = 21,29 \text{ руб./сут};$$

– для светодиодов вместо ламп накаливания:

$$1,89 \cdot 8 \cdot 3,15 + 1,89 \cdot 16 \cdot 5,71 = 47,63 + 172,67 = 220,3 \text{ руб./сут}.$$

Следовательно, затраты на освещение составят за сутки – 241,59 руб., за месяц – 7247,7 руб., за год – 86972,4 руб.

На рис. 2 представлен график сравнения затрат за сутки на используемые и энергосберегающие источники искусственного света. Очевидно, что итоговое значение расходов

денежных средств в течение года уменьшится на 84,09% в результате энергоэффективной реконструкции системы освещения на общедомовой территории жилого здания.

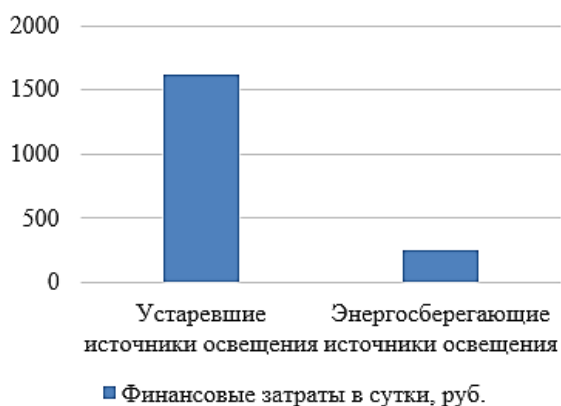


Рис. 2. Сравнение затрат на различные источники освещения

Необходимо отметить, что среднерыночная стоимость светодиодных ламп мощностью 15 Вт составляет 149 руб., а светодиодных ламп мощностью 65 Вт – 1250 руб. Следовательно, суммарные затраты на замену устаревших источников освещения составят 35024 руб., то есть срок окупаемости данного проекта составит 1,09 месяца.

В данной научной работе проведена экономическая оценка энергоэффективной модернизации системы освещения многоэтажного жилого здания типовой застройки 1980-х годов в Санкт-Петербурге, в рамках которой предусматривается снижение ежегодных затрат на

электроэнергию на 84,09%, а срок окупаемости составит около 1,09 месяца. Проведение подобных мероприятий позволит значительно сократить потребление электроэнергии зданием, а на сэкономленные средства использовать на разработку проектов по продлению жизненного цикла сооружения или внедрению энергосберегающих технологий, повышающих качество жизни населения и уменьшающих выбросы углекислого газа.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Kocaman B. Energy Efficiency in Lighting for Historical Buildings: Case Study of the El Aman Caravanserai in Province of Bitlis, Turkey. *Light & Engineering*. 2020. Vol. 28. No. 4. Pp. 68-76.
2. Sibley M., Sibley M. Hybrid Green Technologies for Retrofitting Heritage Buildings in North African Medinas: Combining Vernacular and High-Tech Solutions for an Innovative Solar Powered Lighting System for Hammam Buildings. *Energy Procedia*. 2013. Vol. 42. Pp. 718–725.
3. Аралов Р.С., Курбатов В.Л. Анализ современных методов повышения энергоэффективности зданий при проведении капитального ремонта / *Проблемы науки*. 2017. № 7(20). С. 18–23.
4. Соловьев А.К. Экономия энергии при эксплуатации зданий и пассивные системы использования солнечной энергии / *Строительство и техногенная безопасность*. 2018. № 10(62). С. 179–189.
5. Киселев Г.Ю., Чувашов И.А., Филипенко А.С. Энергосбережение в сфере освещения. Светодиодные лампы / *Вестник современных исследований*. 2018. № 12.5(27). С. 159–161.
6. Брыль С.В., Зайцева Т.А., Копырина В.В., Мурзак Н.А., Мурзак И.А. Оценка эффективности светодиодного освещения с позиции экологии и энергосбережения / *Экология и строительство*. 2016. № 4. С. 36–42.

УДК 69.697.12

А.М. Туковская, О.С. Скворцова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СТЕНА ТРОМБА КАК ИСТОЧНИК ТЕПЛА В ДОМЕ

В статье рассматривается вопрос применения пассивной гелиосистемы «стены-коллектора Тромба» в качестве дополнительного источника отопления жилого дома в климатических условиях Амурской области.

По данным Росстата в 2020 г. было сдано около 1104,4 тыс. квартир общей площадью общей площадью около 80,6 млн м². Доля индивидуального строительства в 2020 г. по общей площади занимает около 38,7 млн м², построено около 289,2 тыс. жилых домов. Доля энергоресурсов для отопления жилых зданий составляет около 35% от всех энергоресурсов

страны. Многие из домов характеризуются низкой энергоэффективностью. По данным Министерства энергетики на теплоснабжение в год расходуется порядка 400-440 млн. т у.т., потребление топлива на теплоснабжение жилья примерно равняется топливному экспорту страны [1].

Таким образом, основным принципом при проектировании жилых сооружений является рациональное использование энергетических ресурсов, а также создание комфортного климата для проживания людей.

В данной работе применяется сравнительный анализ количества тепла вырабатываемого стеной Тромба и количества тепла, поступающего от системы центрального теплоснабжения.

Цель работы – повышение энергоэффективности индивидуального жилого дома за счет внедрения стены Тромба, как дополнительного источника тепла.

Объектом исследования является двухэтажный индивидуальный жилой дом в г. Благовещенск. Основные параметры проектируемого здания: габариты 7х7 м, высота здания 6,5 м, толщина стен 0,42 м.

Климатические характеристики проектного участка:

1. Климатический район 1, подрайон 1А;

2. Холодный период года

Температура холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 – (-33) °С;

Среднемесячная температура наиболее холодного месяца в году – (- 24,1) °С;

Относительная влажность воздуха – 72%;

Преобладающее направление ветров – СЗ;

3. Теплый период года

Температура воздуха обеспеченностью 0,95 – 26 °С;

Относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца – 76%;

Преобладающее направление ветров – Ю [2].

По теплотехническому расчету ограждающих конструкций тепловое сопротивление наружных стен составило $4,9 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$, при принятом пироге стены:

1. Керамзитобетонные блоки ($\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$) – 390 мм.

2. Утеплитель Технониколь ТЕПЛОРОЛЛ – 120 мм.

3. Воздушная прослойка – 40 мм.

4. Кладка из керамического пустотного кирпича ГОСТ 530 ($\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$) – 120 мм.

Расчетное термическое сопротивление выбранного стенового ограждения не превышает нормативной величины $R = 3,7 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$. Общий коэффициент теплопотерь через ограждающие конструкции дома (стены, окна, двери, полы, потолок) составил 4,4 кВт·ч.

Зная величину теплопотерь, можно приступить к расчету тепловой энергии, выделяемой стеной Тромба и необходимой для отопления дома [3]. В основе расчета отдачи тепла стеной Тромба лежит система балансовых уравнений, для которой необходимо ввести коэффициент теплообмена между поверхностью стены и внутренним воздухом [4]. Для решения уравнений принимаем $t_{\text{помещ}} = t_{\text{вх}} = 22^\circ\text{С}$, $t_{\text{стены}} = 50^\circ\text{С}$, $t_{\text{вых}} = 40^\circ\text{С}$

Поток солнечной радиации, поглощённый 1 м² массивной стены:

$$q_{\text{сол}} = S\tau\rho + D\tau\rho = 573 \cdot 0,7 \cdot 0,9 + 556 \cdot 0,7 \cdot 0,9 = 711,27 \text{ Вт/м}^2,$$

где $S = 573 \text{ Вт/м}^2$ – максимальное значение прямой солнечной радиации на вертикальную поверхность; $\tau = 0,7$ – коэффициент пропускания для одинарного остекления прямой; $D = 556 \text{ Вт/м}^2$ – среднее часовое значение рассеянной солнечной радиации на вертикальную поверхность, $\rho = 0,9$ – коэффициент поглощения солнечной радиации.

Исходные характеристики стены: высота стены $h = 3$ м; ширина стены $a = 3,5$ м, ширина зазора между стеной и наружным ограждением $b = 0,2$ м. Площадь поверхности стены A определяется по формуле:

$$A = ha = 3 \cdot 3,5 = 10,5 \text{ м}^2.$$

Система балансовых уравнений:

$$q_{\text{конв.стены}} = 9,4 \left(50 - \frac{22 + 40}{2} \right) = 178,6 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q_{\text{трансм.}} = \frac{1}{4,8} (50 - 22) = 5,83 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q_{\text{потерь}} = 4,76 \left(\frac{40 + 22}{2} - 5 \right) = 123,7 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q_{\text{конв.стены}} = 711,27 - 178,6 - 5,83 = 526,84 \text{ Вт/м}^2.$$

Выражаем $t_{\text{вых}}$ из уравнений баланса замкнутой системы, $t_{\text{вых}} = 71,8$ °С, полученная фактическая температура на выходе превышает заданную. Для более точного определения количества теплоты отдаваемого стеной Тромба пересчитаем систему балансовых уравнений с полученной величиной.

Полученная величина равна $t_{\text{вых}} = 66,5$ °С, количество теплоты, передаваемое стеной Тромба:

$$Q = q_{\text{трансм.}} \cdot A + LC\gamma_{\text{возд}}(t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}) = 5,83 \cdot 10,5 + \frac{305 \cdot 1 \cdot 1,2}{3,6} (66,5 - 22) = 4582,9 \text{ Дж.}$$

где A – площадь поверхности стены; $L = 1,0 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ – производительность канального вентилятора, C – удельная теплоемкость; $\gamma_{\text{возд}}$ – плотность воздуха.

Далее определяется количество теплоты, поступающее в дом от центральной системы теплоснабжения. Следуя нормам, можно считать, что для нагрева 1 м^3 пространства необходимо около 170 Вт. Общая площадь отапливаемых помещений в доме составляет $189,3 \text{ м}^2$, теплопередача одного радиатора равна 170 Вт.

$$\frac{18,93 \cdot 100}{170} = 11,13 \approx 12 \text{ шт.}$$

Для отопления помещений необходимо использовать 12 радиаторов с максимальной теплоотдачей 2040 Вт.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что стена Тромба может компенсировать работу центральной системы теплоснабжения только наполовину.

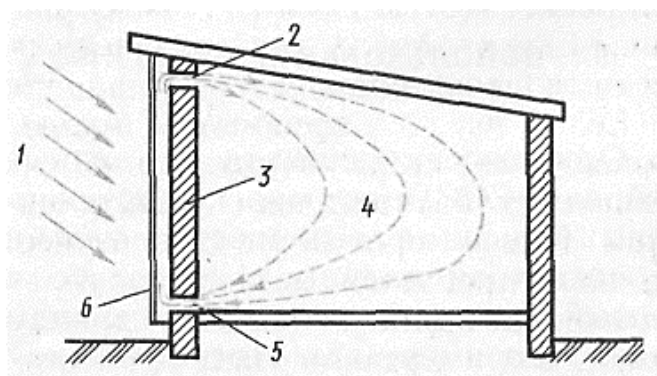


Рис. 1. Схема стены-коллектора Тромба:

- 1 – солнечная радиация;
- 2 – поток тёплого воздуха;
- 3 – наружная стена;
- 4 – жилое помещение;
- 5 – поток охлажденного воздуха;
- 6 – ограждающее стекло

В случае отключения системы центрально теплоснабжения на период теплого времени года стена Тромба может работать круглый год. Чтобы ограничить поступление тепла в дом в летнее время года, предлагается ряд решений, которые позволят уменьшить или вовсе исключить поступление тепла от стены-коллектора в неотапливаемый период года [5]:

1. Для увеличения поглощения тепла одним из распространенных решений является установка черной пластиковой перегородки между остеклением и стеной Тромба. Для уменьшения поглощения тепла в теплое время года рационально устанавливать рольставни с отражающим покрытием, что позволит отражать солнечные лучи без нагрева стены и помещений дома.

2. Окна с SPD технологией, широко применяемой при строительстве бизнес-центров и в автомобилестроении. Ее особенность заключается в том, что нанесенные на пленку взвешенные в жидкости частицы размещаются внутри стеклопакета или между двумя пластиковыми пластинами. При активации системы частицы начинают поглощать свет, блокируя его проникновение в помещение. Градацию цветов можно контролировать самостоятельно, при этом, чем ярче на улице солнце, тем темнее цвет стекол [6].

Выводы:

1. Наиболее эффективная работа стены Тромба наблюдается в сентябре, октябре, марте, апреле и до середины мая.

2. Стена-коллектор Тромба не может использоваться как единственный источник тепла в доме.

3. Необходимо предусмотреть мероприятия по уменьшению потребления и излучения тепла стеной Тромба в теплый период года.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СНиП II-3-79*. Строительная теплотехника. Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1998.
2. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-19*.
3. Богословский В.Н., Сканава А.Н. Отопление. М.: Стройиздат, 2001.
4. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*.
5. Расчет солнечной радиации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bim-proektstroy.ru/> (дата обращения: 06.03.2022)
6. Окна с умным стеклом меняющие прозрачность для дома и офиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://oknanagoda.com/steklo/osteklenie-steklo/steklopaketi/okna-s-umnym-steklom-menyayushhie-prozrachoe.html> (дата обращения: 06.03.2022)

УДК 721.021.23

А.В. Ванина

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕМ-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ «ПАССИВНЫХ» ЗДАНИЙ

Современное развитие индустрии строительства во многом связано с требованиями повышения энергетической эффективности зданий с учетом обеспечения оптимальных условий комфортности и экономической целесообразности выполняемого проекта [1].

Целью работы является исследование преимуществ применения ВЕМ-технологий при строительстве «пассивных» зданий.

Рассмотрены следующие задачи:

- 1) анализ практического и теоретического опыта в области энергомоделирования на различных стадиях строительства;
- 2) сравнение программного обеспечения для энергомоделирования;
- 3) расчет энергоэффективности «пассивного» жилого здания с помощью программы Passive House Planning Package (PHPP) и анализ полученных результатов.

На первом этапе исследований выполнен анализ федеральной и региональной законодательной и нормативно-методической баз в области энергосбережения, а также опыт различных стран в применении ВЕМ-технологий. Основными документами,

устанавливающими требованиями по энергетической эффективности зданий, являются следующие нормативные акты:

1. Федеральный закон №261-ФЗ Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации от 23.11.2009, который не распространяется на объекты культурного наследия.

2. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий.

3. РМД 23-16-2012. Рекомендации по обеспечению энергетической эффективности жилых и общественных зданий [2].

Building Energy Modeling, BEM – комплекс инженерных расчетов, демонстрирующий функционирование здания в течение года на уровне параметров, описывающих процессы потребления энергии. BEM выполняется в специализированных программах с учетом природно-климатических особенностей местности; ориентации здания; строительных материалов; инженерного оборудования [3]. Существующие программные средства комплексного энергетического моделирования ориентированы на европейские строительные нормы и не учитывают нормативных требований, установленных в России [4].

На втором этапе проводится сравнение различных программных комплексов, применяемых в области энергомоделирования.

Оценить программные продукты можно, исходя из следующих критериев:

- точности расчетов (подтверждается международными сертификатами);
- простоты изучения и дальнейшего использования, наличия поддержки и инструкций со стороны разработчиков;
- стоимости лицензии;
- комплекса возможностей расчета (потенциальные сферы применения);
- функциональной совместимости (взаимодействие с другими программами, возможности экспорта и импорта).

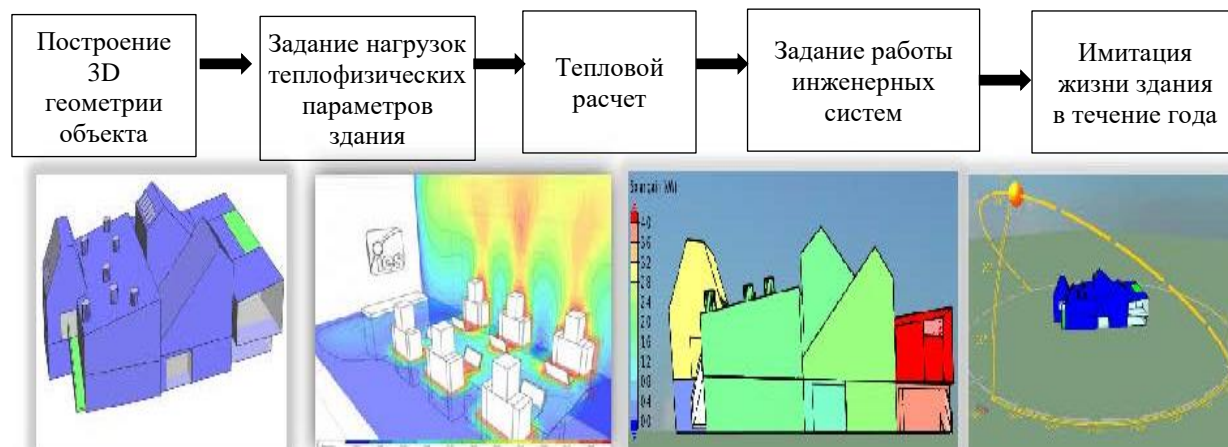


Рис. 1. Этапы энергомоделирования [5]

Для сравнения были проанализированы следующие программы: IES VE, Design Building, Open Studio, Autodesk Ecotect, каждая из которых имеет свои преимущества и недостатки. При реализации проекта выбирается наиболее подходящая для конкретной задачи программа инструмент или несколько программ, поэтому наилучшего результата возможно достичь, только обладая знаниями о возможностях каждой программы.

На последнем этапе проводится анализ полученных результатов при расчете энергоэффективности «пассивного» малоэтажного жилого здания с помощью программы Passive House Planning Package.

Форма дома спроектирована по внешним размерам, близким к кубу, для снижения теплопотерь здания через наружную поверхность дома: длина здания 12 м, ширина – 11 м, высота конька крыши над уровнем земли – 10 м. Выбор толщины дополнительной теплоизоляции под вентилируемым фасадом определялся на основе расчета по программе RHPP. Расчёты показали, что для получения значения термического сопротивления стен $10 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ (что и требуется для «пассивного» дома), необходимо иметь теплоизоляцию из базальтового волокна толщиной 25 см, для крепления которой было использовано примерно 4000 стеклопластиковых дюбелей, не являющихся «мостиками холода» в стенах, в отличие от металлических.

В работе сравнивались пять вариантов состава оборудования: грунтовый тепловой насос, воздушный тепловой насос и газовый котёл. Для воздушного теплового насоса рассматривались два источника низкопотенциальной теплоты: наружный воздух и удаляемый из помещений после рекуператора. Котёл рассматривался при отсутствии ВИЭ и рекуперации в системе вентиляции. Грунтовый тепловой насос рассматривался при 6 и при 36 солнечных панелях. Сравнение вариантов проводилось по годовому энергопотреблению системой в целом и основным оборудованием. Проведен расчет теплопотерь (через ограждающие конструкции – окна, стены, пол, кровлю) и теплопоступления (от солнечной радиации, людей, освещения и оборудования), выбрано инженерное оборудование для нескольких вариантов оболочки дома. После нескольких итераций вариантов оболочки и инженерного оборудования нагрузка на отопление была снижена с 42 до 37 кВт·ч/(м²·год).

Для аккумуляции электроэнергии, вырабатываемой солнечными батареями, будут использоваться аккумуляторные батареи, для аккумуляции тепловой энергии используется бак-аккумулятор горячей воды. В тёплый период тепловой насос работать не будет, для покрытия нагрузки от системы кондиционирования воздуха будут использоваться грунтовые зонды. Для обеспечения энергоснабжения дома требуется 36 солнечных панелей номинальной мощностью 320 Вт и четыре солнечных коллектора площадью 2 м² при соответствующих характеристиках теплоизоляции.

Таким образом, применение ВЕМ-технологий позволяет найти обоснованные решения строительства здания, которые обеспечивают условия комфортного проживания, эффективного использования ресурсов, внедрение передовых технологий с использованием альтернативных источников энергии и сокращение затрат на энергоснабжение.

В работе проанализирована нормативно-правовая документация, использование которой способствует повышению энергоэффективности зданий в России, а также дана оценка различных программных комплексов, применяемых в области энергомоделирования. Проведен выбор наиболее энергоэффективных материалов и инженерного оборудования для строительства «пассивного» жилого здания.

ЛИТЕРАТУРА:

1. CIBSE Applications Manual AM11: 1998, Building energy and environmental modelling.
2. Kiryudcheva, A.E., Shishkina, V.V., Nemova, D.V. Energy efficiency of building envelopes for public buildings. *Constr. Unique Build. Struct.* 5(44), 19–30. 2016.
3. Гримитлин А.М., Денисихина Д.М. Энергетическое моделирование – инструмент повышения энергоэффективности зданий // ВИМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всеросс. научно-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 93–97.
4. Файст В. Основные положения по проектированию «пассивных» домов. М.: Контипринт, 2015.
5. Семенова Э.Е., Самсонова М.Г., Нецепляев Д.Е., Компанеев В.Ю. Пути повышения энергоэффективности гражданских зданий // *Инженерные системы и сооружения.* 2019. №3 (36). С. 20–24.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЭРОГЕЛЯ В ФАСАДНЫХ И СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Целью работы является разработка проектной документации на возведение здания бизнес-центра и оценка энергоэффективности использования аэрогеля в фасадных и светопрозрачных конструкциях.

Аэрогели – класс материалов, представляющих собой гель, произведённый на основе диоксида кремния (или ряда других материалов), в котором жидкая фаза полностью заменена газообразной. Вещество обладает низкой плотностью, твердостью, прозрачностью, жаропрочностью, низкой теплопроводностью и отсутствием водопоглощения [1].

Аэрогели относятся к классу мезопористых материалов, в которых полости занимают не менее 50% объема. По структуре аэрогели представляют собой древовидную сеть из объединённых в кластеры частиц размером 2-5 нм и пор размерами до 100 нм.

На основе предложенных авторами [2-3] способов применения аэрогеля в качестве теплоизолирующего и теплоудерживающего материала для теплоизоляции строительных конструкций можно сделать вывод о положительной динамике развития наноматериала в строительной отрасли.

Аэрогелевая теплоизоляция почти в 3-5 раз эффективнее других изоляционных материалов, что позволяет значительно сократить толщину изоляции. Несмотря на то, что применение аэрогелей в качестве теплоизоляции для большинства объектов является нецелесообразным, для строительства конструкций повышенной ответственности использование таких теплоизоляционных материалов обусловлено их уникальными физическими и теплотехническими характеристиками, сроком службы, экологичностью и легкостью монтажа.

На рис. 1 приведено сравнение значений теплопроводности от температуры различных теплоизоляционных материалов. При разности температур внутри любого тела тепловая энергия переходит из более горячей части в более холодную – эта теплопередача и представляет из себя теплопроводность. Чем ниже теплопроводность материала, тем эффективнее он может использоваться в качестве теплоизоляции.

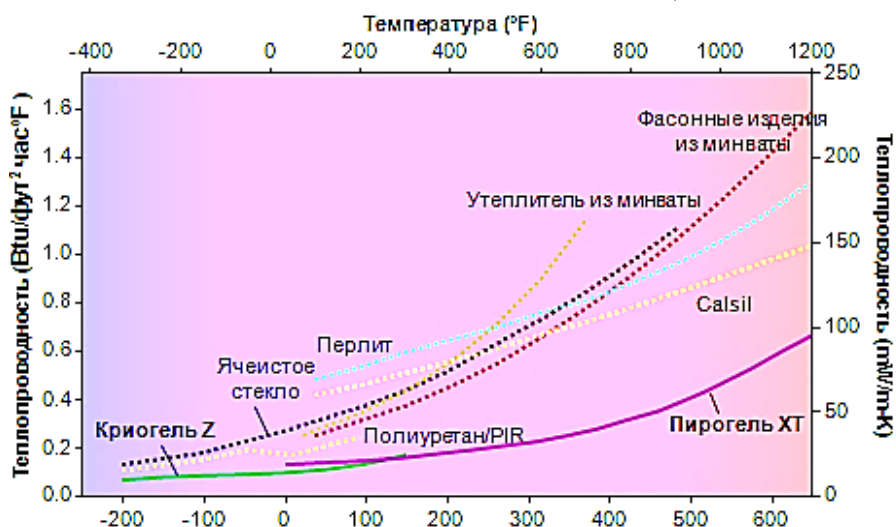


Рис. 1. Зависимость коэффициента теплопроводности от температуры

Коэффициент теплопроводности диоксида кремния составляет 0,01...0,02 Вт/м·К для интервала температур 0...100 °С, что меньше коэффициента теплопроводности для воздуха 0,02...0,03 Вт/м·К [4]. Микроскопические поры препятствуют проникновению холодного и теплого воздуха, аэрогель способен выносить циклические температурные воздействия. Pyrogel, Cryogel, Spaceloft, Spaceloft Subsea – все это высокоэффективные теплоизоляционные материалы на основе аэрогеля, предназначенные для утепления строительных конструкций при любой климатической обстановке.

Из-за высокой отражающей способности некоторые виды аэрогелей практически прозрачны, поэтому их используют в качестве светопрозрачных конструкций (заполнение пластиковых окон, создание бесшовного стеклянного фасада).

В рамках исследования [5] были получены аэрогели на основе диоксида кремния. Процесс получения аэрогелей включает в себя два этапа: получение геля и удаление растворителя из его пор, иначе говоря, его сушка. Одним из результатов данного исследования является тот факт, что для получения минимального значения коэффициента теплопроводности, необходимая плотность аэрогеля должна находиться в пределах 0,08–0,085 г/см³, а концентрация соляной кислоты 0,01 М.

Выводы:

1. В настоящее время технология изготовления аэрогелей является дорогостоящей, поэтому одним из основных направлений по более широкому их внедрению в строительную индустрию является уменьшение себестоимости продукции за счет снижения затрат на её изготовление.

2. Качественные характеристики теплоизоляционных материалов на основе аэрогелей свидетельствуют об эффективности их использования в строительной индустрии.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Квартальнов С.В. Аэрогель как инновационный материал в строительстве // Научно-практический электронный журнал Аллея Науки №11(38). 2019. С. 2–5.
2. Бушманова А.В., Виденков Н.В., Доброгорская Л.В., Семенов К.В., Федотов В.В. Инновационные материалы на основе аэрогеля в строительстве // Alfabuild. 1 (1). 2017. С.89–98.
3. Кузьмина С.А., Гришакова К.П. Современные теплоизоляционные материалы и их использование в строительстве // Сб. статей XXXIX Междунар. науч.-практ. конф. WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS. МЦНС «Наука и просвещение». 2020. С. 2–3.
4. Васильева И.Л., Немова Д.В. Энергоэффективные материалы нового поколения в строительстве // Строительство и архитектура. №4. 2018. С. 20–21.
5. Шиндряев А.В., Кожевников Ю.Ю., Лебедев А.Е., Меньшутина Н.В. Исследование процесса получения теплоизоляционных материалов на основе аэрогелей // Успехи в химии и химической технологии. Т. 31. №6. 2017. С. 130–132.

УДК 620.92

А.А. Айдарханов, М.Д. Терех
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВАРИАНТЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЕСТЕСТВЕННОГО И СОВМЕЩЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ВЫСОТНЫХ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЯХ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СТОИМОСТИ

Цель работы – выбор оптимального варианта естественного и совмещенного освещения в высотных административных зданиях с целью сокращения затрат на отопление.

Естественное освещение помещений обеспечивается прямыми солнечными лучами (инсоляция), рассеянным светом с небосвода и отраженным светом противостоящего здания, и поверхностью покрытия. На уровень естественного освещения помещений оказывает также

влияние географическая широта местности, ориентация здания по сторонам света, наличие затенения окон противостоящим зданием, которое в свою очередь зависит от расстояния между ними, высоты и цвета стен, а также близости зеленых насаждений. Большое значение имеет величина оконных проемов, их форма и расположение [1].

Совмещенное освещение (совокупность естественного и искусственного света) применяется в помещениях при выполнении точных зрительных работ с недостаточным естественным освещением в дневное время. Создаваемый итоговый спектр должен быть приближен к спектру естественного солнечного света.

Отношение естественной освещенности, создаваемой в расчетной точке заданной плоскости внутри помещения светом неба (непосредственным или после отражений), к одновременно измеренному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода; при этом участие прямого солнечного света в создании той или другой освещенности исключается – коэффициент естественной освещенности (КЕО).

Теплопотери через окно происходят по нескольким каналам: потери через оконный блок и переплеты, за счет теплопроводности воздуха и конвективных потоков между стеклами, а также теплопотери посредством теплового излучения. В программе энергосбережения окнам отводится важная роль, поскольку современный уровень их теплозащиты значительно уступает теплозащите ограждающих (стеновых) конструкций зданий (до 40% всех потерь здания) [2].

Экономическая эффективность вариантов теплозащиты ограждающих конструкций определяется на основании сравнения единовременных затрат и эксплуатационных расходов для ограждающей конструкции с повышенным уровнем теплозащиты по сравнению с базовой конструкцией. Снижение эксплуатационных расходов получается за счет уменьшения теплопотерь через ограждающие конструкции здания путем изменения размеров, формы и расположения оконных проемов или ограждающих конструкций, т.е. уменьшением коэффициента естественной освещенности.

Дополнительные единовременные затраты определяются ценой устройства теплоизоляционного фасада, установки оконного блока или витражной системы. Расчет экономической эффективности основан на положениях «Методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов» [3] и СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий [4].

В соответствии с приложением Л СП 52.13330.2016 нормативное значение освещения КЕО при совместном освещении для кабинетов, рабочих комнат и офисов (основная группа помещений в административных зданиях) составляют [5]:

- при верхнем или комбинированном освещении – 1,8%;
- при боковом освещении – 0,6%.

В [6] представлена методика определения КЕО применительно к боковой системе освещения с различными схемами расположения зданий в условиях застройки, а также для расчета КЕО в помещениях с верхней (через фонари различных конструкций) и комбинированной (верхней и боковой) системами естественного освещения.

Расчет естественного освещения здания выполняется в последовательности:

1-й этап:

- определение требований к естественному освещению помещений,
- выбор систем освещения,
- выбор типов световых проемов и светопропускающих материалов,
- выбор средств для ограничения слепящего действия прямого солнечного света,
- учет ориентации здания и световых проемов по сторонам горизонта;

2-й этап:

- выполнение предварительного расчета естественного освещения помещений (определение необходимой площади световых проемов),
- уточнение параметров световых проемов и помещений;

3-й этап:

- выполнение проверочного расчета естественного освещения помещений,
- определение помещений, зон и участков, имеющих недостаточное по нормам естественное освещение,
- определение требований к дополнительному искусственному освещению помещений, зон и участков с недостаточным естественным освещением,
- определение требований к эксплуатации световых проемов;
- 4-й этап:
- внесение необходимых корректив в проект естественного освещения и повторный проверочный расчет (при необходимости).

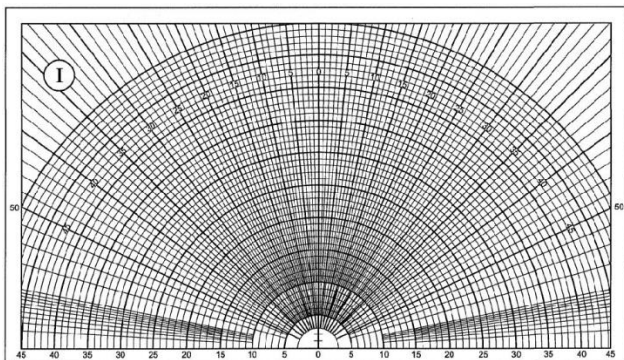


Рис. 1. График I
для расчета геометрического КЕО

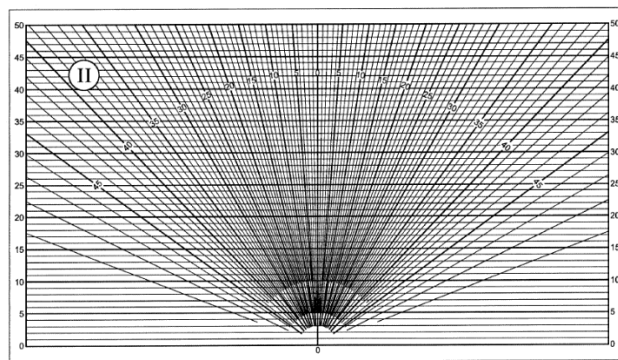


Рис. 2. График II
для расчета геометрического КЕО

Расчет коэффициента естественной освещенности (рис. 1, 2) следует проводить:

а) при боковом освещении:

$$e_p^b = C_N \left(\sum_{i=1}^L \varepsilon_{6i} q(\gamma)_i + \sum_{j=1}^M \varepsilon_{3di} b_{\phi i} k_{3di} \right) r_0 \tau_0 KMF,$$

где C_N – коэффициент, учитывающий особенности светового климата, принимают по таблице 5.1 в зависимости от номера группы административных районов РФ; L – число участков небосвода, видимых через световой проем из расчетной точки; ε_{6i} – геометрический КЕО в расчетной точке при боковом освещении, учитывающий прямой свет от i -го участка неба; $q(\gamma)_i$ – коэффициент, учитывающий неравномерную яркость i -го участка облачного неба МКО, определяемый по таблице А.1; M – число участков фасадов зданий противостоящей застройки, видимых через световой проем из расчетной точки; ε_{3di} – геометрический КЕО в расчетной точке при боковом освещении, учитывающий свет, отраженный от i -го участка фасадов зданий противостоящей застройки; $b_{\phi i}$ – средняя относительная яркость i -го участка противостоящего (экранирующего) здания, расположенного параллельно исследуемому зданию (помещению), определяемая по таблице А.2; r_0 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию, принимаемый по таблицам А.4 и А.5; τ_0 – общий коэффициент пропускания света; K – коэффициент, учитывающий потери света в архитектурных элементах фасадов зданий; MF – коэффициент эксплуатации, определяемый по таблице 4.3 [5].

б) при верхнем освещении:

$$e_p^b = C_N \left(\sum_{i=1}^T \varepsilon_{вi} q(\gamma)_i + \varepsilon_{ср} (r_2 k_{\phi} - 1) \right) \tau_0 MF,$$

где T – число световых проемов в покрытии; ε_{vi} – геометрический КЕО в расчетной точке при верхнем освещении от i -го проема.

в) при комбинированном (верхнем и боковом) освещении:

$$e_p^k = e_p^b + e_p^b.$$

Таким образом, получен оптимальный вариант конфигурации светопропускающих конструкций (расположение, размеры и форму), при которой расчетные значений КЕО будут наиболее близки к нормативным значениям. За счет снижения процента остекленности фасада снижаются потребность в тепловой энергии и как следствие, сокращаются эксплуатационные затраты здания.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Николаева Л.А. Санитарно-гигиеническая оценка инсоляционного режима, естественного и искусственного освещения помещений. Иркутск.: ИГМУ, 2013.
2. Гамаюнова О.С., Гумерова Э.И. Энергосберегающее остекление как метод повышения энергоэффективности высотных зданий // Мат-лы научн. конф. с междунар. участием Неделя науки СПбПУ. 2018. С. 339–341.
3. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. М., 2000.
4. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий.
5. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение.
6. СП 367.1325800.2017. Здания жилые и общественные. Правила проектирования естественного и совмещенного освещения.

УДК 69.003

С.А. Ким, Д.Р. Ягудин, М.Д. Терех
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КОМПЛЕКС МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СТОИМОСТИ ВЫСОТНОГО АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ

Целью работы является применение возможного комплекса мероприятий, позволяющих снизить эксплуатационную стоимость высотного здания.

Задачами исследования является проведение энергомоделирования здания и сравнение годовой стоимости обслуживания на m^2 до и после изменения его характеристик в ПО Autodesk Insight (далее – Insight).

Анализируемый объект – высотное административное здание, расположенное в г. Санкт-Петербург. Энергомоделирование зданий представляет собой серию инженерных расчетов, позволяющих прогнозировать годовые расходы на эксплуатацию $1 m^2$ площади здания, и, как следствие, определить целесообразность применения тех или иных проектных решений [1]. Insight включает в себя возможность расположения здания по точным координатам, что позволяет учитывать климатические условия данного места строительства, изменять ориентацию здания по сторонам света, типы ограждающих конструкций, инженерных систем, учитывать функционал объекта и график работы людей и оборудования.

Рассмотрим внедрение технологии интеллектуального здания. Обычные решения инженерного оборудования здания представляют собой компиляцию отдельных, не взаимодействующих между собой систем. Здание, в котором эти системы объединены во взаимодействующий комплекс и соответствующе организованы ещё на этапе проектирования, имеет право называться интеллектуальным.

При внедрении в конструкцию интеллектуальные здания становятся участниками целевой системы, поэтому специальное сосредоточие придается возможности двустороннего взаимодействия с другими подсистемами:

1. Создание оптимальных условий работы и жизнедеятельности жильцов здания. «Системы интеллектуального управления зданием» предполагает новый подход в организации жизнеобеспечения здания, при котором за счет комплекса программно-аппаратных средств значительно возрастает эффективность функционирования и надежность управления всех систем эксплуатации и исполнительных устройств здания.

2. Сокращение эксплуатационных расходов и энергосбережение. Обеспечивает повышение эффективности управления системами за счет развитых средств диспетчеризации и, как следствие, одновременное снижение стоимости и увеличение безопасности эксплуатации здания.

3. Комплекс систем жизнеобеспечения (КСЖ). В состав КСЖ входят система управления вентиляцией и кондиционированием воздуха (ВКВ); система управления тепло- и водоснабжением (ТВС); система управления электроснабжением (ЭС); система управления освещением (УО); система управления возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ).

4. Комплекс систем безопасности (КСБ). Обеспечивает отслеживание состояния интеллектуального здания, предотвращение и ликвидацию аварийных и опасных ситуаций, частично является добавлением для технологических подсистем и может использовать одни и те же датчики, интерфейсы и исполнительные механизмы.

5. Комплекс систем информатизации (КСИ) является базисом, на котором строятся все компоненты информационно-вычислительных сетей интеллектуального здания. Правильная организация системы определяет надежность функционирования системы интеллектуального здания как интегрированного комплекса.

Таким образом, основная цель данного направления в строительстве: снижение объема потребляемой энергии, обеспечение качественной и комфортной среды, уменьшение стоимости коммунальных услуг, обеспечение безопасной эксплуатации объекта, снижение риска наступления аварийных ситуаций [2].

Снижение объема потребляемой энергии и, следовательно, эксплуатационная стоимость связано с энергоэффективностью здания. Энергоэффективные общественные здания – объекты, функционирование которых обеспечивается минимальными объёмами природных ресурсов, и которые при этом максимально комфортны для человека и его деятельности на таких объектах.

Способы повышения энергоэффективности, применяемые в строительстве [3]:

- выбор оптимальной формы и расположения здания;
- использование теплоэффективных утеплителей;
- улучшение теплозащитных свойств ограждающих конструкций;
- применение энергоэффективных систем остеклений фасадов;
- внедрение автоматизированных узлов управления теплопотреблением зданий для поддержания комфортных параметров микроклимата в помещениях и энергосбережения;
- использование рекуперации тепла при проектировании систем вентиляции.

Так как к светопрозрачным конструкциям базово предъявляются наименьшие (по сравнению с остальными типами ограждающих конструкций) требования по сопротивлению теплопередаче (табл. 3 [4]), то именно эти конструкции становятся наиболее «уязвимыми» для теплопотерь здания в целом и влекут за собой увеличение затрат на эксплуатацию систем отопления, вентиляции и кондиционирования. Коэффициент остекленности фасада проектируемого офисного здания (отношение площадей светопроемов к суммарной площади наружных ограждающих конструкций фасада здания, включая светопроемы) равен 0,8, а большие площади остекления увеличивают потери тепла, следовательно, необходимо применение остекления с высоким показателем термического сопротивления.

Нагрузка от инфильтрации не составляет большую часть общей нагрузки на систему отопления или охлаждения. Однако если ее недоучесть, то можно причинить большие неудобства и потребуются дополнительные затраты.

Для экономии электроэнергии используются энергоэффективные лампы и система контроля освещения, также предусмотрен механизм розетки, который построен на обычном реле. Если раньше для управления смарт-розеткой была необходима сим-карта и для её выключения или включения было необходимо отправить смс или позвонить, то сейчас управление происходит при помощи Wi-Fi или Bluetooth, при помощи обычной программы на смартфоне. Умная розетка, позволяет дистанционно отключать и проверять приборы для безопасности помещения.

Одним из самых экономичных решений для отопления и охлаждения является использование теплового насоса, благодаря физико-химическим свойствам фреона такие системы позволяют организовать перенос тепла наиболее эффективно. В системах вентиляции и кондиционирования воздуха в целях повышения энергетической эффективности возможно использование таких методов, как повышение эффективности воздухораспределения в помещениях, использование предварительного нагревания и охлаждения, «комбинирование» систем обеспечения микроклимата с другими системами, совершенствование средств автоматизации технических систем [5].

Приводятся описание критериев для базовой модели и модели с учетом изменений, принятых в Insight, разность удельных годовых затрат на эксплуатацию 1 м² в долларах; значения каждого из показателей в базовой модели принимаются за 0 для наглядного сравнения, и суммарные годовые затраты на эксплуатацию 1 м² в долларах, полученные в Insight (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнение критериев

Изменяемые критерии	Описание критериев		Разность стоимости, доллар/м ² /год
	Базовая модель	Модель в Insight	
Остекление	Двухкамерный стеклопакет с заполнением воздухом	Трёхкамерный стеклопакет с заполнением аргоном	-1,9
Инфильтрация	0,4 АСН	0,17 АСН	-0,08
Освещение	9,18 Вт/м ²	3,23 Вт/м ²	-1,39
Контроль освещения	Нет	Контроль дневного освещения	-0,5
Розетки	13,99 Вт/м ²	6,46 Вт/м ²	-1,39
Эффективность ОВК	ASHRAE VAV	High Eff. Package Terminal AC	-2,49
Стоимость эксплуатации, доллар/м ² /год	12,02	4,27	-7,75

Выводы: путем сравнения суммарных удельных годовых затрат на эксплуатацию двух комплексов мероприятий, была получена модель здания со значением данного показателя, равным 4,27 доллар/м² в год, что меньше показателя базовой модели на 181%. Для выбора оптимального варианта по уменьшению стоимости эксплуатации необходимо также провести расчет окупаемости решений и рассмотреть возможность их применения для данного административного здания.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Чижков А.С., Юкова К.В. Актуальность и способы внедрения энергомоделирования зданий // Символ науки. 2019. №11. С. 30–34.
2. Кривой А. В. Основные аспекты проектирования интеллектуальных зданий // Мат-лы VII Междунар. науч.-практ. конф. Инвестиции, строительство, недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики 2017. С. 545–549.
3. Кузнецова Ю.А. Исследование зарубежного опыта строительства энергоэффективных зданий // Фотинские чтения. 2016. №2 (6). С. 79–82.
4. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий.
5. Шелухин Д.О. Инженерные системы интеллектуальных зданий. М.: МГУС. С. 107–112

THE INTERNAL STRUCTURE OF THE CORK

The purpose of the present study is to examine the internal structure of the cork using x-ray computed tomography.

The ability to connect the pixel intensities of the x-ray CT pictures to a localized value for the diffusion coefficient in cork is a fundamental element of the simulation. This basic link makes sense as a starting point: denser cork corresponds to smaller cork cells. If diffusion through cell walls is the dominant mode of gas diffusion, a higher number of cell walls in a given volume should result in a lower local diffusion coefficient.

For initial research the relation between the diffusion coefficient and pixel value was set to be inversely proportional and represented as follows:

$$\frac{D_{mean}}{D_{(x,z)}} = \frac{B_{(x,z)}}{B_{mean}}$$

Such as D_{mean} (Experimental value of diffusion coefficient); $B_{(x,z)}$ (Pixel value at x, z) and $D_{(x,z)}$ (Diffusion coefficient at x, z); B_{mean} (Mean pixel value for each image).

Spatial values obtained from the above code are exported from MATLAB into a excel file and imported into ANSYS CFX user function. An example of the format for the Excel file are given in the fig. 1.

[Name]			
Diffusion			
[Spatial Fields]			
X	Y	Z	
[Data]			
X[m]	Y[m]	Z[m]	Diffusion[m ² s ⁻¹]
0.012064	0.012454	0.01379	5.00E-13
0.012064	0.012409	0.01379	5.00E-13
0.012064	0.012363	0.01379	5.00E-13
0.012064	0.012317	0.01379	5.00E-13
0.012064	0.012272	0.01379	5.00E-13
0.012064	0.012226	0.01379	5.00E-13
0.012064	0.01218	0.01379	5.00E-13
0.012064	0.012135	0.01379	5.00E-13

Fig. 1. Example of format for Excel file

Importing experimental data into the ANSYS simulation program is now possible. The pixel value of the CT picture is computationally translated into the spatial data of diffusion coefficient at each empirically observed x-ray CT point.

Use of Curve Fitting Toolbox. This step requires spatial translation of the imported 3D Diffusion coefficient map to match the volume of the cork structure specified in ANSYS. A slice through a cork is shown in the fig. 2. Low-mass-density zones are black, while higher-mass-density areas are white in this gray-scale illustration. The presence of a bigger hole in the cork's internal structure should be noted in this slice.

The limits of the cork structure must be established from the X-ray CT scans in order to obtain the proper mapping. The MATLAB image processing toolbox imports the image and separates it into little pixels, each with its own intensity value. Outside of the cork's four edges, the pixel value

is 0. The row and column of the cork corners for which the pixel values are 0 were identified using a MATLAB algorithm. The code then identifies the four edge corner positions.

The curve fitting toolbox in MATLAB is used to import the data of the corner points once the table of data identifying the corners structure in the CT images has been constructed.

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = r_0^2.$$

The edge points are fitted to the generalized equation for a circle using the curve fitting tool. The diffusion 3D map is then translated into ANSYS using the best fit parameters of x_0 , y_0 , and r_0 , with the geometric center of the cork cylinder positioned at the origin and the long axis of the cork cylinder laid along the Y axis. This enables curve fitting of the data to determine the translation parameters and the cork structure's center. The fig. 3 depicts the best-fitting circle through the data.

Based on the curve fitting results from MATLAB, the best fit parameters are $x_0 = -0.1016 \text{ mm} + (0.0066)$, $y_0 = 1.888 \text{ mm} + (0.041)$ and $r_0 = 0.0128 \text{ mm} + (0.0026)$. The uncertainties in the best fit parameters are for a 95% confidence level. The adjusted R^2 value for the fit is 0.9918.

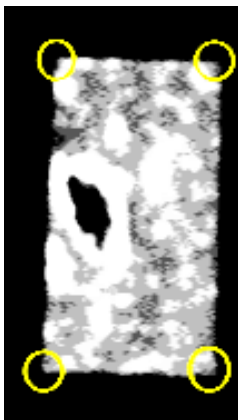


Fig. 2. Illustration of methodology for determining edges of cork structure

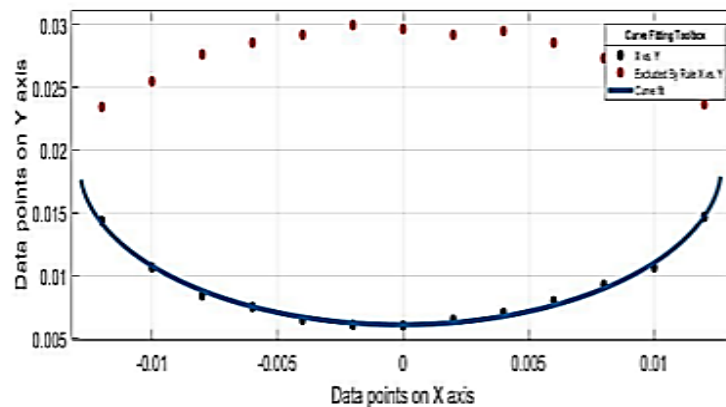


Fig. 3. Curve fit of data points which determines geometric parameter for translating experimental data to coordinate system of simulation

Conclusion: The internal structure of the cork impacts the overall cumulated flow via either the top or bottom of the cork. The interior structure of the cork is examined using x-ray computed tomography (CT). Reduced tomography slice spacing (less than 2 mm) would allow for more precise mapping of CT images into a 3D diffusion coefficient map. A basic mapping is assumed from the observed internal structure, translating the recorded x-ray computed tomography images into a 3D map of local diffusion coefficient. The x-ray CT pixel value is guaranteed to be inversely proportional to the oxygen diffusion coefficient through the cork.

REFERENCES:

1. Brazinha, C., Fonseca, A.P., Pereira, H., Teodoro, O.M.N.D., and Crespo, J.G. Gas transport through cork: Modelling gas permeation based on the morphology of a natural polymer material, *J. Membrane Sci.* 2013. 428, 52-62. DOI: 10.1016/j.memsci.2012.10.019.
2. Cordeiro, N., Belgacem, M.N., Silvestre, A.J.D., Neto, P.C., and Gandini, A. Cork suberin as a new source of chemicals. 1. Isolation and chemical characterization of its composition, *Int. J. Biol. Macromol.* 1998. 22(2), 71-80. DOI: 10.1016/S0141-8130(97)00090-1.
3. Dehane, B., Benrahou, A., Bouhraoua, R., Hamani, F. Z., and Belhoucine, L. Chemical composition of Algerian cork according the origin and the quality, *Int. J. Res. Envir. Studies.* 2014. 1(2).
4. Holloway, P. Some variation in the composition of suberin from cork layers of higher plants, *Phytochemistry.* 1983. 22(2), 495-502. DOI: 10.1016/0031-9422(83)83033.
5. Pereira, H., Rosa, M.E., and Fortes, M.A. The cellular structure of cork from *Quercus suber*L., *IAWA Bull.* 1987. 8(3), 213-218. DOI: 10.1163/22941932-9000104.
6. Pereira, H., Lopes, F., and Graça, J. The evaluation of the quality of cork planks by image analysis, *Holzforschung.* 1996. 50(2), 111-115. DOI: 10.1515/hfsg.1996.50.2.111.

CALCULATED MODEL OF FLOATING SOLAR STATION IN CONJUNCTION
WITH HYDROELECTRIC POWER STATION

In our day there is a tendency to produce electricity using renewable energy sources. PV plant are most popular because they are simple in installation and operation, and also have small capital investments compared to other power plants [1]. However, irregular electricity generation is obtained because of the irregular arrival of solar energy to the earth's surface. For the constant of electricity generation, it is possible to compose the PV in one energy complex with the HPP, which will also make it possible to increase the production of electricity. For saving the territory PV plant can be located on the surface of the hydropower station's reservoir. This plants are called floating PV plant (FPV) [2, 3].

Determining the parameters of the power supply complex of HPP-FPV to achieve maximum NPV. To do this, we need to solve the following tasks:

1. Describe the design model of the HPP and FPV and make parametrization.
2. Connect NPV for HPP and FPV with model's parameters.
3. Determine the parameters of the model HPP-FPV based on NPV maximization.

1. FPV Model

The FPV power generation is calculated from the horizontal PV power generation of standard ground-mounted plant. The following equation defines such power generation.

$$P_{FPV}(t) = A_{pv} E_{hor}^{full} \eta_{losses} \eta_{mp}(t); \quad (1)$$

$$0 \leq P_{FPV}(t) \leq P_{FPV}^{INS}, \quad (2)$$

where $P_{FPV}(t)$ – power of the FPV (W); A_{pv} – the PV panels total area (m^2), E_{hor}^{full} – solar radiation (SR) density on a horizontal surface with a clear sky (W/m^2), η_{losses} – the sum of all system internal constant losses, $\eta_{mp}(t)$ – the PV panel efficiency. The parameter of the model is adopted by peak installed power of FPV – P_{FPV}^{INS} .

The solar radiation (SR) flux depends on a number of factors: climatic conditions, geographic location of the solar installation, and others. There are a number of method to determine the SR flux on a horizontal surface. In this work we will use method that based on Byrd method [4].

For direct SR:

$$E_{hor}^{dir} = E_c \cos \theta_z \tau_R \tau_{O_3} \tau_{ra3} \tau_{H_2O} \tau_A K_{hor}^{dir}. \quad (3)$$

For diffuse SR:

$$E_{hor}^{dif} = (E_c \cos \theta_z \tau_{O_3} \tau_{ra3} \tau_{H_2O} \tau_{AA} (0,5(1 - \tau_R) + B_a(1 - \tau_{AS_i}))) / (1 - M_i^* + M_i^{*1.02}) K_{hor}^{dif}, \quad (4)$$

where E_c – solar constant, $1367 (W/m^2)$; θ_z – the angle of incidence of the sun's rays on a horizontal surface; τ_R – transmittance taking into account Rayleigh scattering of SR; τ_A – transmittance taking into account the weakening of SR by aerosol; τ_{AA} , τ_{AS} – transmittance coefficients taking into account aerosol absorption and SR scattering; τ_{O_3} , τ_{ra3} , τ_{H_2O} – transmittance coefficients taking into account the absorption of SR by ozone, gases and water; K_{hor}^{dir} , K_{hor}^{dif} – correction factors for calculating direct and diffuser SR on the territory of the former USSR.

Density of the full SR with a clear sky:

$$E_{hor}^{full} = (E_{hor}^{dir} + E_{hor}^{dif}) / (1 - r_3 r_{ai}), \quad (5)$$

where r_3 , r_{ai} – albedo of the earth's surface and atmosphere.

The lifetime T_{lt} energy output can be calculated by (6):

$$W_{FPV}^{full} = \int_{T_{lt}=0}^{T_{lt}=end} P_{FPV}(t) dt. \quad (6)$$

2. Economic Model of FPV

For solar FPV, the NPV depends on the income from the sale of electricity, the cost of operation, one of which is cooling, operating expenses, as well as initial investments [5]. Based on the foregoing NPV will have the following formula:

$$NPV_{FPV} = \frac{W_{FPV,year}^{full} C_{TF} - U_{oper.}^{FPV}}{CRF(r,T)} - K_{FPV}, \quad (7)$$

$$K_{FPV} = k_{FPV} \cdot P_{FPV}^{INS}, \quad (8)$$

where C_{TF} – energy unit price (rub/Wh); $U_{oper.}^{FPV}$ – operating expenditure (rub per year); r – real rate; K_{FPV} – capital expenditure (rub).

3. HPP Model

Assuming the insistent of idle water discharges, the rated power of the HPP is determined by the formula:

$$P_{HPP}(t) = 9.81 H_{HPP}(t) Q_{HPP}(t) \eta(t); \quad (9)$$

$$0 \leq P_{HPP}(t) \leq P_{HPP}^{INS}; \quad (10)$$

$$0 \leq Q_{HPP}(t) \leq Q_{HPP}^U; \quad (11)$$

$$W_{HPP}^{full} = \int_{T_{lt}=0}^{T_{lt}=end} P_{HPP}(t) dt, \quad (12)$$

where H_{HPP} – water head on the HPP (m); Q_{HPP} – water consumption (m³/sec); η – efficiency of HPP. The parameters of the model are: P_{HPP}^{INS} – installed power of hydroelectric; V_{HPP}^U – useful volume of reservoir; Q_{HPP}^U – consumption of HPP and others.

4. Economic Model of HPP

Capital investments in the HPP building at fixed power tend to reduce with increasing pressure [5]. Therefore, the total capital investment in the HPP project will be functions of the form:

$$K_{HPP} = \alpha \theta \left(\frac{P_{HPP}^{INS}}{H_{HPP}^\beta} \right)^\gamma, \quad (13)$$

where α, β, γ – some constants, θ – coefficient taking into account local conditions for the construction of HPP.

The economic effect of using hydro power plant (NPV) is expressed in ruble and can be defined as the revenue, received from the use of hydraulic turbine through economical lifetime:

$$NPV_{HPP} = \frac{B_W^{HPP}}{CRF(r,T)} - K_{HPP}, \quad (14)$$

where B_W^{HPP} – revenue from the sale of electricity (rub); $CRF(r,T)$ – the conversion factor non-recurrent capital cost into equivalent annual expenses during estimated economical lifetime T_{lt} with real interest rate r .

Revenue from the sale of electricity is determined by the formula:

$$B_W^{HPP} = \theta_{using} W_{HPP}^{full} C_{TF} - U_{oper.}^{HPP}, \quad (15)$$

where θ_{using} – coefficient of power using; $U_{oper.}^{HPP}$ – operating expenditure (rub per year).

By adjusting the formula (13) and (15) in the formula (14) we get:

$$NPV_{HPP} = \frac{\theta_{using} W_{HPP}^{full} C_{TF} - U_{oper.}^{HPP}}{CRF(r,T)} - \alpha \theta \left(\frac{P_{HPP}^{INS}}{H_{HPP}^\beta} \right)^\gamma, \quad (16)$$

5. Economic Model of HPP-FPV

The parameters of the model HPP-FPV (P_{FPV}^{INS} , P_{HPP}^{INS} , V_{HPP}^U , Q_{HPP}^U and others) based on NPV maximization.

$$NPV_{HPP-FPV}(P_{FPV}^{INS}, P_{HPP}^{INS}, V_{HPP}^U, Q_{HPP}^U, \dots) \rightarrow \max. \quad (17)$$

Conclusion:

1. The power generated by the FPV reduces the capital value of the HPP, due to the reduction of the required power, which increases the NPV.
2. The gain of the FPV power increases the capital expenditures on it.

REFERENCES:

1. Phillips, L. Solar energy // Managing Global Warming: An Interface of Technology and Human Issues. 2018.
2. Sahu, A., Yadav, N., Sudhakar, K. Floating photovoltaic power plant: A review // Renew. Sustain. Energy Rev. 2016. Vol. 66. P. 815–824.
3. Ueda, Y., Sakurai, T., Tatebe, S., Itoh, A., Kurokawa, K. Performance analysis of PV systems on the water // 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. 2008. P. 2670–2673.
4. Utkina, E.A., Sidorenko, G.I. Practical value of solar energy flux data obtained by analytical method // Week of science ICS. 2021. P. 444–447.
5. Sidorenko G.I., Kudryasheva I.G., Pimenov V.I. Economics of Unconventional and Renewable Energy Sources Technical and economic analysis. St. Petersburg: Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 2008.

УДК 699.865

Д.А. Антонова, Д.В. Немова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ТЕХНОЛОГИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ

Эффективное энергопотребление в жилищной сфере, а также зданий общественного назначения составляет важную часть стратегии экономического развития Российской Федерации. Так по данным Всемирного банка и российских исследователей на капитальном ремонте и реконструкции можно сэкономить 30-60% от расходуемой энергии на отопление, зданий бюджетной сферы – до 50% [1].

Для осуществления поставленных задач в последние годы был принят целый ряд нормативно-правовых документов, предусматривающие внесение изменений в области энергосбережения, а также «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года» [2].

Цель исследования – провести анализ методов повышения класса энергоэффективности здания и выделить среди них те, которые могут быть применены при капитальном ремонте или реконструкции существующих зданий. С учетом принятых госпрограмм и других документов стратегического планирования одной из основных целей в области строительства являются обеспечения эффективного капитального ремонта и реконструкции зданий.

При осуществлении реконструкции в области повышения энергоэффективности необходимо подходить к вопросу комплексно, для того чтобы обеспечить полноту используемых методов, направленных на снижение теплотерь здания за счет разработки и внедрения энергоэкономичных объемно-планировочных и конструктивных решений с использованием экоустойчивых мероприятий [3–5].

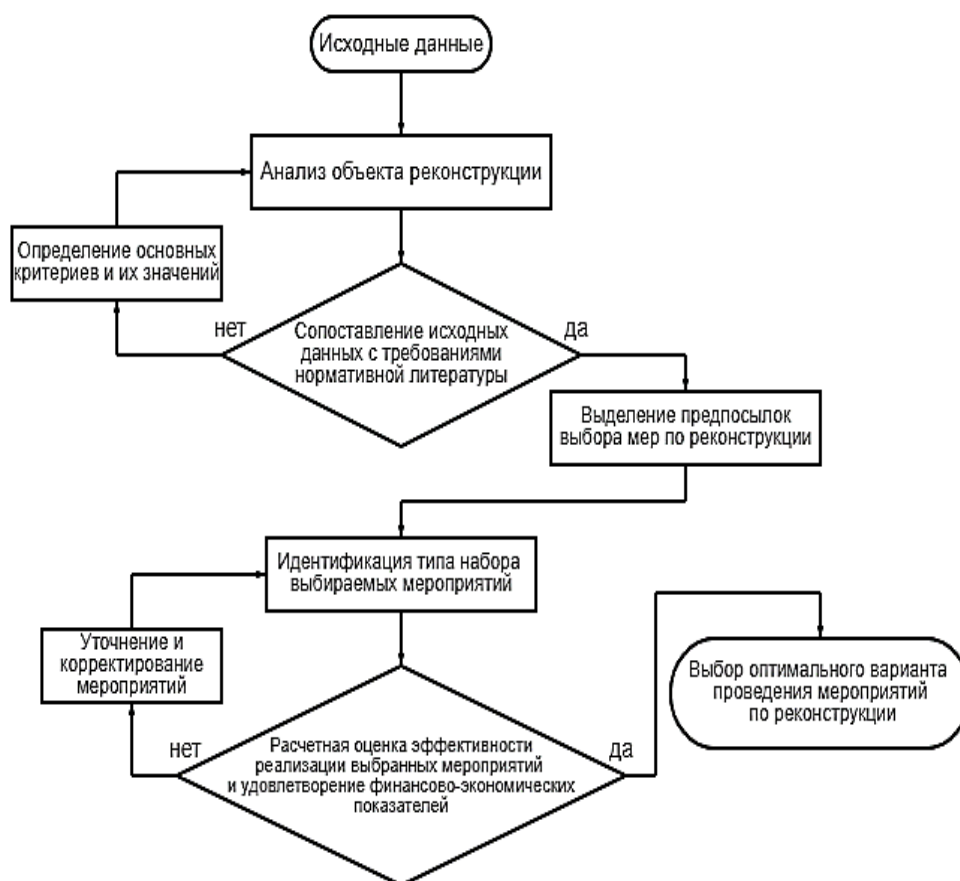


Рис. 1. Схема действий осуществления подбора экоустойчивых мероприятий

Перед проведением энергетического переоснащения должно быть проведено детальное энергетическое моделирование здания с использованием измеренного теплопропускания внешней стены и данных о температуре и относительной влажности воздуха для определения годового расхода энергии на отопление и охлаждение. Потребление энергии на отопление и охлаждение, полученное в результате моделирования, должно быть откалибровано на основе фактического счета за потребление энергии. Затем энергетические технологии, подходящие для этой цели, должны быть упакованы на основе анализа данных измерений на месте и калиброванного моделирования энергопотребления. Пакеты энергетических технологий сравниваются и анализируются с помощью программы энергетического моделирования. В результате получается оптимальное пакетное решение и проанализирована экономия энергетических затрат при оптимальном пакетном решении.

Следовательно, разработка проекта реконструкции должна включать в себя ряд обязательных этапов и происходить в соответствии с четкой последовательностью действий (рис. 1). Сбор исходных данных является одним из важнейших этапов, от корректности которого зависит дальнейший результат. На данном этапе осуществляется анализ исходных данных с точки зрения определения комплекса мер, осуществление которых необходимо при реконструкции. Для выделения предпосылок выбора мероприятий необходимо произвести сопоставление результатов обследования объекта, показаний приборов учета со статистической базой данных по схожим объектам. Несоответствие исходных значений какому-либо параметру, регламентируемому нормативной литературой, и является предпосылкой для выбора набора мер. После производится моделирование и расчет оценки эффективности, с корректировками и определением экономических показателей. В

результате последовательности выполнения всех действий алгоритма должен стать набор мероприятий по реконструкции объекта, который будет иметь наибольшую финансово-экономическую и экологическую эффективность.

Для рассмотрения были выбраны четыре комплекса мероприятий (рис. 2):

1. Активный метод – повышение энергоэффективности за счет выбора наружной и внутренней отделки;
2. Пассивный метод – повышение энергоэффективности за счет подбора инженерного оборудования и его мощностей, выбор источников энергосбережения;
3. Проработанный пассивный метод с решением вопроса об использовании нетрадиционных источников энергосбережения;
4. Совокупность первого и третьего варианта мероприятий.

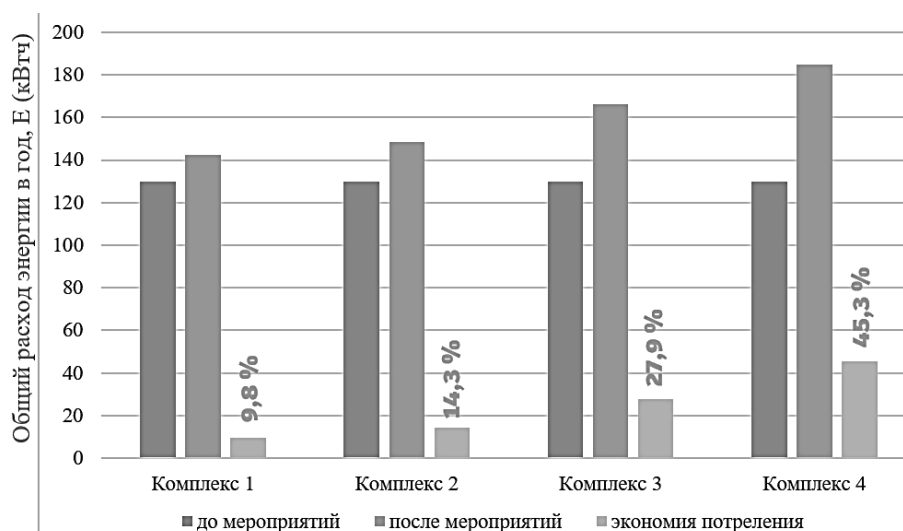


Рис. 2. Энергопотребление объекта с применением мероприятий

Так при реконструкции жилых и общественных зданий использование энергосберегающих технологий, а также альтернативных источников энергии позволит покрыть дефицит тепловой энергии на отопление, неизбежно возникающий в результате уплотнительной застройки [6].

Экономическая целесообразность такого подхода заключается в проведении отдельных изменений: замена окон, ремонт фасадов, кровли и т.д., что приведет к повышению энергетической эффективности. С другой стороны, это позволит сократить использование природных ресурсов на стадии эксплуатации зданий, снизить неблагоприятное влияние на окружающую среду. При использовании активных методов возможно сэкономить значительную часть затрат на отопление (10–15%). Пассивные методы приведут к большей экономии (30%). Соответственно комплекс этих методов позволит сэкономить почти 50% затрат.

Анализ показал, что наиболее эффективно при реконструкции могут быть применимы ряд пассивных методов, либо комплексная совокупность активных и пассивных методов с проработкой и подбором альтернативных источников энергии. Активный метод менее реализуем в капитальном ремонте и реконструкции, как самостоятельное мероприятие. Энергомоделирование помогает подробно рассмотреть все варианты решения, а также рассчитать финансово-экономические показатели проекта, что позволит выбрать наиболее предпочтительный вариант реализации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Шихалиев С.С. Повышение эффективности капитального ремонта и реконструкции зданий на основе энергосбережения: автореф. дис. на соискание уч. ст. канд. экон. наук. СПб., 2012.
2. Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. URL: <https://gisee.ru/>.
3. Михайлов С.А., Балябина А.А. Региональные аспекты проблемы энергосбережения // Современные энергетические системы и комплексы и управление ими: сб. мат. VIII Междунар. науч. практ. конф. Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2010. С. 49–52.
4. Dakwale V.A., Ralegaonkar R.V., Mandavgane S. Improving environmental performance of building through increased energy efficiency: a review // Sustainable Cities and Society. 2011. Vol. 1. Issue 4. Pp. 211–218.
5. Чужина Ю.Ю., Семенова Э.Е. Актуальность проблемы энергосбережения и пути ее решения // Научный вестник ВГАСУ. Сер.: Высокие технологии. Экология. 2014. № 1. С. 138–141.
6. Volkov A.N., Leonova A.N., Karpanina E.N., Gura D.A. Energy performance and energy saving of life-support systems in educational institutions // Journal of Fundamental and Applied Sciences. 2017. Vol. 9 (2s). Pp. 931–944.

УДК 620.9

М. Тулешова, А.А. Шавва

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВИДОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ОСТЕКЛЕНИЯ ФАСАДОВ ЗДАНИЯ

В последние годы набирает тенденция строительства высотных уникальных зданий и сооружений с использованием светопрозрачных фасадных остеклений.

Данные фасады представляют собой легкие пространственные оболочки, которые крепятся на несущие конструкции. Витражи состоят из отдельных конструктивных ячеек, состоящих из стержневых профильных элементов, заполненных остеклением. Использование стекла в качестве материала для ограждающих конструкций имеет ряд преимуществ: это позволяет обеспечить высокий уровень естественного освещения внутри помещений и расширить пространство, создать выразительный архитектурный образ здания и привлекательный вид изнутри для посетителей.

Соответственно, у такого вида облагораживания здания присутствуют положительные стороны, так и отрицательные. Одним из отрицательных факторов является высокие тепловые потери на отопление в холодный период года и кондиционирование в теплый.

Энергоэффективностью называется комплекс мер и мероприятий, которые направлены на снижение тепловой энергии, потребляемой зданиями и необходимой для поддержания в помещениях требуемых параметров микроклимата, при соответствующем технико-экономическом обосновании применяемых технологий и соблюдении других требований, предъявляемых к соответствующим конструкциям или процессам [1].

Поэтому, повышение энергоэффективности зданий и сооружений в целом, а в частности отдельных их конструкций, последние годы является одним из главных направлений развития и изучения в сфере строительства. Разрабатываются различные варианты энергоэффективных остеклений, проводится изучение их свойств и характеристик.

Для того чтобы снизить теплопотери, используются энергосберегающие низкоэмиссионные стекла.

Целью работы является проведение сравнительного анализа существующих типов остекления и выбор оптимального варианта остекления.

Для поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Рассмотрение существующих типов энергосберегающих стекол.
2. Проведение сравнительного анализа готовых вариантов.

Поверхность низкоэмиссионных стекол способствует поглощению и минимальной потере тепла, что достигается нанесением специального металлооксидного покрытия на его поверхность. Нанесенное покрытие пропускает ультрафиолетовое излучение от солнца и отражает инфракрасное излучение внутри здания. Селективным параметром являются длины электромагнитных волн: ультрафиолетовое излучение находится в коротковолновом диапазоне, а инфракрасное – в длинноволновом диапазоне [2].

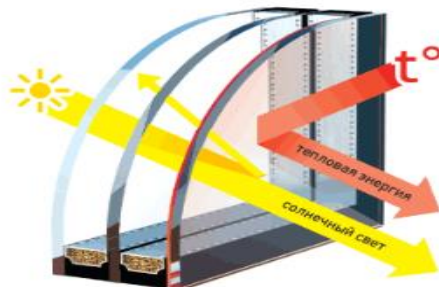


Рис. 1. Низкоэмиссионное стекло

Низкоэмиссионное стекло, в свою очередь, делится на К-стекло и I-стекло. К-стекло приобретает в процессе «спекания» твердое покрытие, обладающее высокой прочностью, с коэффициентом излучательной способности $E = 0,2$ [3].



Рис. 2. Принцип работы К-стекла

Следует отметить, что К-стекло улучшает теплоизоляцию помещения, существенно сокращает величину теплопотерь, способствует снижению затрат на отопление, на порядок снижает вероятность выпадения конденсата на поверхностях стекла, а также предусматривает возможность остекления вместе с солнцезащитным стеклом. Благодаря прозрачному покрытию нейтрального цвета, К-стекло отличается высокой светопрозрачностью и визуально практически неотличимо от обычного стекла

I-стекло приобретает в процессе вакуумного напыления мягкое покрытие, неустойчивое к абразивному и атмосферному воздействию. Данное покрытие легко поцарапать и соскоблить, а при взаимодействии с воздухом оно окисляется, приобретая характерные разводы. Поэтому данный вид покрытия применяется только в составе стеклопакета с камерой, заполненной газом (аргоном), предохраняющим покрытие от окисления [4].

I-стекло, обладает еще большей, чем у К-стекла, отражающей способностью и по своим теплосберегающим свойствам в 1,5-раза превосходит К-стекло. Различие между К-стеклом и I-стеклом заключается в коэффициенте излучательной способности, а также технологии его получения. Низкоэмиссионное I-стекло в отопительный период возвращает в квартиру до 90% тепловых волн, выделенных нагревательными приборами.

Основной минус данного решения – это низкая стойкость покрытия к механическим и химическим воздействиям: легко царапается и окисляется при контакте с воздухом. Поэтому в составе стеклопакета сторона с напылением должна быть обращена внутрь конструкции для предотвращения повреждения, а для хранения заготовки должна быть предусмотрена

герметичная упаковка [5–7]. В случае нарушения технологии изготовления или потери герметичности I-слой быстро разрушается, и изделие может полностью утратить свои свойства.

По теплотехническим характеристикам I-стекло превосходит K-стекло.



Рис. 3. Принцип работы I-стекла

Выводы. Самым энергоэффективным видом остекления является стекло с низкоэмиссионным I-покрытием, позволяющее существенно снизить затраты на отопление в холодный период и создать дополнительную защиту от солнца в летний период. Данное покрытие широко представлено на строительном рынке, являясь надежным и сравнительно недорогим материалом, широко используемым для остекления фасадов высотных зданий.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Круглов О.И., Рахманов Ю.А. Высокотехнологичные стекла, их роль в энергосбережении систем отопления и кондиционирования воздуха // Альманах научных работ молодых ученых XLVI научной и учебно-методической конф. Ун-та ИТМО. 2017. Т. 5. С. 158–160.
2. Давыдова Е.И., Гнам П.А., Тарасова Д.С. Светопрозрачные конструкции и методы повышения их энергоэффективности // Строительство уникальных зданий и сооружений. No 5 (32). 2015. С. 112–128.
3. Глазков Н.Л. Стекло для современной архитектуры: мода или прорыв в будущее // Архитектура и строительство России. 2011. No 10. С. 26–34.
4. Энергосберегающее стекло [Электронный ресурс]. URL: <http://studwood.ru/>.
5. Семенова Э.Е., Логвинова Е.О. Исследование применения энергосберегающих светопрозрачных конструкций зданий // Высокие технологии в строительном комплексе. 2018. No 1. С. 26–29.
6. Казакова Ю.Д., Половников М.Э., Калошина С.В. Устройство остеклённых фасадов в современном строительстве // VIII Всеросс. молодежная конф. аспирантов, молодых ученых и студентов «Современные технологии в строительстве: теория и практика». 2016. №6. Т. 1. С. 320–327.
7. Кузнецов А.В. Новые тенденции и технологии в развитии светопрозрачных конструкций при проектировании общественных зданий // Современные инновации. 2018. №2(24). С. 82–83.

УДК 624.159.11

И.В. Ригель, В.В. Елистратов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ОСНОВАНИЕ АРКТИЧЕСКОЙ ВЭУ

Цель работы – оценить реакцию грунта на динамические нагрузки, воспринимаемые основанием работающей ветроэлектрической установки, размещенной в арктическом регионе.

Задачи работы: 1) классифицировать виды и характеристики динамических нагрузок на основание, возникающих в процессе эксплуатации арктической ВЭУ; 2) определить особенности поведения мерзлых грунтов при динамических воздействиях; 3) оценить виды и возможность проявления негативной реакции грунтов основания арктической ВЭУ на

динамические воздействия. В процессе эксплуатации ВЭУ подвергается внешним природным динамическим нагрузкам, а также в процессе работы сама является источником динамического воздействия на основание (рис. 1).

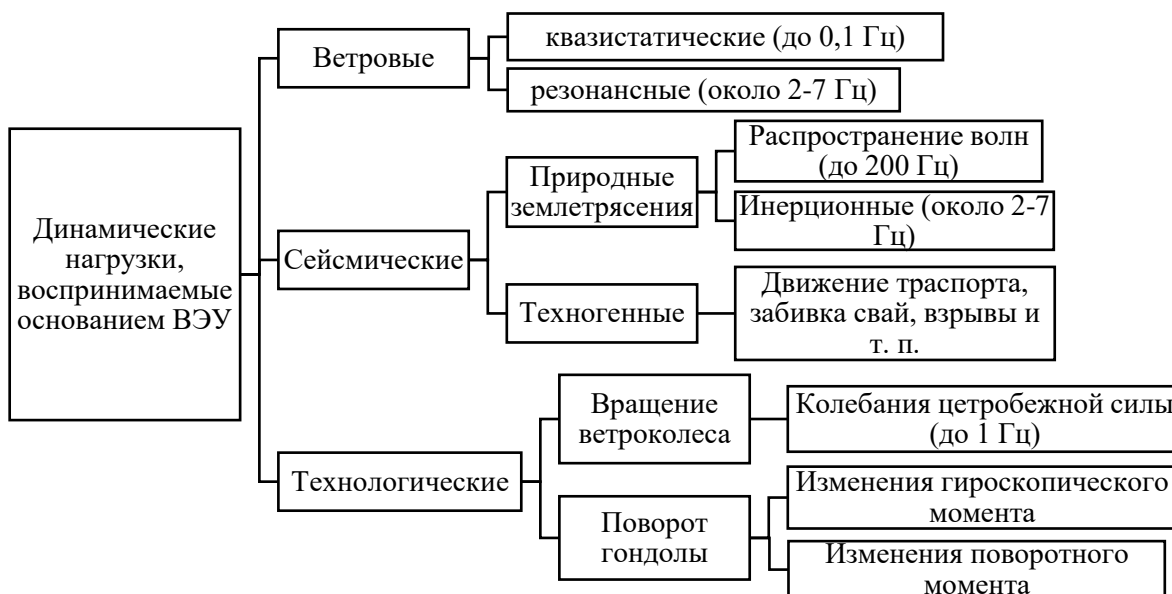


Рис. 1. Классификация динамических нагрузок на основании ВЭУ

Для «рабочего режима» ВЭУ при установившемся и неизменном направлении и расчетной (по мощности ВЭУ) скорости ветра, динамическая нагрузка от центробежной силы, возникающей при вращении ветроколеса, сводится к периодической, а гироскопический и поворотный моменты отсутствуют.

Порывы ветра представляют собой многочастотный процесс, находящийся в диапазонах частот, примерно, от 0,001 до 10 Гц. При этом каждому значению частоты соответствует определенный цикл изменения напряжений. Динамическая реакция сооружения на ветровую нагрузку разделяется на две основные составляющие – квазистатическую (низкочастотную) и резонансную (высокочастотную) [1].

В настоящее время в арктической зоне РФ (ВЭС в пос. Тикси, в пос. Амдерма, в Анадырском районе) эксплуатируются ВЭУ установленной мощностью 0,05-0,3 МВт [2]. Максимальная частота вращения в зависимости от мощности установки составляет 40,5-48 об/мин. Частота изменения центробежной силы, вызванной вращением ветроколеса, находится в диапазоне от 0 (в состоянии покоя) до 0,8 Гц в рабочем режиме. Кроме того, имеет место лопастная частота до 2,4 Гц ($3 \times 0,8$ Гц). Амплитуда этих нагрузок зависит от величины фактического смещения центра масс ветроколеса относительно геометрического центра и будет увеличиваться вместе с частотой вращения ветроколеса [3].

Наиболее значимыми источником сейсмических нагрузок среди прочих для ВЭУ являются землетрясения (рис. 1). Сейсмические нагрузки на грунт основания как на среду распространения сейсмических волн зависят от особенностей волнового поля воздействия, упругих свойств грунтов, в которых оно распространяется, дистанции до источника и могут достигать 200 Гц в грунтах с жесткими связями [4]. Кроме того, сейсмические волны вызывают перемещения сооружения и, как следствие, инерционные нагрузки, зависящие от частот и форм собственных колебаний сооружения [5].

Каждая из приведенных динамических нагрузок создает определенные колебания напряжений и деформаций грунта, за счет изменения значений давлений по подошве

фундамента, сдвигающих сил и усилий, возникающих при прохождении сейсмических волн, что обуславливает риски проявления динамической неустойчивости грунта основания.

Динамическая неустойчивость грунта может проявляться в виде следующих реакций: усталостное разрушение, динамическое уплотнение/разуплотнение (вследствие динамической дилатансии), полная или частичная потеря прочности и ускорение ползучести (вследствие дилатантных и/или квазитиксотропных эффектов, циклической подвижности) [6].

Дилатантные эффекты характерны для несвязных грунтов, для связных грунтов характерно проявление тиксотропных свойств и ползучести. С ростом частоты нагружения при постоянной амплитуде возрастает энергия воздействия на грунт, что способствует прогрессирующему снижению прочности и ускорению ползучести.

Основной особенностью грунтов при отрицательных температурах является наличие 4-й фазы – льда, который представляет собой идеально текучее твердое тело, обладает ярко выраженной анизотропией свойств и ползучестью [7].

В табл. 1 приведена сводная классификация разновидностей незасоленных грунтов мерзлого класса, на основании и их возможные динамические реакции [8].

Из табл. 1 видно, что вязкость в мерзлом грунте, сложность и вариативность строения приводит к высокой изменчивости их динамической реакции при различной льдистости.

Таблица 1 – Динамическая реакция в соответствии с разновидностями мерзлых грунтов в арктической зоне РФ

Подкласс	Фракции	Состояние грунта	Возможная динамическая реакция
Скальные мерзлые	–	Твердомерзлые ($T < T_h$)	Усталостное разрушение
Дисперсные несвязные мерзлые	Крупнообломочные	Твердомерзлые ($T < T_h$)	Усталостное разрушение, ускорение ползучести
		Пластично-мерзлые ($T_h < T < T_{bf}$)	Уплотнение/разуплотнение, ускорение ползучести
		Сыпуче-мерзлые ($T < 0^\circ\text{C}$ и $Srf \leq 0,15$)	Уплотнение/разуплотнение
	Пески гравелистые, крупные и средние	Твердомерзлые ($T < T_h$)	Усталостное разрушение, ускорение ползучести
		Пластично-мерзлые ($T_h < T < T_{bf}$)	Уплотнение/разуплотнение, дилатантное разжижение, ускорение ползучести
		Сыпуче-мерзлые ($T < 0^\circ\text{C}$ и $Srf \leq 0,15$)	Уплотнение/разуплотнение
	Пески мелкие и пылеватые	Твердомерзлые ($T < T_h$)	Усталостное разрушение
		Пластично-мерзлые ($T_h < T < T_{bf}$)	Уплотнение/разуплотнение, дилатантное разжижение, ускорение ползучести
		Сыпуче-мерзлые ($T < 0^\circ\text{C}$ и $Srf \leq 0,15$)	Уплотнение/разуплотнение
Дисперсные связные мерзлые	Глинистые грунты	Твердомерзлые ($T < T_h$)	Усталостное разрушение
		Пластично-мерзлые ($T_h < T < T_{bf}$)	Уплотнение/разуплотнение, дилатантное/тиксотропное разжижение, ускорение ползучести
		Сыпуче-мерзлые ($T < 0^\circ\text{C}$ и $Srf \leq 0,15$)	Уплотнение/разуплотнение

Примечание: T – температура грунта; T_h – температурная граница твердомерзлого состояния грунта; T_{bf} – температура начала замерзания грунта; Srf – степень заполнения пор льдом и водой

Выводы:

1. Динамические нагрузки на основание ВЭУ преимущественно низкочастотные (до 10 Гц).
2. Скальные мерзлые грунты, а также твердомерзлые низкотемпературные грунты, подвержены усталостному разрушению при динамических нагрузках.
3. Сухие сыпучемерзлые пески могут уплотняться при высокой пористости, снижать прочность в результате разуплотнения или при циклической подвижности.
4. Пластично-мерзлые грунты могут проявлять дилатантные и тиксотропные эффекты в зависимости от состава твердой минеральной фазы, формы льда-цемента, скорости фильтрационных процессов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Никитин П.Н. Разработка и внедрение методов расчета высотных металлических конструкций на воздействие порывов ветра с выделением квазистатической и резонансной составляющих их реакции: 05.23.01: автореф. дис. ... канд. техн. наук / П.Н. Никитин; ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова». М. 2006.
2. Обзор российского ветроэнергетического рынка и рейтинг регионов России за 2020 год // Российская ассоциация ветроиндустрии [Электронный ресурс]. URL: <https://rawi.ru/wp-content/uploads/2021/07/rawi-report-2020.pdf> (дата обращения: 13.03.2022)
3. Елистратов В.В., Константинов И.А., Панфилов А.А. Нагрузки на элементы ветроэнергетической установки, на ее фундамент и основание: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1999.
4. Гурвич И.И., Боганик Г.Н. Сейсмическая разведка / 3-е изд., перераб. М.: Недра, 1980.
5. Елистратов В.В., Константинов И.А., Панфилов А.А. Динамические расчеты системы «Ветроэнергетическая установка–фундамент–основание». СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1999.
6. Вознесенский Е.А. Динамическая неустойчивость грунтов : 04.00.07 : автореф. дис. ... д-ра. геол.-мин. наук / М., МГУ им. Ломоносова. 2000.
7. Цытович, Н.А. Механика мерзлых грунтов (общая и прикладная). Учебн. пособие. М.: «Высшая школа», 1973.
8. ГОСТ 25100-2020. Грунты. Классификация. М.: Стандартинформ, 2020.

UDC 620.92

S.E. Krasnozhen, V.V. Elistratov
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

IMPLEMENTATION OF THE PRINCIPLES OF SOLAR ARCHITECTURE
ON THE EXAMPLE OF A ONE-STORY COTTAGE

The purpose of the work is to analyze the implementation of the principles of solar architecture in low-rise construction. Objectives of the work: 1) demonstrate a building model built using the principles of solar architecture; 2) calculate the energy requirement of the building, cover part of it, present the result graphically; 3) select a heat pump, heat collector, solar panels, complementing the architectural image of the building.

The relevance of the study is determined by the deteriorating situation in the world in the field of Global warming caused by human activity and is confirmed by the Paris Agreement 2015 on Climate Change. The use of renewable technologies in the construction industry can reduce a significant portion of greenhouse gas emissions into the atmosphere. One of the options for improving energy efficiency in homes is to implement the principles of solar architecture. Solar architecture is an approach to build that uses solar energy and energy efficient technologies [1].

To demonstrate the application of the stated theory, a building model built using the principles of solar architecture: an energy-efficient class A+ building with high insulation of envelopes, energy-efficient double-glazed windows mainly facing south, solar photovoltaics and thermal collector, the use of energy-efficient electrical appliances, recuperators, and heat pump.

To create a building model, the following conditions were accepted: the building is one-story, designed for a family of three, located in the Kaliningrad region in the village of Bolshoye Isakovo on the northern shore of Chisty Pond.

As can be seen from the fig. 1 (overall rooms area is 96 m²: 1 – kitchen-living room, 30.1 m²; 2 – bedroom, 12.3 m²; 3 – storeroom, 4.8 m²; 4 – boiler room, 7.7 m²; 5 – vestibule, 3.2 m²; 6 – sauna, 4.7 m²; 7 – shower, 3.5 m²; 8 – WC, 4 m²; 9 – bedroom, 13.9 m²; 10 – hall, 11.4 m²), the location of the rooms is chosen in such a way as to minimize the exposure of translucent structures to the north (non-residential premises are located on the northern part), maximizing the glazing area on the southern facade for heat gain in the winter season. In the summer, it is planned to cover the glazing from the sun with the help of visors on the south side to avoid the greenhouse effect. The 3-D model of the building, made in the Autodesk Revit software, is shown in fig. 2.

The basis of an energy-efficient building is its outer shell. The composition of the enclosing structures was selected to meet the necessary requirements for heat transfer resistance, as well as to better store thermal energy inside the building during the cold season and not let it in during the warm season, creating the effect of a thermos. Due to the location of the building on the territory of the Russian Federation, the methodology from SP 50.13330.2012 was used to calculate the thermal performance and energy passport of the building [2].

The heat transfer resistance of the outer wall is 3.84 (m²·K)/W (PIR insulation 50 mm thick), the attic floor is 4.01 (m²·K)/W (rock wool 150 mm thick), the Foundation is 5.02 (m²·K)/ W (PIR insulation 60 mm thick). Argon-filled Guardian Sunguard triple glazing with a heat transfer resistance of 1.55 (m²·K)/W was used. The design heat transfer resistance of the entrance door is 1.26 (m²·K)/W. It is assumed to use three recuperators with a design efficiency of 50%.

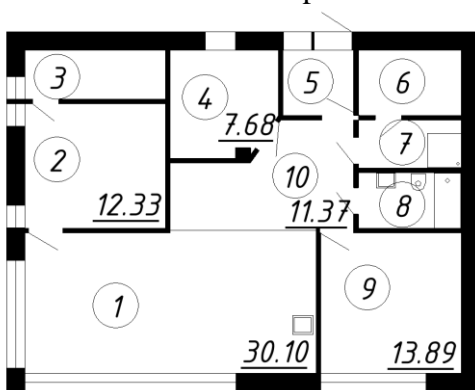


Fig. 1. Plan of the building

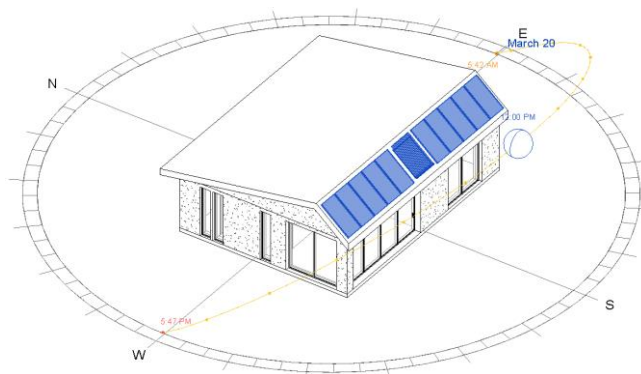


Fig. 2. 3-D model of the building with solar PV and thermal modules

The final calculated specific characteristic of the heat energy consumption for heating the building, q_{heat}^{est} is equal to 0.233 W/(m³·K), which corresponds to the energy saving class A+ with the deviation of the calculated value of the specific characteristic of the heat energy consumption for heating and ventilation of the building from the normalized one by 54%. Thus, the annual consumption of thermal energy for heating and ventilation of the building during the heating period is significantly reduced and amounts to 5500 kWh/year.

To design a hot water supply system (DHW) using a solar system, the manufacturer's recommendations were applied. Data on solar radiation and air temperatures were taken from NASA's public database. When choosing the value of the DHW consumption, it is not the maximum consumption of all points of use (as is the case with the selection of the volume of the boiler for DHW), but as the average expected daily consumption. Ideally, when developing a solar system into an existing building, measurements are taken, however, for design purposes, consumption for a family of 3 is assumed to be between 45 and 60 liters of hot water per person per day. The total water consumption is taken as 170 liters per day at a temperature of 50 degrees

Celsius. The manufacturer recommends underestimating the consumption value to avoid oversizing. Solar water heaters must store energy when insolation is available and store it until use. The manufacturer recommends accepting a larger storage volume for better system efficiency – so for a family of three, a storage volume of 300 liters is assumed. It is important to prevent overheating, so a heat rejection circuit must be installed, which can be, for example, an outdoor pool. The DHW system is supposed to be "System with a dual coil DHW tank". For the entire system, the use of a Vitosol 200-T SPE 18 tubes collector with a total surface area of 3.26 m² is assumed. However, due to the small amount of solar irradiation and low temperatures in the cold season, the use of only a solar system for hot water supply is not enough. The result of the introduction of solar thermal collectors is shown in fig. 3 [3, 4].

For heating purposes, as well as for heating hot water, when the solar system is not enough, a heat pump is supposed to be used. According to the manufacturer's methodology, air-to-water heat pump Vitocal AWS/AWS-AC 107 with seasonal performance factor (SPF) equal to 3.46 and ground-to-water heat pump Vitocal BWS 301.B06 with SPF equal to 5.24 and a well depth of 70 m were selected. It was decided to use ground-to-water heat pump due to a number of disadvantages of air-to-water heat pumps such as the need for an additional backup heater, the location of the heat pump itself on the facade of the building, as well as a lower SPF, which means more energy consumption during the heating season. Heating demand and heating production by a heat pump during the year is presented on fig. 3. If there is a shortage of thermal energy for hot water supply, it is assumed that the energy of the heat pump will be used, and if there is an excess, heat will be removed to the outdoor pool or to another heat rejection circuit [5, 6].

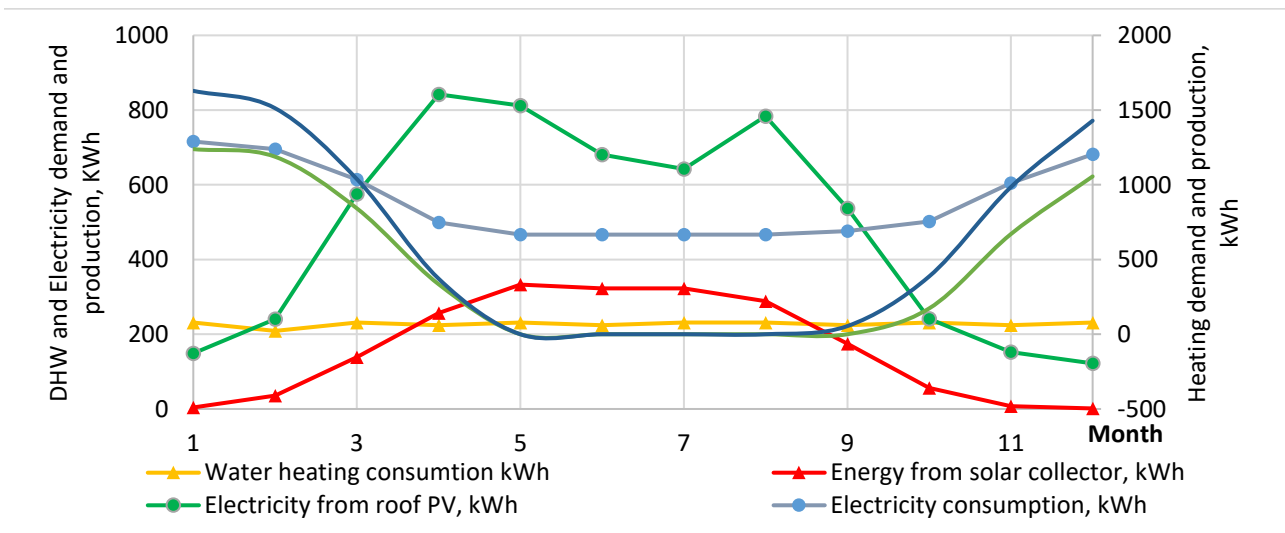


Fig. 3. Heating, Electricity, DHW energy demands and consumption

Along with lighting and household appliances, a heat pump also consumes electrical energy throughout the year. To cover this need, it is planned to use solar photovoltaic panels (solar PV) Hevel (the plant is located on the territory of the Kaliningrad region) Type B 395 W with an area of 2.1 m² and an efficiency of 23.8%, located on the roof with an optimal angle of 40 degrees in the amount of 10 pieces. It also assumes the use of a 20 kWh lithium-ion phosphate battery with an operating range of 60%, which will allow to operate without consuming electricity from the grid or directly from solar PV for 19 hours in July. Graphs of energy consumption and production are presented in fig. 3. It can be seen from it that there is an excess and a shortage of electric energy: with a lack of electric energy, it is supposed to buy it from a distributed network, and with an excess – to sell it, in accordance with Federal Law No. 471-FZ of December 27, 2019. Fig. 3 also shows that the production of energy from the solar system and from solar PV are not directly proportional – this is due to the dependence of the production of thermal energy from the solar system on the ambient temperature [7, 8].

Conclusions:

- a building model was developed with an A+ energy saving class, which can significantly reduce heating costs during the cold season;
- calculated the need for thermal energy of the building for heating, hot water supply, as well as the need for electricity, that is fully or partially covered by renewable energy sources, which is directly related to the reduction of greenhouse gas emissions into the atmosphere;
- the types and models of the heat pump, solar system and solar PV panels were selected in such a way as to complement the architectural appearance of the building;
- successfully demonstrated the implementation of solar architecture principles in the building model, which significantly reduce the building's operating costs, carbon footprint, and increase the spread of energy-saving technologies and renewable energy sources.

REFERENCES

1. Krasnozhen S.E. and Elistratov V.V. Classification of the principles of solar architecture for low-rise construction, in Week of Science ICE, 2021, pp. 368–370 (rus).
2. SP 50.13330.2012 Thermal protection of building. Ministry of Regional Development Russian Federation, 2012 (rus).
3. Viessmann. System Design Guide. Vitosol 200-T, 2016.
4. NASA, ArcGIS Web Application, Nasa.gov, 2018. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> (accessed Mar. 20, 2022).
5. Viessmann. Technical Guide. Vitocal 200-S, 2010.
6. Viessmann. Technical Guide. Vitocal 200-G, 2016.
7. HEVEL. Building integrated photovoltaic solutions.
8. Federal Law No. 471-FZ of December 27, 2019 "On Amendments to the Federal Law "On the Electric Power Industry" in Part of the Development of Microgeneration" (rus).

УДК 620.91

А.И. Овчинникова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАСЧЕТ ВЫРАБОТКИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЧАСТНОГО ДОМА В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В настоящее время в солнечной энергетике наблюдается активное развитие. В нашей стране на конец 2020 г построено около 1,7 ГВт солнечных электростанций [1]. Для расчета систем, использующих солнечные батареи или коллекторы, первостепенную роль имеет значение солнечной инсоляции.

Целью данной работы является проведение анализа интенсивности солнечной радиации (СР) на территории Ленинградской области и расчет выработки фотоэлектрической установки для частного дома.

Задачи работы:

- провести оценку интенсивности солнечного излучения для Ленинградской области на основе данных наблюдений из климатологического справочника;
- рассчитать приход солнечной энергии на наклонную поверхность для реальных условий облачности для выбранной точки;
- рассчитать суммарную выработку электроэнергии с помощью принятых солнечных батарей.

Для оценки ресурсов солнечной энергии СР в Ленинградской области был использован «Научно-прикладной справочник по климату СССР» [2]. В нем представлены данные актинометрических наблюдений суммарной СР при средних условиях облачности по

месяцам для 6 пунктов Ленинградской области. Наибольшие значения приходятся на пункты: Воейково, Новая Ладога и Белогорка.

В работе [3] приведены данные о поступлении солнечной энергии в Ленинградской области. На рис. 1 представлена карта районирования Ленинградской области по годовым суммам суммарной $СР$, поступающей на горизонтальную поверхность. Больше всего солнечной энергии (более 3400 МДж/м² год) получают побережья и острова Ладожского озера и Финского залива. Исходя из этого в качестве района проектирования был выбран юг побережья Ладожского озера. Для проектируемого коттеджа было выбрано садоводческое товарищество «Ольховское», находящееся недалеко от г. Новая Ладога с координатами 59.925114°, 31.264633° (рис. 1).

Для определения прихода солнечной энергии на горизонтальную и наклонную поверхность использовалась методика [4]. Плотность полного солнечного излучения, поступающего на горизонтальную поверхность в реальных условиях облачности, определяется как:

$$E_{гор\ i}^{пол\ p} = E_{гор\ i}^{пр\ p} + E_{гор\ i}^{диф\ p},$$

где $E_{гор\ i}^{пр\ p}$ – плотность прямого солнечного излучения; $E_{гор\ i}^{диф\ p}$ – плотность прямого диффузного излучения.

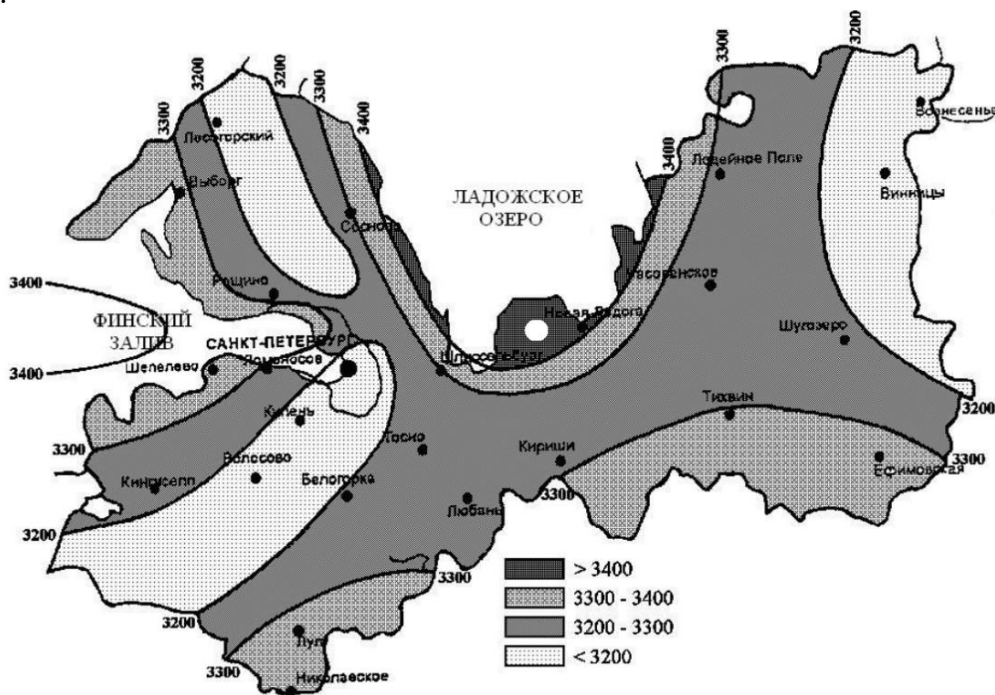


Рис. 1. Поступление солнечного излучения на горизонтальную поверхность для чистого неба, Вт/м²

Суммарная энергия потока прямого солнечного излучения, поступающего на горизонтальную поверхность в течение расчетного светового дня:

$$W_{гор\ n}^{пол} = \int_{t_M^{восх}}^{t_M^{зах}} E_{гор}^{пол\ p}(t) dt,$$

где $t_M^{зах}$, $t_M^{восх}$ – время захода, восхода солнца.

В результате расчетов были построены графики поступления солнечного излучения в течение года на горизонтальную и наклонную поверхность при средних условиях облачности (рис. 2).

Для реальных условий облачности максимальное значение солнечной радиации на горизонтальную поверхность наблюдается в июле и составляет 567,19 МДж/м²мес, минимальное – в январе и составляет 15,9 МДж/м²мес. Годовая суммарная СР составляет 3261,92 МДж/м²год, что немного меньше значения (3400 МДж/м²год), полученного в работе [4]. Для ориентированной поверхности соответствующие значения для мая и января составляют 712,86 МДж/м²мес и 32,16 МДж/м²мес.

Для реальных условий облачности максимальное значение солнечной радиации на горизонтальную поверхность наблюдается в июле и составляет 567,19 МДж/м²мес, минимальное – в январе и составляет 15,9 МДж/м²мес. Годовая суммарная СР составляет 3261,92 МДж/м²год, что немного меньше значения (3400 МДж/м²год), полученного в работе [4]. Для ориентированной поверхности соответствующие значения для мая и января составляют 712,86 МДж/м²мес и 32,16 МДж/м²мес.

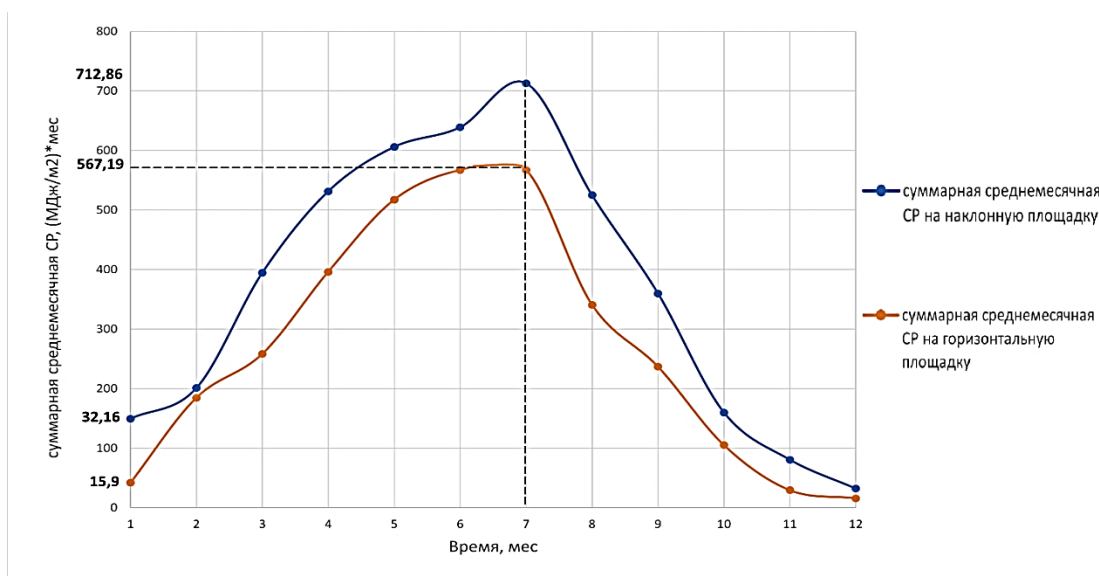


Рис. 2. Суммарная среднемесячная СР, (МДж/м²)мес

Кровля проектируемого здания имеет наклон 45°. Суммарная площадь принятых фотоэлектрических модулей Хевел NVL-395/НЛ с КПД равной 0,2 и площадью 2 м² составляет 50 м² [5]. Суммарная выработка электроэнергии с помощью солнечных батарей представлена на рис. 3.

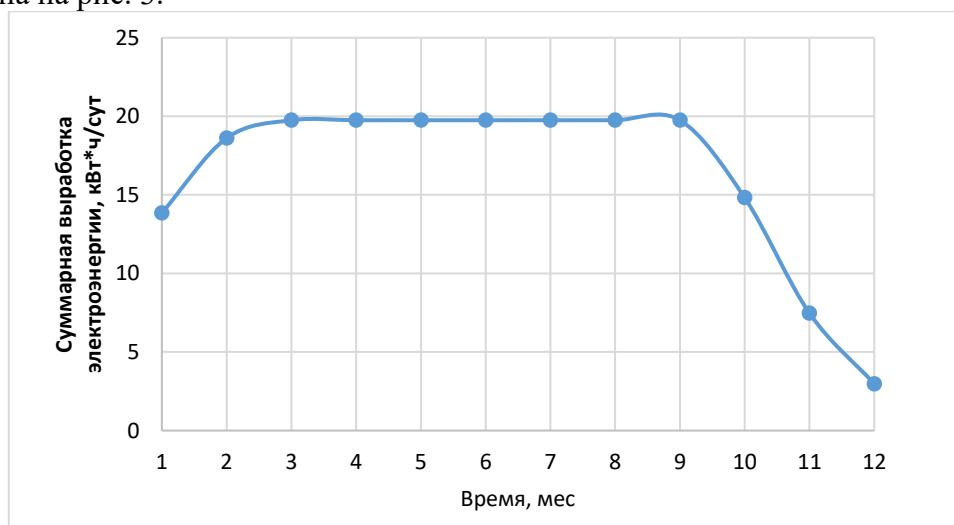


Рис. 3. Суммарная выработка электроэнергии, кВт·ч/сут.

Выводы:

- максимальная выработка электроэнергии составляет 19,75 кВт·ч/сут.; минимальная – 2,97 кВт·ч/сут.
- на основе данных многолетних наблюдений из климатологического справочника была произведена оценка поступления солнечного излучения на горизонтальную поверхность для Ленинградской области;
- для рассматриваемой точки получены значения месячной суммарной солнечной радиации для реальных условий облачности, поступающей на горизонтальную поверхность (567,19 МДж/м²мес в июле, 15,9 МДж/м²мес в январе) и ориентированную поверхность (712,86 МДж/м²мес в июле и 32,16 МДж/м²мес в январе);
- рассчитана среднесуточная суммарная выработка электроэнергии для каждого месяца для выбранных солнечных панелей. Максимальное значение составляет 19,75 кВт·ч/сут.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бутузов В.А. Анализ показателей балансов электрической энергии и мощности ЭЭС России за IV квартал 2020 г. / Системный оператор единой энергетической системы. 2021. URL: https://www.sops.ru/fileadmin/files/company/reports/ups-review/2021/ups_balance_analysis_2020q4.pdf
2. Научно-прикладной справочник по климату СССР в 30 томах. Многолетние данные. СПб.: Гидрометеиздат, 1990.
3. Пигольцина Г.Б. Ресурсы солнечной радиации Ленинградской области / Общество. Среда. Развитие. 2009. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/resursy-solnechnoy-radiatsii-leningradskoy-oblasti>.
4. Елистратов В.В., Грилихес В.А., Аронова Е.С. Солнечные энергоустановки. Оценка солнечного излучения: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2008.
5. Солнечная батарея для дома и дачи HVL-395/HJT / hevelsolar.com URL: <https://spb.hevelsolar.com/catalog/solnechnye-batarei/modul-fotoelektricheskii-hvl-395hjt/>

UDC 620.92

M.S. Gnatenko, I.G. Kudryasheva
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

APPLICATION OF THERMAL WINDOW STRUCTURES IN COTTAGE CONSTRUCTION

The purpose of the work is to substantiate the effectiveness of the use of thermal window enclosing structures in cottage construction.

For heating a private residential building, it is proposed to consider thermal double-glazed windows with electric heating (fig. 1).

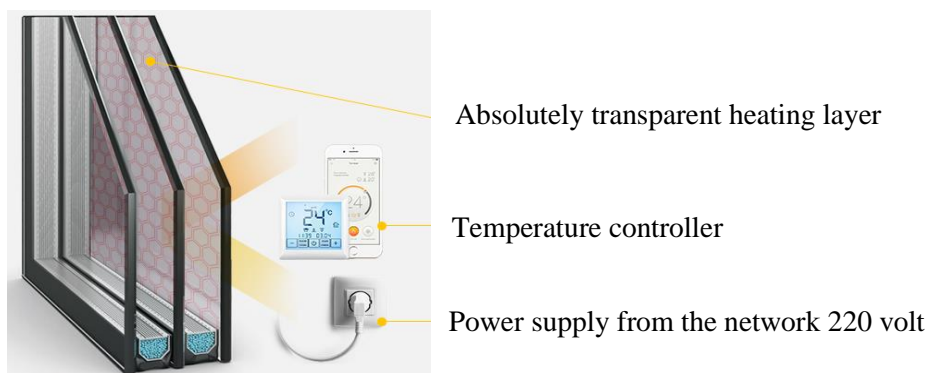


Fig. 1. The principle of operation of the thermal double-glazed window

These double-glazed windows heat the room by supplying a specially applied layer from the mains, heating the inner glass to the required comfortable temperature in the room. Thermal radiation directed outside is reflected from the central glass into the room, thereby reducing heat loss through window structures.

In table 1 there are represented various manufacturers of such window structures.

Table 1 – Evaluation of thermal double-glazed windows of various manufacturers

Manufacturing company	Power consumption*, W/m ²	Price, rub/m ²	Efficiency, %
Thermoglass [1]	100–300 (200)	14500	90
Izolux [2]	50–150 (100)	12500	86
Hatrack Patteri [3]	30–130 (80)	17000	95

*For room temperature 30°C

The most optimal in terms of price, power consumption and the efficiency of converting electricity for heat radiation are thermal insulating glass units from the Izolux company, the cost of which is 12,500 rubles/m² [4].

The basis of energy consumption in a private house is space heating during the cold period. In [4], it was found that the total cost of heating a house with an area of 108 m² for a family of 4 is 21,292 kWh (18.3 Gcal) per year. A hydrogen boiler powered by a system of 75 solar panels was used to provide heating and hot water. Electricity consumption for heating was 10,500 kWh per year (with the duration of the boiler operation 17 hours a day during the winter heating period). This mode of operation of this equipment causes increased wear and reduces the standard period of its operation. In this project, it is proposed to replace standard double-glazed windows with a glazing area of 25 m² for Izolux thermal double-glazed windows. With an average consumption of 100 W/m² per hour, this thermal double-glazed window produces up to 309.6 kW/m² of radiated heat energy – with the required 3.5 kW, i.e. the duration of their operation in the generation mode is reduced by 90 times.

For the calculation, the area of window thermal double-glazed windows is taken equal to 9 m².

The required operating time of the thermal insulating glass system per day is determined by the formula:

$$t = \frac{Q}{vmn},$$

where Q – amount of required thermal energy, kWh; $v = 309.6$ kW/m² – radiated thermal energy per 1 m² per hour; $S = 9$ m² – glazing area; $m = 254$ days – duration of the heating period [6].

$$t = \frac{21292}{309,6 \cdot 9 \cdot 254} = 0,03 \frac{\text{h}}{\text{day}} = 2 \frac{\text{min}}{\text{day}} = 4,5 \frac{\text{sec}}{\text{h}}.$$

That is, to maintain a constant required temperature in the room, it is necessary to periodically operate the thermal glass unit on average 5 seconds per hour during the entire heating period. Thus, these designs have a minimum load on the thermal system.

In [4], it was found that the total cost of providing this cottage with electricity and heat, as well as hot water in accordance with the accepted tariffs [5] amounted to 65,132.30 rubles per year.

Taking into account the cost of equipment: a hydrogen boiler worth 260,000 rubles [6], 75 solar panels worth 10,000 rubles per unit [7] and thermal double-glazed windows costing 12,500 rubles/m² [3] (with an estimated glazing area of 9 m²), the total costs are 1,122,500 rubles.

Conclusions. The simple payback period for the proposed thermal insulating glass system is 17 years. With a standard operating life of 25 years, the system will save funds in the amount of 505,807.50 rubles at current prices, which will be 45% of the cost of purchasing future components at the end of the service life.

REFERENCES:

1. Thermal insulating glass of Thermoglass company. – URL: <https://thermo-glass.ru/steklopakety-s-obogrevom/> – (date of treatment 03/20/2022).
2. Thermal double-glazed windows of Izolux company. – URL: <https://izolux.ru/steklopakety/vidy-steklopaketov/steklopaket-s-elektronagrevom/> – (date of treatment 03/20/2022).
3. Electronic resource. Thermal double-glazed windows of Hatrick Patteri company. – URL: <https://glazingmag.ru/teplye-okna-patteri/> – (date of treatment 03/20/2022).
4. Gnatenko M.S., Kudryasheva I.G. Energy supply of country house using renewable energy sources // Week of Science ICE, 2021, pp. 415–417.
5. Decree of the Committee on Tariffs and Pricing Policy of the Leningrad Region dated December 18, 2020 No. 478-p.
6. Comparison of a hydrogen boiler with other heating devices – URL: http://www.topclimat.ru/publications/hydrogen_heater_myths_reality_perspectives.html – (date of treatment 03/20/2022).
7. Helios House power plant. – URL: <https://www.helios-house.ru/solnechnye-elektrostantsii/113-elektrostantsiya-solnechnyy-dom/view-details.html> – (date of treatment 03/20/2022).

UDC 620.92

Ngambi Kennedy, I. Togo
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

PASSIVE COOLING TECHNIQUES FOR RESIDENTIAL BUILDINGS IN SUB-TROPICAL CLIMATES

Climate change presents a major risk and challenge to humans, buildings, and building-related systems through its pronounced effects of flooding, droughts and high temperatures which are expected to increase in frequency and intensity in the next coming years[1]. The extreme temperatures cause heatstroke, heat exhaustion and other heat-related diseases to mostly vulnerable populations and low-income households [2].

Therefore, buildings should be designed, constructed, and operated in a manner that is resilient to the effects of climate change and with intent to provide comfortable indoor environmental conditions for its occupants. Climate responsive strategies such as passive cooling (fig. 1) and use of locally adapted and sustainable materials for building energy efficiency design, construction and operation requires a thorough understanding of local climatic conditions [3].

For cities in sub-tropical climatic regions of Sub-Saharan Africa which are characterized by year-round warm temperatures and high humidity [4], cooling of residential buildings becomes a challenging undertaking especially for the disadvantaged communities [5].

Purpose. This article strives to make a comprehensive review of various passive cooling techniques with thematic focus on their application, performance parameters and affordability in residential buildings located in the Sub-tropical climatic regions. The article is formulated based on a systematic review of various literature ranging from peer reviewed journals to analytic reports, and case studies [1–8].

A substantial number of peer reviewed journals that were reviewed, identified certain limitations in their conducted studies that range from the type of buildings and their characteristics to environmental conditions surrounding the various residential buildings under study. Hence taking into considerations of these limitations, the researchers conclusively recommended a combination of a few passive cooling strategies to achieve the desired indoor environmental conditions and contribute to reduction in energy demand for cooling.

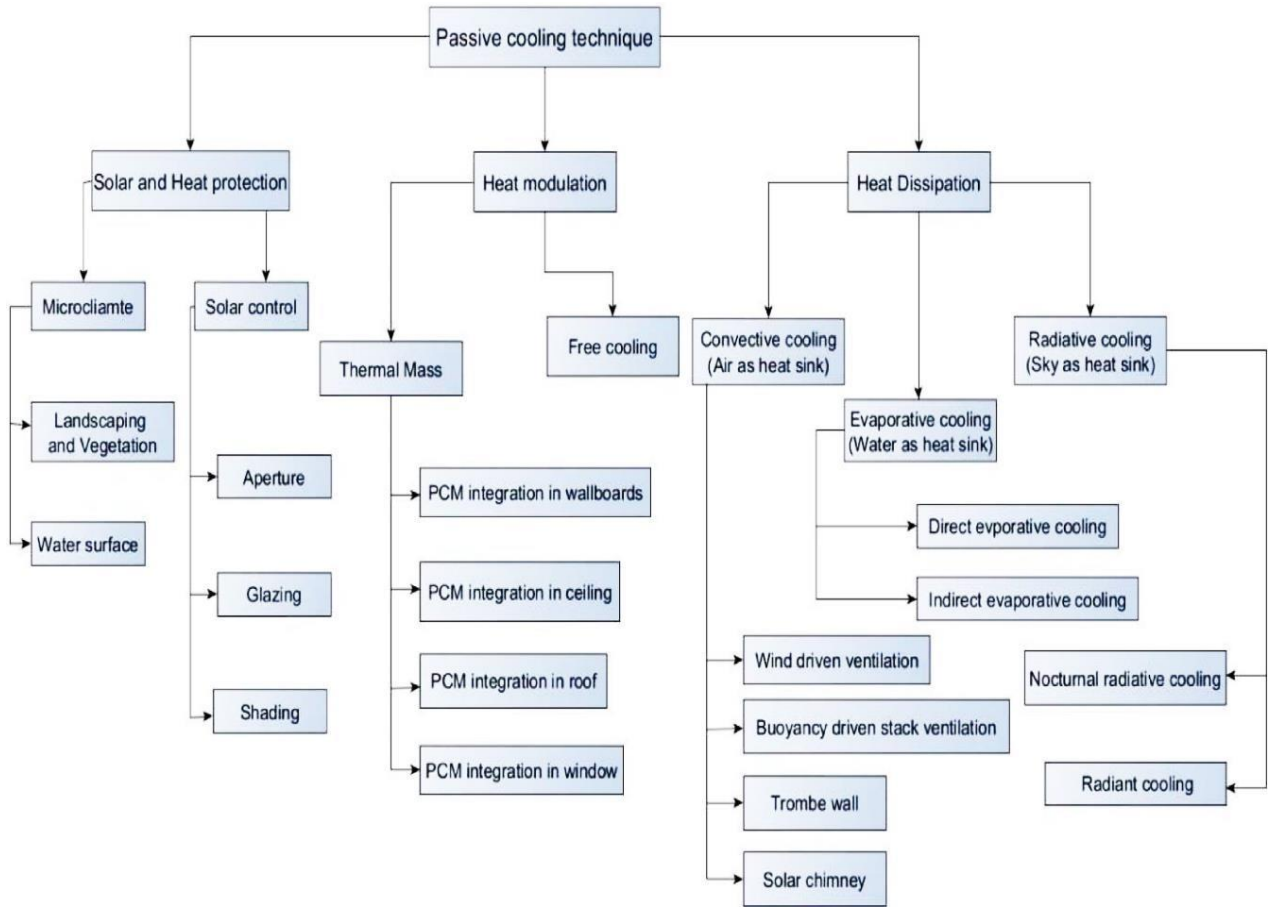


Fig. 1. Passive cooling techniques

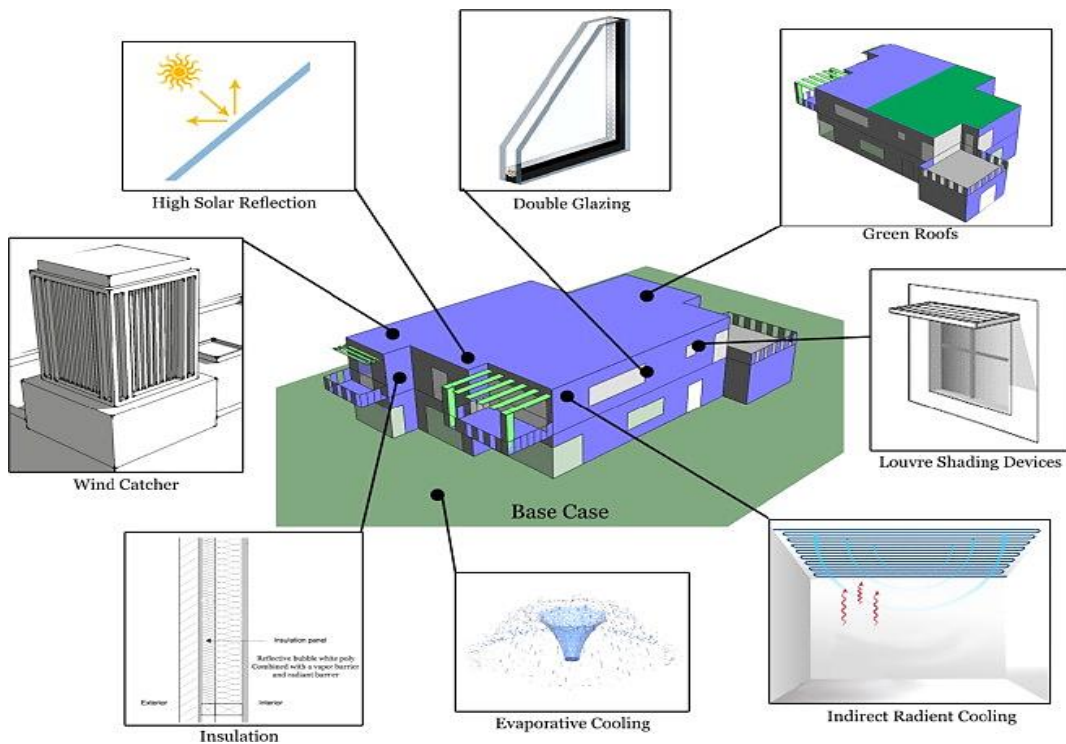


Fig. 2. Selected passive cooling techniques

Further, Taleb [9], in his case study, applied eight passive cooling strategies (fig. 2) with the use of an energy simulation software to assess the performance of the building. The results indicated that the temperatures achieved were within the comfort zone and a further analysis showed a potential reduction of cooling loads by 9 per cent.

Juan [10], studied the influence of various passive cooling design strategies and building characteristics on the indoor overheating risk of an apartment through 3,840 simulation cases. The strategies and characteristics included natural ventilation, wall absorptance, perimeter buffer type of semi-outdoor space, wall thermal transmittance, Wall-to-Wall Ratio (WWR) and dwelling floor area. The results of the multivariate regression models demonstrated that natural ventilation, wall absorptance, the solar heat gain coefficient, and semi-outdoor spaces had the greatest impact in lowering overheating risks in buildings.

Conclusion. An evaluation of the selected studies provides a conclusive approach of integrating various passive cooling strategies with reliance on the control of environmental and internal loads to maintain indoor thermal environments within comfort ranges and reduce cooling loads. The expectations are that the methodology and findings of this review will inform building designers and policy makers in developing countries to develop effective and targeted strategies that foster residential building resilience to sub-tropical climatic conditions.

REFERENCES:

1. Zhang C. et al. Resilient cooling strategies – A critical review and qualitative assessment. *Energy Build.*, vol. 251, p. 111312, 2021, doi: 10.1016/j.enbuild.2021.111312.
2. U. S. E. P. Agency. "Extreme Heat: What You Can Do to Prepare", no. October, 2016.
3. Xiong J., Yao R., Grimmond S., Zhang Q., and Li B. A hierarchical climatic zoning method for energy efficient building design applied in the region with diverse climate characteristics. *Energy Build.*, vol. 186, pp. 355–367, 2019, doi: 10.1016/j.enbuild.2019.01.005.
4. Gido B., Friedler E., and Broday D.M. Assessment of atmospheric moisture harvesting by direct cooling. *Atmos. Res.*, vol. 182, pp. 156–162, 2016, doi: 10.1016/j.atmosres.2016.07.029.
5. Sun K., Zhang W., Zeng Z., Levinson R., Wei M., and Hong T. Passive cooling designs to improve heat resilience of homes in underserved and vulnerable communities. *Energy Build.*, vol. 252, p. 111383, 2021, doi: 10.1016/j.enbuild.2021.111383.
6. Carriero D. et al. United Nations Economic Commission for Europe Joint Task Force on Energy Efficiency Standards in Buildings Mapping of Existing Energy Efficiency Standards and Technologies in Buildings in the UNECE Region," pp. 14–15, 2017, [Online]. Available: <http://www.unece.org/housing/eestandardsinbuildings.html>.
7. Iwaro J. and Mwashia A. A review of building energy regulation and policy for energy conservation in developing countries. *Energy Policy*, vol. 38, no. 12, pp. 7744–7755, 2010, doi: 10.1016/j.enpol.2010.08.027.
8. Aflaki A., Mahyuddin N., Al-Cheikh Mahmoud Z., and Baharum M.R. A review on natural ventilation applications through building façade components and ventilation openings in tropical climates. *Energy Build.*, vol. 101, pp. 153–162, 2015, doi: 10.1016/j.enbuild.2015.04.033.
9. Taleb H.M. Using passive cooling strategies to improve thermal performance and reduce energy consumption of residential buildings in U.A.E. buildings. *Front. Archit. Res.*, vol. 3, no. 2, pp. 154–165, 2014, doi: 10.1016/j.foar.2014.01.002.
10. Gamero-Salinas J., Monge-Barrio A., Kishnani N., López-Fidalgo J., and Sánchez-Ostiz A. Passive cooling design strategies as adaptation measures for lowering the indoor overheating risk in tropical climates. *Energy Build.*, vol. 252, p. 111417, 2021, doi: 10.1016/j.enbuild.2021.111417.

ЦИФРОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО МОДУЛЬНОГО ФУНДАМЕНТА
АРКТИЧЕСКОЙ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Цель работы – создание цифровой модели универсального модульного фундамента для эксплуатации ВЭУ в Арктической зоне РФ.

Для достижения поставленной цели были решены две основные задачи: сформулированы основные требования к фундаменту арктической ВЭУ мощностью до 500 кВт и выполнено цифровое проектирование модульного фундамента (прецифровой двойник).

Основные требования:

- конструкция фундамента должна обеспечивать устойчивость и надёжность конструкции ВЭУ в условиях вечной мерзлоты;
- конструкция фундамента должна быть построена по модульному (секционному) принципу для удобства доставки и монтажа;
- модули фундамента должны иметь минимально возможную массу при сохранении несущей способности;
- основной вес фундамента должен набираться за счёт местных материалов в виде обратной засыпки;
- материал исполнения основных узлов фундамента должен отвечать требованиям прочности и выносливости во всём диапазоне температур окружающей среды [1].

На основании вышеприведенных требований был разработан вариант фундамента, состоящего из отдельных полых модулей, которые крепятся посредством болтовых соединений [2]. Конструкция фундамента учитывает условия доставки на север в короткий навигационный период, простой монтаж без использования тяжелой подъёмно-транспортной техники и сварки на месте строительства. Состоит фундамент из трех основных элементов: внутренний модуль (для соединения башни с фундаментом), опорный модуль (для соединения элементов фундамента), боковые модули (для придания веса конструкции и устойчивости) (рис. 1).

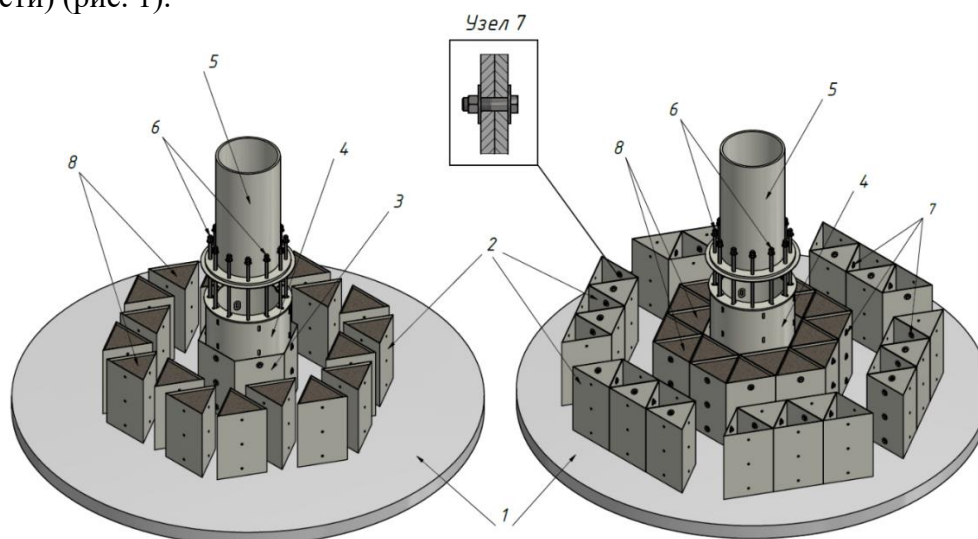


Рис. 1. Модульный фундамент арктической ВЭУ

Модульный фундамент мелкого заложения для ВЭУ собирается в следующей последовательности: на основание 1 устанавливается центральный модуль 3, в который опускается внутренний модуль 4. Модули соединяются друг с другом при помощи разъёмных соединений 7. На следующем этапе устанавливается необходимое количество концентрических рядов внешних модулей 2, которые соединяются с центральным модулем 3 и между собой при помощи разъёмных соединений 7 (например, болтовых). На следующем этапе, после размещения фундамента на месте эксплуатации, внешние модули заполняются обратной засыпкой 8. Башня 5 крепится при помощи анкерных болтов 6 к внутреннему модулю 4.

Для создания цифровой модели был проведен анализ САД ориентированных программных комплексов, которые позволяют выполнить построение отдельных элементов конструкции на основании параметрических зависимостей, а также выполнить сборку всех частей с установлением физических зависимостей между элементами. Разработка и создание зависимостей основных параметров фундамента (количество модулей, высота фундамента, толщина стенки, количество болтовых соединений, длина стороны модуля) от заданных условий позволяет использовать цифровые семейства и моментально изменять характеристики в зависимости от исходных данных. Таким образом, обеспечивается универсальность данного подхода, а цифровая модель может быть использована в создании опорной конструкции ВЭУ для различных природно-климатических и ветровых условий местности. САД модель может быть использована для создания САЕ модели, которая включает в себя систему нагрузок. Совокупность САД и САЕ модели может быть представлена как прецифровой двойник [3].

Для создания САД модели могут быть использованы различные программные комплексы. Одним из основных требований к программе является наличие алгоритма автоматизированной передачи информации о моделях в современных и универсальных форматах файлов, таких как STEP AP203, AP214 (файлы *.stp/*.step), STL (файлы *.stl), IGES (файлы *.igs/*.iges), Parasolid (файлы *.x_t, *.x_b, *.xmt_txt, *.xmt_bin), ACIS (файлы *.sat) и др. [4, 5]. Поддержка вышеуказанных форматов позволяет выполнять проекты в различных цифровых средах, в зависимости от поставленных задач, и компилировать выполненную работу.

Для создания математической модели разрабатываемой конструкции, моделирования и изучения физических процессов используются САЕ-программы. Говоря о программных комплексах класса САЕ, стоит отметить, что на рынке представлены САЕ-системы различного уровня сложности и ориентированные под различные типы задач: наиболее распространённые приложения класса САЕ относят к FEM-моделированию (Finite Elements Method) или метод конечных элементов (МКЭ), который используется для решения задач механики деформируемого твёрдого тела, теплообмена, гидродинамики, электродинамики и топологической оптимизации. Также различают класс CFD-моделирования (Computational Fluid Dynamics) или вычислительную гидродинамику, классы задач динамики твердых тел и математического моделирования и оптимизации. Мировыми лидерами, имеющими опыт в области САЕ, являются такие компании как ANSYS, Dassault Systemes, Autodesk, Altair Engineering [6].

Для разработки прецифрового двойника модульного фундамента ВЭУ использовался программный комплекс Inventor – для построения 3D моделей и ПК ANSYS – для расчета напряженно деформированного состояния. В результате цифрового проектирования была получена модель модульного фундамента в сборе (рис. 2) и выполнен расчет несущей способности фундамента (рис. 3). Расчет показал, что конструкция фундамента способна выдерживать возникающие на ВЭУ нагрузки.

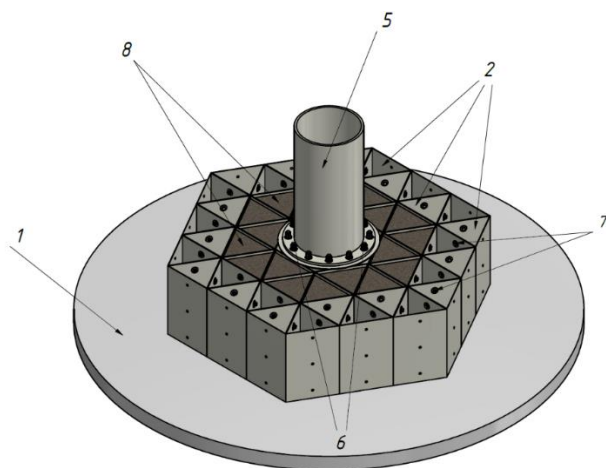


Рис. 2. Модульный фундамент арктической ВЭУ в сборе

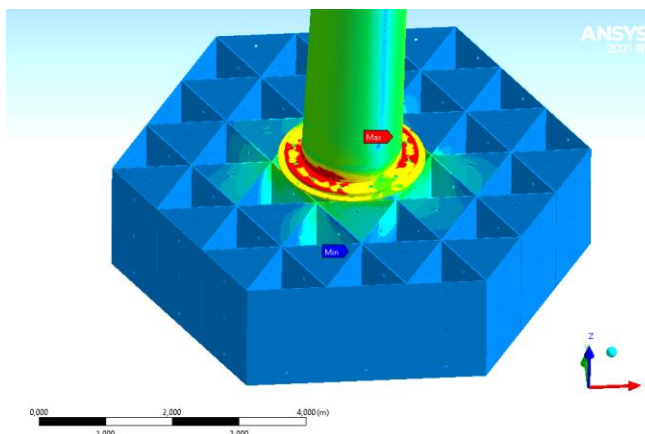


Рис. 3. Приведенные напряжения, возникающие в конструкции ВЭУ

В работе были получены следующие результаты:

1. Сформулированы основные требования к фундаменту ВЭУ арктического исполнения.
2. Разработан универсальный модульный фундамент арктической ветроэлектрической установки, который состоит из стальных модулей, крепится без использования сварки, является транспортабельным и позволяет выполнить монтаж без использования тяжелой подъемно-транспортной техники.
3. Выполнен обзор и анализ современных программных комплексов для создания цифровой модели модульного фундамента (CAD и CAE).
4. Выполнено построение прецифрового двойника модульного фундамента ВЭУ в ПК Inventor и ПК ANSYS. Получены результаты расчета НДС конструкции, которые доказывают, что разработанная конструкция фундамента является работоспособной и выдерживает возникающие нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Петров С.Г., Панфилов А.А. Конструктивно-технологические особенности строительства модульных ветроэнергетических установок арктического исполнения // Неделя науки СПбПУ: мат-лы научной конф. с междунар. участием, лучшие доклады, СПб: СПбПУ, 2019. С. 36-41.
2. Пат. 207608 Российская Федерация, МПК E02D 27/42 (2006.01). Универсальный модульный фундамент арктической ветроэлектрической установки / Елистратов В.В., Панфилов А.А., Петров С.Г.; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО СПбПУ. – №2021122873; заявл. 30.07.21; опубл. 03.11.21, Бюл. № 31 – 8 с.
3. Прохоров А., Лысачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. Научный редактор проф. Боровков А. М.: ООО «АльянсПринт», 2020.
4. Сравнение 3D-форматов Исследование компании PROSTEP [Электронный ресурс]. – URL: http://www.cadcamcae.lv/hot/PROSTEP_n64_p53.pdf (Дата посещения: 14.03.2022).
5. Канаев К.А., Фалеева Е.В., Пономарчук Ю.В. Сравнительный анализ форматов обмена данными, используемых в приложениях с клиент-серверной архитектурой // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2-25. – С. 5569-5572; URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38464> (дата обращения: 14.03.2022).
6. Global Simulation and Analysis Software Market Size, Status and Forecast 2021-2027 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.orbisresearch.com/reports/index/global-simulation-and-analysis-software-market-size-status-and-forecast-2021-2027?utm_source=Govind Дата посещения: 14.03.2022).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕТАНДЕР-ГЕНЕРАТОРНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ, УДАЛЁННЫХ ОТ МАГИСТРАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Цель работы – анализировать номинальную располагаемую мощность, которую можно получить при внедрении детандер-генераторного агрегата для обеспечения энергией объектов, удалённых от магистральных электрических сетей.

Задачи работы:

1. Определить актуальность внедрения энергоэффективных установок для выработки электроэнергии.

2. Оценить номинальную располагаемую мощность детандер -генераторного агрегата.

За последние годы в Республике Узбекистан проведена масштабная работа по обеспечению жильем сельского населения за счет строительства доступных жилых домов по обновленным типовым проектам. В соответствии с Программой по строительству доступных жилых домов по обновленным типовым проектам в сельской местности на 2017-2021 гг., построено более 53 тысяч доступных жилых домов и квартир по обновленным типовым проектам, около 65 тысяч нуждающихся в улучшении жилищных условий семей обеспечены жильем.

Вместе с тем по итогам изучения хода реализации Программы, показавшей высокую потребность в доступном жилье в сельской местности, выявлен ряд недостатков в организации строительства и обеспечении нуждающихся семей жильем, требующих выработки новых подходов. В целях полного удовлетворения повышенного спроса населения на жилье посредством эффективной организации строительства доступных жилых домов, рационального использования земельных ресурсов, развития инженерно-транспортных коммуникаций и инфраструктуры населенных пунктов определено АО «Узбекэнерго» обеспечить бесперебойное электроснабжение доступных многоквартирных домов.

В настоящее время энергосбережение в республике должно стать важнейшим направлением в энергетике государства, так как благодаря ему можно решать многие проблемы: снижение добычи первичных энергоресурсов, уменьшение выбросов вредных веществ в атмосферу при производстве электрической и тепловой энергии, снижение потребностей в крупных инвестициях в отрасль, и как следствие повышение экономического эффекта [1].

В этой связи приоритетным направлением развития энергетики является внедрение современных высокоэффективных технологий и оборудования, обеспечивающих энергией в удалённых местностях. Использование вторичных энергоресурсов в виде энергии, определяемой избыточным давлением транспортируемого природного газа, стало одной из приоритетных направлений энергосбережения, поскольку позволяет более рационально использовать энергетические ресурсы, снижать выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду, повышать эффективность промышленного производства. Использование технологического перепада давления транспортируемого природного газа в системе добычи и транспортировки газа связано с применением детандер-генераторных агрегатов (ДГА) на газораспределительном пункте (ГРП).

В мировой практике накоплен значительный опыт успешной эксплуатации ДГА, который определяется, прежде всего, меньшими удельными капитальными затратами и удельными расходами топлива на выработку электроэнергии, чем на паротурбинных энергоблоках [2].

Соответственно, для бесперебойного обеспечения электроэнергии на собственные нужды и во внешнюю цепь использование ДГА на газораспределительных пунктах (ГРП) является более чем целесообразным для генерации чистой электроэнергии, так как эффективность производства электроэнергии по технологиям с применением детандеров в два раза выше, чем на современных электростанциях. Результаты расчетов для условий работы ГРП показывают, что такая установка позволяет полезно использовать свыше 70% электроэнергии, выработанной ДГА [3–4].

Оценка располагаемой мощности ГРП, которая может быть получена при помощи турбодетандерного агрегата, определялась при определённых допущениях, принимаемых для упрощения расчёта без существенного снижения его достоверности [5–6].

Для расчёта были приняты фактические значения природного газа на двух газораспределительных пунктах среднего давления (табл. 1).

Таблица 1 – Исходные данные природного газа

Наименование	Значение	
	ГРП 1	ГРП 2
Расход газа G , м ³ /сут.	790000	810000
Давление входное $P_{вх}$, МПа	0,6	0,6
Давление выходное $P_{вых}$, МПа	0,15	0,15
Температура входа $t_{вх}$, °С	40	40

Номинальная располагаемая мощность, которая может быть получена при помощи ДГА:

$$N_{ДГА} = GH_{АД}\eta, \text{ кВт},$$

где G – массовый расход природного газа, кг/с; $H_{АД}$ – перепад энтальпии, кДж/кг; η – общий КПД ДГА.

Перепад энтальпии при адиабатическом процессе расширения газа в детандер-генераторе:

$$H_{АД} = \frac{k}{k-1} zRT \left(1 - \left(\frac{P_{ВЫХ}}{P_{ВХ}} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right), \text{ кДж/кг},$$

где z – коэффициент сжимаемости; k – объёмный показатель адиабаты; R – индивидуальная газовая постоянная, Дж/кг·К; T – температура газа на входе в ДГА, °К; $P_{вх}$ – давление газа на входе в ДГА, МПа; $P_{вых}$ – давление газа на выходе из ДГА, МПа.

При выполнении расчётов были вычислены номинальные располагаемые мощности с учётом КПД самого агрегата и электрогенератора (табл. 2).

Таблица 2 – Расчётные значения

Наименование	Значение	
	ГРП 1	ГРП 2
Перепад энтальпии при адиабатическом процессе расширения газа, $H_{АД}$, кДж/кг	193,1	193,1
Номинальная располагаемая мощность $N_{ДГА}$, кВт	32,4	33,45

Выводы: Детандер-генераторы относятся к оборудованию, созданному по «бестопливным» технологиям, поддерживаемым Киотским протоколом к конвенции ООН по изменению климата.

1. При заданных параметрах, номинальные располагаемые мощности позволяют выработать электроэнергию, которая может снизить расходы на сжигания топлива для получения энергии.

2. Большой расход природного газа позволяет выработать больше электроэнергии при равных других параметрах.

3. Внедрение детандер-генераторного агрегата позволит интенсифицировать строительство объектов, удалённых от магистральных электрических сетей.

4. Внедрения детандер-генераторного агрегата на ГРП подтверждает высокие показатели экономической эффективности при сравнении с любыми иными типами энергетического оборудования как в традиционной «большой» энергетике, так и для установок малой энергетики. Высокие показатели экономической эффективности инвестиционных проектов по внедрению ДГА обеспечиваются минимальными капитальными затратами и минимальными издержками при эксплуатации энергоустановок.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Концепции «Обеспечения Республики Узбекистан электрической энергией на 2020-2030 годы» [Электронный ресурс]: <http://www.minenergy.uz>.
2. Мукольянц А.А., Сотникова И.В., Эргашева, Д.К., Таубалдиев А.А. Детандер-генераторная установка для утилизации энергии избыточного давления природного газа. E3S Web of Conferences, 2021. 289, 07034.
3. Зацепин С.С., Купцов С.М. (2016). Применение турбодетандерных установок на газораспределительных станциях. Территория «НЕФТЕГАЗ», 12, 50–53.
4. Борисова П.Н. (2019). Оценка эффективности использования станций технологического понижения давления в системе газоснабжения для создания на них бестопливных систем генерации // Энергосбережение и водоподготовка., 117, 6–9.
5. Мукольянц А.А., Сотникова И.В., Каримова Н.Э., Таубалдиев А.А. (2021). Анализ зависимости мощности детандер-генераторного агрегата от температуры низкопотенциального источника тепла. Deutsche Internationale Zeitschrift für zeitgenössische Wissenschaft., 11, 46–49.
6. Агабабов В.С., Джураева Е.В., Архарова А.Ю. Установка для производства электроэнергии на базе ДГА, воздушных турбины и компрессора // Вестник МЭИ. 2007. №2. С.48–53.

УДК 621.311.21

М.М. Мухаммадиев, С.З. Гафуров, Ш.Т. Амиров
Ташкентский государственный технический университет,
И.Г. Кудряшева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЭС В КАСКАДЕ УРТА-ЧИРЧИКСКИХ ГЭС

Цель работы – технико-экономическое обоснование создания ГАЭС на базе Каскада Урта-Чирчикских ГЭС для повышения манёвренности электроэнергетических систем (ЭЭС) Узбекистана.

Задачи работы:

1. Обосновать актуальность проблемы ввода манёвренной мощности в ЭЭС Узбекистана.

2. Определить варианты создания ГАЭС на базе Каскада Урта-Чирчикских ГЭС.

3. Определить технико-экономические параметры ГАЭС по предложенным вариантам.

Для выработки пиковой мощности, обеспечения показателей качества выдаваемой электроэнергии и сохранения энергетической независимости Узбекистана необходимо создание собственных высокоэффективных источников регулирования мощности [1].

В настоящее время суточное регулирование в энергосистеме осуществляется за счет трех станций Урта-Чирчикского каскада (Чарвакской ГЭС, Ходжикентской и Газалкентской ГЭС) в диапазоне их суммарной установленной мощности 905 МВт; а также изменения

мощности блоков тепловых станций от максимальной величины до технологического минимума, пуска-остановка блоков от 150 до 300 МВт [1].

Использование для покрытия пиков графика нагрузки энергосистемы оборудования тепловых электростанций, предназначенного для работы в равномерной, базовой части графика нагрузок, ведет к пережогу топлива, снижению сроков и надежности работы оборудования.

Узбекская энергосистема все более нуждается в резервировании генерирующей мощности; ее необходимо пополнить высокоманевренными ГЭС или ГАЭС, способными работать в остропиковых зонах суточного графика нагрузки [1–3].

Поэтому все больший интерес вызывает развитие ещё одного направления гидроэнергетики в Республике Узбекистан – строительство гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС).

Для уменьшения капиталовложения при строительстве ГАЭС можно сэкономить на возведении водохранилищ. Один из вариантов – это строительство только одного водохранилища, а вместо второго использовать крупную реку или канал [2, 3]. Ещё один вариант – использование уже имеющихся водохранилищ.

Главным вопросом при освоении водных ресурсов всегда было удовлетворение потребностей водного хозяйства и питьевого водоснабжения. В условиях Узбекистана дефицит водных ресурсов диктует несколько иные условия, вызванные ростом водопотребления на фоне увеличения численности населения и требований охраны окружающей среды. Поэтому на нынешнем этапе развития гидроэнергетики освоение гидроэнергетических ресурсов необходимо осуществлять на внутренних водотоках сезонного действия, в системах водохранилищ, на гидротехнических сооружениях без ущерба интересам ирригации и водоснабжения. Это, как показывают расчёты, намного уменьшает капиталовложения на освоение гидроэнергетических ресурсов и даёт возможность более полно использовать потенциал накопленного объёма воды [2, 3].

По мере роста неравномерности суточного графика нагрузки, развития оптового рынка мощности и электроэнергии, внедрения дифференцированных тарифов на ночную и пиковую электроэнергию и увеличения разрыва между ними, появляется экономическая основа для покупки более дешёвой ночной электроэнергии и аккумуляирования ее на ГАЭС для использования в периоды прохождения пика суточного графика нагрузки [3, 4].

ГАЭС целесообразно размещать там, где есть сосредоточенный перепад высот местности, возможность создания резервуаров в верхнем и нижнем бьефах, относительно недалеко размещение водного источника и близость крупной ГЭС [4].

Одним из главных критериев является максимальное приближение гидроустановки к центру нагрузок, а именно к Ташкентской энергосистеме.

Рассмотрены варианты создания ГАЭС в Бостанлыкском районе Ташкентской области на базе Каскада Урта-Чирчикских ГЭС, осуществляющего регулирование стока реки Чирчик с головным Чарвакским водохранилищем. В этом случае имеется в полном объёме необходимая инфраструктура, подлежит использованию с учетом обновления и соответствующего развития производственная база Ташкентской области и Бостанлыкского района Республики.

На базе каскада Урта-Чирчикских ГЭС можно рассматривать следующие варианты ГАЭС:

Вариант 1. Булаксайско-Ходжикентская ГАЭС. Верхний бассейн располагается на левом берегу Ходжикентского водохранилища в ручье Булаксу. Бассейн емкостью 6,0 млн м³ создаётся насыпной плотиной высотой 43 м, перегораживающей сай. Нижним бассейном является Ходжикентское водохранилище полезным объемом 9,0 млн м³. Протяжённость водоводов – 2 км. Высота закачки составит 586 м. Расчетные расходы ГАЭС в режиме закачки – 96 м³/с, в режиме сработки 120 м³/с. Установленная мощность ГАЭС до 600 МВт.

Вариант 2. Кизилсайско-Ходжикентская ГАЭС. Верхний бассейн располагается на правом берегу Ходжикентского водохранилища в районе сая Кизилсу. Искусственная

ёмкость 2,9 млн м³ создаётся в полувыемке-полунасыпи на горизонтальном участке рельефа. Нижним бассейном будет полезная ёмкость Ходжикентского водохранилища. Протяжённость подводящего тракта 630 м, отводящего – 400 м. Высота закачки около 200 м. Расчётные расходы ГАЭС в режиме закачки – 104 м³/с, в режиме сработки 130 м³/с. Установленная мощность ГАЭС порядка 200 МВт.

Вариант 3. Чарвакская ГЭС-ГАЭС (Чарвакско-Ходжикентская ГАЭС). Создание Чарвакской ГАЭС основывается на использовании сомкнутых бьефов водохранилищ Чарвакской и Ходжикентской ГЭС. Полезная ёмкость водохранилища Ходжикентской ГЭС – 9,0 млн. м³ используется в качестве нижнего бассейна, что позволяет Чарвакской ГАЭС работать установленной мощностью 400 МВт в 4-х часовой зоне пика графика нагрузки. Функции по регулированию суточных попусков Чарвакской ГЭС будут перенесены от Ходжикентского водохранилища на водохранилище Газалкентской ГЭС. Верхним бассейном ГАЭС будет Чарвакское водохранилище полезным объемом 1580 млн м³. Суточная глубина сработки водохранилища при НПУ = 890,0 м составит 22 см, при УМО = 835,0 – 54 см. Высота закачки составит в среднем 118,0 м. Расчётные расходы ГАЭС в режиме закачки – 360 м³/с, в режиме сработки 450 м³/с. При диапазоне ежегодных колебаний Чарвакского водохранилища в 55 м от отметки НПУ = 890.0 м до УМО = 835.0 м строительство водоприёмника ГАЭС и подбор обратимых агрегатов будут чрезвычайно затруднены.

Разработана методика и программа определения экономических показателей ГАЭС и для каждого рассматриваемого варианта создания ГАЭС на базе Каскада Урта-Чирчикских ГЭС определены технико-экономические параметры, т.е. капиталовложения, вырабатываемая и потребляемая электроэнергия в турбинном и насосном режиме, годовая экономия топливных ресурсов, годовая издержка, годовая экономическая эффективность, срок окупаемости капвложений и т. д. (табл. 1) [5].

Таблица 1

№	Наименование показателей	Единица измерения	Величина		
			Чарвакская ГЭС-ГАЭС	Булаксайско-Ходжикентская ГЭС	Кизилсайско-Ходжикентская ГЭС
1	Напор в турбинном режиме (ТР)	м	105	578	180
2	Напор в насосном режиме (НР)	м	118	593	194
3	КПД ГАЭС	%	73,44	73,28	73,56
4	Число агрегатов	шт.	4	2	2
5	Расход ГАЭС в ТР	м ³ /сек	450	120	130
6	Расход ГАЭС в НР	м ³ /сек	360	96	104
7	Мощность ГАЭС в ТР	кВт	400 020	599 996	199 991
8	Мощность ГАЭС в НР	кВт	489 693	672 038	233 129
9	Капиталовложения в ГАЭС	млрд сум	5309,1	8442,0	2839,1
10	Годовая выработка ЭЭ в ТР	млн кВт·ч	810,4	1469,5	452,6
11	Годовая потребление ЭЭ в НР	млн кВт·ч	1240,0	2057,4	659,5
12	Годовая экономия топливных ресурсов	тыс. т у.т.	121,55	220,42	67,90
13	Годовая издержка ГАЭС	млрд сум	360,24	572,81	192,65
14	Экономическая эффективность за год	млрд сум	1107,21	1516,0	660,17
15	Срок окупаемости капвложений	лет	5,389	5,750	5,029

Энергетические показатели ГАЭС (табл. 1) являются предварительными. Мощности проектируемых ГАЭС будут зависеть от возможности создания достаточных ёмкостей верхнего и нижнего бассейнов, а режимы закачки и сработки определяются результатами оптимизационных технико-экономических расчетов по требованиям энергосистемы с учетом долгосрочной стратегии ее развития.

Выводы: Потенциальные и технические возможности создания ГАЭС на каскаде Урта-Чирчикских ГЭС позволяют:

1. Получить суммарную пиковую мощность около 1 600 МВт и дополнительно выработать более 3 600,0 млн кВт·ч/год электроэнергии.
2. Сэкономить около 540,0 тыс. т у.т. органических топлив.
3. Годовой экономические эффективность будет составлять более 4 400 млрд сум.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Концепция обеспечения Узбекистана электрической энергией на 2020–2030 годы.
2. Mukhammadiev M.M., Dzhuraev K.S. Justification of the energy and economic parameters of pumped storage power plants in Uzbekistan. Applied Solar Energy. 56(3), New York, 2020, pp. 227–232.
3. Аллаев К.Р. Перспективы развития энергобаланса мира и Узбекистана // Проблемы энерго- и ресурсосбережения, Ташкент, № 3–4, 2018. С.13–19.
4. Васильев Ю.С., Елистратов В.В., Мухаммадиев М.М., Претро Г.А. Возобновляемые источники энергии и гидроаккумулирование: Учебное пособие. СПб: СПбГТУ, 1995.
5. Мухаммадиев М.М., Джураев К.С., Жураев С.Р., Куланов Ж.Б., Маматкулов Д.А. Программа по определению энерго-экономических параметров гидроаккумулирующих электростанций. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №DGU 07363, 19.12.2019.

УДК. 621.311.21

К.С. Джураев, Х.Н. Муродов, А.У. Хошимов
Ташкентский государственный технический университет,
И.Г. Кудряшева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ МАНЁВРЕННОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УЗБЕКИСТАНА

Цель работы – обосновать необходимость использование гидроаккумулирующих электростанции (ГАЭС) для повышения манёвренности электроэнергетических систем (ЭЭС) Узбекистана.

Задачи работы:

1. Обосновать актуальность проблемы ввода манёвренной мощности в ЭЭС Узбекистана.
2. Оценить возможности использования ГАЭС в ЭЭС.
3. Разработать уточнённую классификацию ГАЭС по различным признакам.

Энергетика имеет важное значение для экономического и социального развития и улучшения качества жизни за счёт повышения эффективности производства, передачи, распределения и потребления энергии электростанций энергетических систем. Это особенно важно и необходимо, когда в преобразованиях энергии возобновляемых источников используются не только солнечные и ветровые установки, а также насосно-электрические и гидроаккумулирующие электростанции. Обоснование энергетических и экономических показателей каждого из этих гидравлических установок или их комбинированное использование является необходимой задачей [1].

Электроэнергетическая система Узбекистана является крупнейшей в Центральной Азии. Общая установленная мощность электростанций составляет около 14 140,6 МВт [2].

Основной объем поставляемой электроэнергии приходится на долю промышленных предприятий, сельскохозяйственных потребителей и населения.

Концентрация мощностей агрегатов и электростанций обеспечивает более быстрый ввод мощностей в энергосистеме, повышение экономичности электростанций, уменьшение потребности в трудовых ресурсах при строительстве и эксплуатации, снижение металлоёмкости. При ограниченных трудовых и материальных ресурсах и напряжённом топливно-энергетическом балансе в стране, такой путь развития электроэнергетики является закономерным и наиболее правильным.

Ограниченный диапазон регулирования мощности крупноблочных агрегатов и невозможность частых пусков и экономичности работы энергосилового оборудования электростанций, затрудняют покрытие неравномерной части графиков электрической нагрузкой. Одна из важных задач в электроэнергетике это покрытие пиковых минимальных и максимальных нагрузок. Как известно для решения этой задачи необходимы маневренные источники, составляющие около 25% общей мощности системы. Наиболее перспективными манёвренными мощностями являются ГАЭС, однако их доля в Республике составляет только около 13,3%.

Один из путей решения этих задач – это использование гидроаккумулирующих электростанций, большой интерес вызывает развитие еще одного направления гидроэнергетики в Республике Узбекистан – проектирование и строительство гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС) [3].

Особенности создания и использования ГАЭС в нашем регионе в том, что имеющиеся гидроресурсы нашего региона в основном имеют водохозяйственное значение, при этом также стоит задача повышения энергетической эффективности существующих водохранилищ, что приводит к необходимости разработки низконапорных ГАЭС.

Недостаточный удельный вес высокоманевренных электростанций (ГЭС и ГАЭС) в структуре генерирующих мощностей ЭЭС Республики Узбекистан, вынуждает осуществлять регулирование мощностей тепловыми электростанциями. Это приводит к ухудшению показателей энергоснабжения, в частности происходят скачки напряжения и частоты в энергосистеме, так как тепловые электростанции не могут оперативно изменять мощность. Частые пуски и остановки турбоагрегатов приводят к перерасходу топлива, снижению эксплуатационного ресурса теплоэнергетического оборудования и увеличению затрат на ремонтное обслуживание, ухудшению экологической обстановки в районах расположения ТЭС [4].

В настоящее время в Республике Узбекистан приняты государственные программы по строительству ряда малых и средних ГЭС [2]. Однако это может решить только часть проблем, т.е. ГЭС могут покрывать только пиковые нагрузки, обеспечивая снятия напряженности, связанные с прохождением пика суточного графика за счет выработки более дешевой и экологически чистой энергии. Другая часть проблемы – предотвращение провалов графика нагрузок и оказание системных услуг – может быть решена только строительством ГАЭС, которые будут работать в провалах графика нагрузок в насосном режиме, обеспечивая более благоприятный базисный режим ТЭС, а также способствуя снижению межстанционных перетоков энергии.

В качестве предварительного анализа рассмотрим в какой степени будет эффективным использование ГАЭС в ЭЭС Республики Узбекистан, пользуясь суточным графиком выработки электроэнергии за 09.10.2019, полученным от Министерства энергетики Республики Узбекистан (рис. 1).

Потребности в маневренных мощностях для настоящего времени можно видеть на рис. 1. Так в периоды пиковых нагрузок необходимость в дополнительных мощностях составляет около 710 МВт, а в периоды провала нагрузок, избыток мощностей составляет около 720 МВт. Отметим, что в настоящее время мощности ГЭС составляют около 1800 МВт [2].

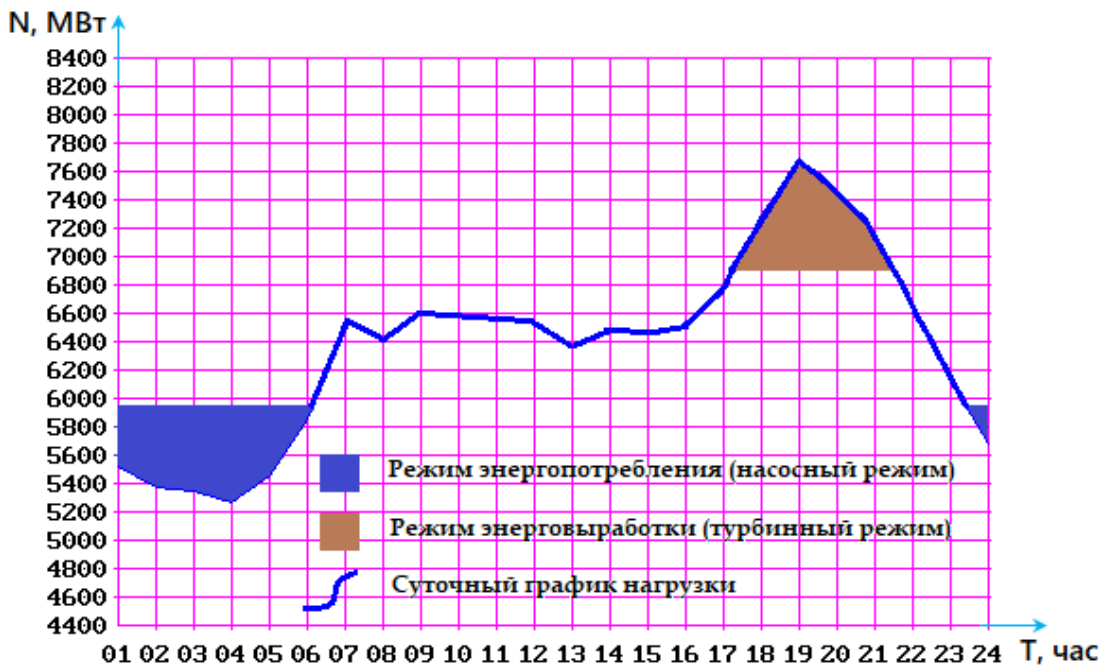


Рис. 1. График суточной выработки электроэнергии энергосистемы Республики Узбекистан при использовании ГАЭС

Из указанного выше следует необходимость разработки и создания ГАЭС уже в настоящее время, так как в Узбекистане есть ряд объектов энергетики и водоснабжения, где можно получить от 2 до 100 ГВт ч электроэнергии в год с помощью ГАЭС [3].

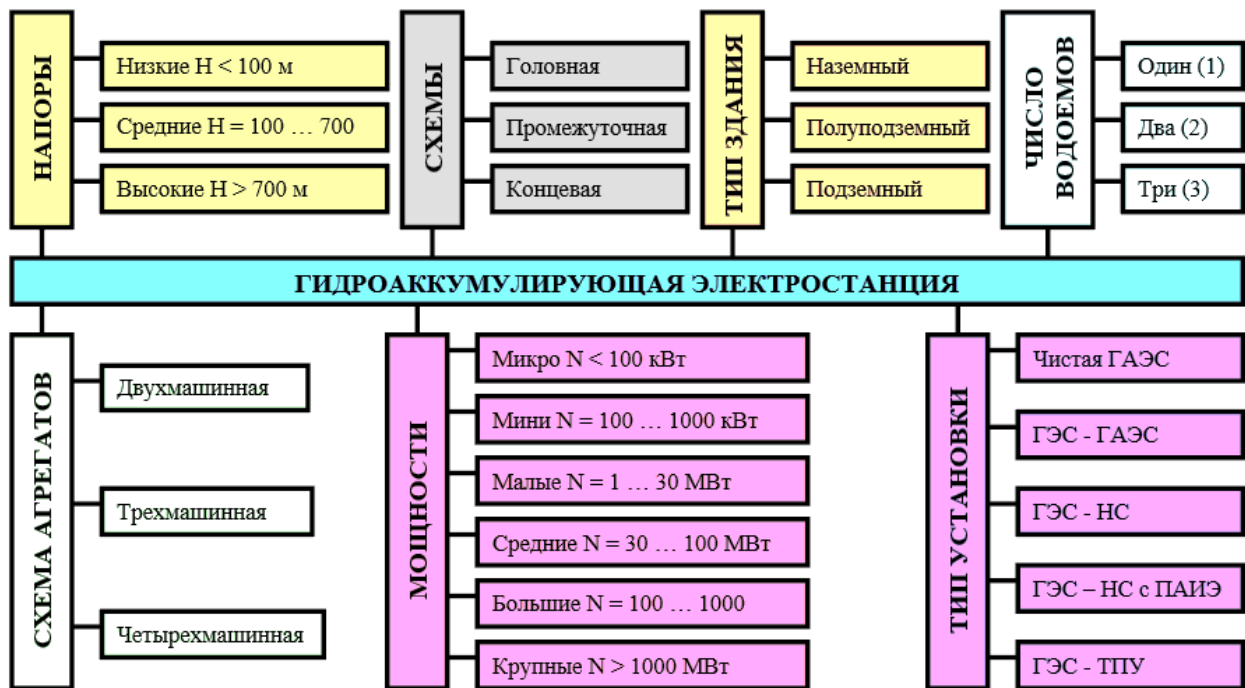


Рис. 2. Уточнённая классификация ГАЭС по различным признакам: ГЭС – гидроэлектростанция; НС – насосная станция; ПАИЭ – потребление от альтернативных источников энергии; ТПУ – таранная подъёмная установка

Отметим, что интерес к ГАЭС обусловлен также задачами создания солнечных и ветровых энергетических станций, в которых вопросы аккумулирования и выравнивания колебаний мощностей особенно актуально. Возможности ГАЭС имеют больше качественный характер, чем количественный для Узбекистана, и их трудно оценить экономически. Будущее ГАЭС зависит от многих факторов, в том числе: темпов развития энергетики на ВИЭ, прогресса в области создания мощных накопителей электрической энергии и энергоносителей [5].

В новых экономических условиях составы потребителей электроэнергии различны – электроэнергетические системы, индивидуальные потребители, предприниматели, частного и малого бизнеса, фермерских хозяйств и др. Теоретический анализ роста, требований к конструкциям и мощностям ГАЭС указывает на возможность уточнения классификации их по различным признакам. Это дает возможность проведения научно-исследовательских работ в духе нового времени с учётом развития науки и техники, а также технологий. На основе выше сказанного, нами предложена новая уточнённая классификация ГАЭС (рис. 2), указывающая на необходимость исследования, как по конструктивным, так и по мощностным аспектам в теоретическом плане [6].

Выводы:

1. ГАЭС позволяют оптимизировать работу ТЭС, ТЭЦ и ЭЭС в целом, обеспечить нормативное качество электроэнергии в нормальных режимах, повысить надёжность и постоянство ЭЭС.

2. Облегчить условия послеаварийного восстановления ЭЭС в случае крупной системной аварии, сопровождающееся разделением системы и «посадкой» тепловых станций на «ноль».

3. Предложена уточнённая классификация ГАЭС, учитывающая различные мощности и способы аккумулирования энергии воды.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Елистратов В.В. Использование возобновляемой энергии: учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010.
2. Концепция обеспечения Узбекистана электрической энергией на 2020–2030 годы.
3. Mukhammadiev M.M., Dzhuraev K.S. Justification of the energy and economic parameters of pumped storage power plants in Uzbekistan. Applied Solar Energy, 56(3), New York, 2020. pp. 227–232.
4. Аллаев К.Р. Перспективы развития энергобаланса мира и Узбекистана // Проблемы энерго- и ресурсосбережения, Ташкент, № 3–4, 2018. С.13–19.
5. Ушаков В.Я. Электроэнергетические системы и сети: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры. М.: Изд-во Юрайт, 2018.
6. Использование водной энергии: учебник для вузов/ Под. ред. Ю.С. Васильева. М.: Энергоатомиздат, 1995.

УДК 621.22, 621.821

К.С. Джураев, Н.А. Рахманова, А.Б. Азимов
Ташкентский государственный технический университет

ОЦЕНКА ПРЕДЕЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТАРАНА

Цель работы – оценка предельной гидравлической эффективности и КПД гидротарана на основе баланса энергии.

Задачи работы – определение зависимостей для максимальных КПД и гидравлической эффективности гидротарана без учета потерь энергии в элементах конструкции.

Как известно, одним из способов подъема части движущейся воды на некоторую высоту является использование явления «гидроудара» [1, 2]. Гидравлически таран изобретен более 200 лет назад, но и по настоящее время является предметом исследования [3-6].

Интерес к гидротарану обусловлен возможностью его использования для подъема воды на малых водотоках. К настоящему времени разработаны теория гидроудара, основные схемы и конструкции гидротарана и, в основном, по результатам экспериментальных исследований созданы методы их расчета, определения их производительности, гидравлической эффективности и КПД. В то же время по экспериментальным данным различных авторов [5] КПД гидротарана может составлять от 30% до 90%.

Можно отметить только одну работу [6], в которой проведена оценка предельной гидравлической эффективности гидротарана. Знание предельных гидравлической эффективности и КПД гидротарана необходимо для определения границ совершенствования конструкций гидротарана и более обоснованной оценки её экономических характеристик.

Гидротаран (рис. 1) в принципе включает питательную трубу 1 высотой H и нагнетательную трубу 2 с высотой столба воды h_0 и массой m^0 ($m^0 = m_1 + m_2$, где m_1 – масса воды в столбе Δh и m_2 – масса на h). Потенциальная энергия $E_{\text{П}}$, как известно, может быть определена как m^0gh_0 и в пределе она равна кинетической энергии $E_{\text{К}}$ массы m воды, движущейся в питательной трубе:

$$E_{\text{К}} = E_{\text{П}} = m^0gh_0. \quad (1)$$

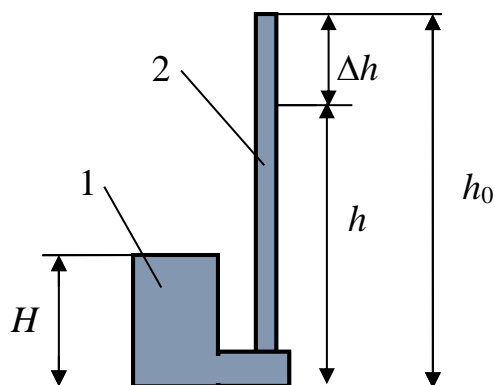


Рис. 1. Принципиальная схема гидротарана

Рабочая высота нагнетательной трубы равна h (рис. 1), т.е. это высота начиная с которой вода начинает сливаться. Не нарушая общности задачи рассматриваем случай вертикальной питательной трубы 1 и начальной нулевой скорости воды на её входе. При этом:

$$m_0 = m_1 + m_2; \quad h_0 = h + \Delta h; \quad \frac{m_1}{\Delta h} = \frac{m_2}{h}. \quad (2)$$

Из (2) следует, что затраты энергии $E_{\text{П}}$ на подъем массы воды m_1 на высоту h равны:

$$E_1 = m^0gh_0 - m_2gh = m_1gh(x + 2), \quad (3)$$

где $x = \Delta h/h$.

Таким образом кинетическая энергия воды в гидротаране $E_{\text{К}}$ должна быть равна сумме «полезно» затраченной энергии (3) и потенциальной энергии столба воды высотой h , или

$$E_{\text{К}} = m_1gh(x + 2) + m_2gh = m_1gh \frac{(1 + x)^2}{x}. \quad (4)$$

Определим кинетическую энергию воды $E_{\text{К}}$ в питательной трубе. Для этого разбиваем столб воды H на слои одинаковой массы Δm (рис. 2).

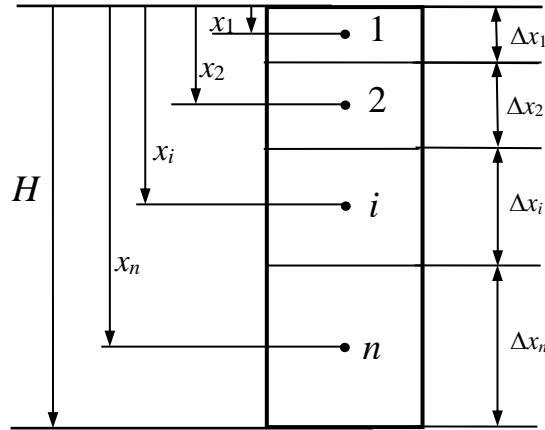


Рис. 2. Схема разбиения столба воды в питательной трубе

Кинетическая энергия первого слоя ΔK_1 равна:

$$\Delta K_1 = \Delta m_1 \frac{V_1^2}{2} = \Delta m_1 g x_1, \quad (5)$$

где Δm_1 – масса первого слоя, V_1 – скорость, приобретаемая слоем на расстоянии x_1 , или

$$\Delta m_1 = \rho S_1 \Delta x_1; \quad V_1 = g t_1; \quad x_1 = g \frac{t_1^2}{2}; \quad x_1 = 0,5 \Delta x_1, \quad (6)$$

где ρ – плотность воды, S_1 – площадь среднего сечения слоя и t_1 – время, за которое центр тяжести слоя проходит расстояние x_1 .

Аналогично для других слоев и учитываем постоянство массового расхода, или

$$E_K = \sum_1^n \Delta K_i = \Delta m_1 g \sum_1^n x_i = 0,5 \Delta m_1 g \Delta x_1 \sum_1^n i^2 \quad (7)$$

Сумма членов ряда i^2 для n членов равна [7]:

$$\sum_1^n i^2 = n(n+1)(2n+1)/6, \quad (8)$$

где $n = m/\Delta m_1$. Для определения Δx_1 найдем её связь с n . Введем обозначение $n_1 = H/\Delta x_1$, также из рис. 2 имеем

$$x_n = H - 0,5 \Delta x_n \quad (9)$$

откуда, имеем уравнение

$$n^2 + n - 2n_1 \quad (10)$$

или

$$n_1 = n \frac{(n+1)}{2} \quad (11)$$

и в первом приближении кинетическая энергии воды E_K в питательной трубе равна:

$$E_K = m g \frac{H}{3}. \quad (12)$$

Подставляя в (4) получаем, что гидравлическая эффективность η_m гидротарана равна

$$\eta_m = \frac{m_1}{m} = \frac{Hx}{3h(1+x)^2}. \quad (13)$$

Из (13) следует, что η_m имеет максимум при $x = 1$ или окончательно

$$\eta_m = \frac{m_1}{m} = \frac{1}{12 \frac{h}{H}}. \quad (14)$$

Отметим, что в (14) m это масса движущейся в питательной трубе воды, которая заполняет трубу примерно на 30%, т.е. $m = m_0/3$, где m_0 – масса воды в полностью заполненной питательной трубе, или

$$\eta_{m_0} = \frac{m_1}{m_0} \approx \frac{1}{4 \frac{h}{H}}. \quad (15)$$

На рис. 3 приведены значения η_m и η_{m_0} в зависимости от h/H .

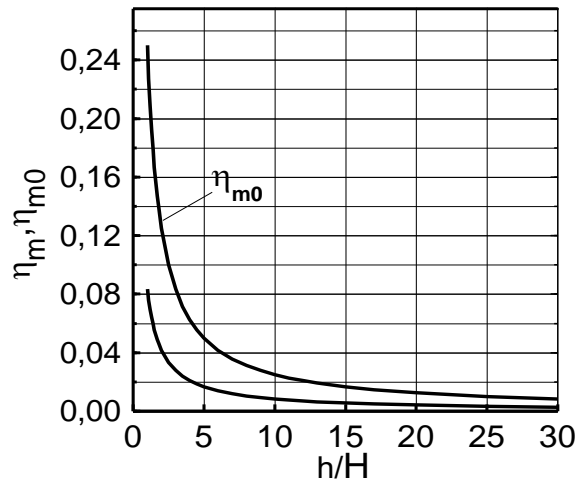


Рис. 3. Предельная гидравлическая эффективность гидротарана от относительной высоты подъема воды h/H

Можно отметить, что в [6] завышенные значения гидравлической эффективности получены из-за не учета постоянных затрат энергии на столб воды высотой h .

КПД гидротарана η будем определять как отношение полезно затраченной энергии E_1 к кинетической энергии воды E_k в питательной трубе, или

$$\eta = \frac{E_1}{E_k} = \frac{m_1 g h (x + 2)}{m g \left(\frac{H}{3}\right)}. \quad (16)$$

Для оптимального $x = 1$, или при $\Delta h = h$ получаем, что предельное КПД гидравлического тарана не зависит от отношения h/H и равно

$$\eta = 0,75. \quad (17)$$

Выводы:

1. Получено аналитическое выражение для кинетической энергии воды, движущейся в вертикальной трубе, входящей в трубу с начальной нулевой скоростью.
2. Показано, что максимальные предельные гидравлические эффективности гидротарана имеют место при значении параметра $x = 1$.
3. Получено, что максимальное КПД гидротарана равно 75%, причем оно не зависит от отношения рабочей высоты подъема воды h к высоте питательной трубы H .

ЛИТЕРАТУРА:

1. Овсепян В.М. Гидравлический таран и таранные установки. Теория, расчет и конструкции. М.: Машиностроение. 1968.
2. Чистопольский С.Д. Гидравлические тараны. М.-Л.: ОНТИ энергетической литературы. 1936.
3. Proceedings of a Workshop on Hydraulic Ram Pump (Hydram). / IDRC. Canada. February 1986.
4. Suseela P. Performance evaluation of hydraulic ram by varying the weight and stroke length of waste valve. / Madras Agric. J. 90 (1-3) : 135–141 January-March 2003 135
5. Саплин Л.А., Пташкина-Гирина О.С., Волкова О.С. Сравнительный обзор и оценка российских и зарубежных гидротаранных установок. / Вестник КрасСАУ. Технические науки. 2015. №3, с. 40–44.
6. Галинкер Э.В. Идеальный Гидротаран / Альтернативная энергетика и экология. № 11 (103). 2011. с. 69–71
7. www.mat24.ru/ Конечные числовые ряды.html.

ОРИЕНТАЦИОННЫЕ ПОТЕРИ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
В ПЛОСКИХ СОЛНЕЧНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВКАХ

Цель работы – обобщение потерь солнечного потока от параметров ориентации плоских солнечных установок.

Задачи работы – разработка методики обобщения ориентационных потерь солнечного потока стационарных и следящих за Солнцем плоских солнечных установок.

Плоские солнечные установки (коллектора (СК), солнечные батареи (СБ)) имеют в настоящее время наибольшее распространение. Вследствие видимого движения Солнца параметры ориентации (фактор косинуса – c_i) этих установок определяют улавливаемый ими солнечный поток, причем углы падения солнечных лучей влияют и на пропускание (k) солнечного потока их прозрачными ограждениями (ПО). Различия в ориентациях солнечных установок, как стационарных, так и следящих за Солнцем существенно усложняют вопросы определения оптимальных ориентаций этих установок, а также и эффектов от их слежения за Солнцем (непрерывно или дискретно). Указанные факторы действуют одновременно, однако в настоящее время они рассматриваются раздельно [1–4].

Поток солнечного излучения Φ , проходящий к приемной поверхности плоской солнечной установки (например, СБ) в момент времени τ в первом приближении, без учета потерь затенением можно записать в виде

$$\Phi = c_i k_1 k_2 k_3 E_C S, \quad (1)$$

где c_i – фактор косинуса (косинус угла между вектором солнечного луча и нормалью к поверхности СБ), k_1 , k_3 – коэффициенты пропускания солнечного излучения лицевой и тыльной поверхностями ПО, k_2 – коэффициент пропускания солнечного излучения материалом ПО, или суммарное пропускание $k = k_1 k_2 k_3$, E_C – нормальная плотность падающего солнечного излучения (изменяется во времени) и S – площадь солнечной батареи (или ПО).

По аналогии с (1) для идеального положения СБ относительно Солнца всегда нормально к солнечным лучам, или $i = 0$ и всегда $c_i = 1$ улавливаемый солнечный поток равен

$$\Phi_0 = E_C S k_{01} k_{02} k_{03}, \quad (2)$$

где k_{01} , k_{02} , k_{03} – коэффициенты пропускания ПО при нормальном падении солнечных лучей, или нормальное суммарное пропускание $k_0 = k_{01} k_{02} k_{03}$.

Из полученных зависимостей следует, что эффективность или отклонение характеристик (мощность, энергия) СБ реальной ориентации от идеальной ориентации будет характеризоваться коэффициентом улавливания солнечного излучения η , мгновенное [5]

$$\eta = \frac{\Phi}{\Phi_0} = c_i \frac{k_1 k_2 k_3}{k_{01} k_{02} k_{03}} = c_i \frac{k}{k_0}. \quad (3)$$

Для дневного коэффициента очевидно имеем сумму отношений. Как видно, выражения (3) и (4) не содержат в явном виде параметры, характеризующие ориентацию, например СБ и они справедливы не только для стационарных, но и следящих за Солнцем плоских солнечных установок. При этом различие в ориентации и слежении будет проявляться только в диапазоне изменения углов падения i , при этом диапазон изменения i известен – от 0 до 90° .

Таким образом, задача определения влияния ориентации на эффективность использования падающего солнечного потока или потерь сводится к следующим этапам.

На первом этапе определяются k_0 и её составляющие, которые одинаковы для любых ориентаций (рис. 1).

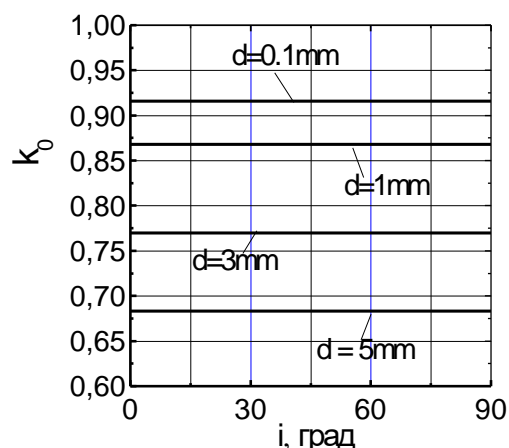


Рис. 1. Нормальный коэффициент пропускания ПО различной толщины при $n = 1,5$

Как видно, влияние толщины стекла на коэффициент нормального пропускания (угол падения равен нулю) существенен, так при изменении толщины стекла от 0,1 мм до 1,0 мм потери увеличиваются с 8,4% до 13,2%, а для 3,0 мм до 22%, а для 5,0 мм уже до 31,7%. Отметим, что эти минимально возможные потери солнечного потока в ПО имеют место и при точном слежении СБ за Солнцем. Также отметим, что эти потери фактически не учитываются в настоящее время. Дело в том, что коэффициенты улавливания потока можно относить либо к потоку, входящему при идеальном (нормальном) положении Φ_0 , либо к нормально падающему солнечному потоку ($\Phi_c = E_c S$), или в первом случае

$$\eta = \frac{\Phi}{\Phi_0} = c_i \frac{k}{k_0}; \quad (4)$$

во втором случае

$$\eta_c = \frac{\Phi}{\Phi_c} = c_i k = \eta k_0. \quad (5)$$

На рис. 2 приведены коэффициенты улавливания и её составляющие в зависимости от угла падения для стекла толщиной 0,1 мм и коэффициенте поглощения солнечного излучения $\beta = 60$ 1/м (оконное стекло). Как видно коэффициент улавливания достаточно быстро уменьшается с увеличением угла падения. Отметим, что в стационарных СБ угол падения практически всегда изменяется в течение дня от 0 до 90 градусов.

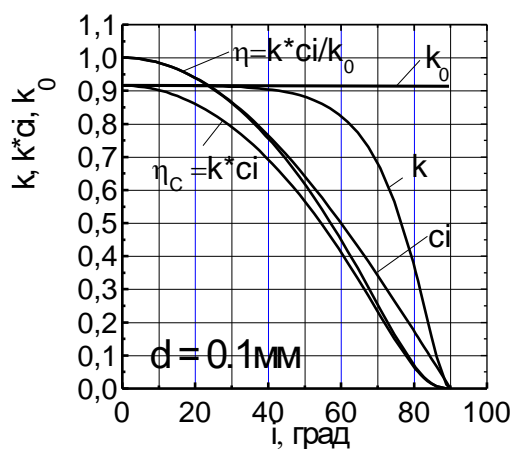


Рис. 2. Зависимость коэффициентов улавливания ПО от угла падения солнечного излучения для стекла толщиной 0,1 мм

В настоящее время обычно, когда говорят о КПД СБ уже готовой солнечной батареи с ПО не указываются отдельно потери в прозрачном ограждении k_0 и неясно учтены ли они в паспорте на СБ или нет.

Таким образом, при оценке коэффициента улавливания потока необходимо использовать η_c , а при оценке эффективности мер по определению оптимальной ориентации достаточно использования коэффициента η .

Рассмотрим углы падения для СБ с одноосной (вертикальной) осью вращения с экваториальным углом наклона для $\delta = 0$ (рис. 3). Как видно, что и здесь, что ранее не отмечалось углы падения существенны.

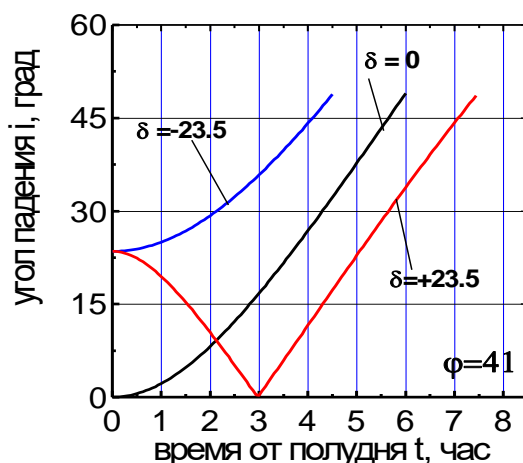


Рис. 3. Углы падения солнечных лучей на ориентируемую СБ с постоянным экваториальным углом наклона для $\delta = 0$ в различные сезоны года

Выводы:

1. Разработана методика обобщенного представления коэффициентов улавливания солнечного потока плоскими коллекторами и солнечными батареями, как стационарных, так и следящих за Солнцем по одноосной или двухосной схеме.
2. Показано, что в ориентируемых СБ оптимальный зенитальный угол нормали может быть меньше зенитального угла Солнца в полдень, как минимум до $23,5^\circ$.
3. Получено, что и в ориентируемых СБ углы падения на нашей широте достигают заметных значений, до 75° летом и до 45° весной-осенью.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Умаров Г.Я., Авезов Р.Р., Соатов Ф., Бабакулов К.К. определению коэффициента вхождения солнечных лучей через остекленный переплет гелиоустановок типа «горячий ящик» / Гелиотехника, 1975. №3–4, с.70–73
2. Авезов Р.Р. (мл.), Авезова Н.Р. Коэффициент пропускания прямой солнечной радиации светопрозрачных оболочек цилиндрической формы. / Гелиотехника, 2002, №1, с.23–30.
3. Авезов Р.Р., Ниязов Ш.К., Авезова Н.Р. Моделирование сквозного лучистого теплопереноса через частично проницаемые для инфракрасного излучения светопрозрачные пленочные ограждения плоских солнечных коллекторов. / Гелиотехника. 1997, №4, с.24–28.
4. Клычев Ш.И., Исманжанов А.И., Мухаммадиев М.М., Джураев К.С., Кулонов Ж., Эрмекова З.К. Фактор косинуса в низкопотенциальных солнечных установках / Гелиотехника, 2015 №3 с.17–22.
5. Клычев Ш.И., Мухаммадиев М.М., Кулонов Ж. и др. Потери солнечного излучения в прозрачных ограждениях фотоэлектрических батарей / Сб. тр. межд. Науч.-тех. конф. Ташкент 17-18 мая 2021, том 2, с. 536–541.

**ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ
В ВОЗДУХОВОДАХ С СЕТКАМИ И ДИАФРАГМАМИ**

При движении потока воздуха в вентиляционных каналах возникают потери напора по длине и местные. Местные потери напора возникают при прохождении воздуха через препятствия в результате изменения направления движения, деления потока или изменения его сечения.

В настоящее время появляется все больше различного оборудования, устанавливаемого в воздуховодах. В большинстве случаев коэффициент местного сопротивления принимается по справочным данным интуитивно для сходного устройства, а не определяется экспериментально для каждого отдельного случая, что ведет к неточности гидравлического расчета системы в целом. Особенно это сказывается в коротких трубопроводах, где местные сопротивления составляют значительную часть от суммарных потерь напора.

Ввиду ограниченности размеров помещений, возникает необходимость в установке местных сопротивлений на незначительном расстоянии друг от друга. Это приводит к взаимному влиянию сопротивлений.

В данной работе представлены результаты исследования взаимного влияния сеток и жиклера. Экспериментально определены численные значения коэффициентов местного сопротивления групп устройств и оценены их длины влияния. Полученные опытным путем данные аппроксимированы. Произведено сравнение численных значений коэффициентов местного сопротивления, полученных экспериментально, с имеющимися теоретическими значениями.

В работе исследовались: жиклер d_{10} мм, сетка с 4 отверстиями d_4 мм и сетка с 5 отверстиями d_3 мм (рис.1). Устройства устанавливались в напорный трубопровод постоянного сечения в различных комбинациях. Коэффициент местного сопротивления измерялся объемным способом [4].

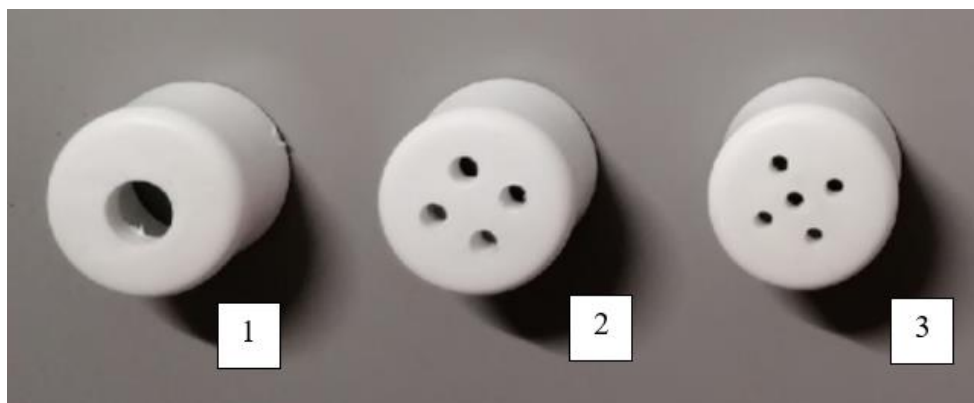


Рис. 1. Исследуемые устройства:
1 – жиклер d_{10} мм; 2 – сетка 4 отв. d_4 мм; 3 – сетка 5 отв. d_3 мм

Как показали эксперименты, коэффициент местного сопротивления изменяется в зависимости от вариации устройств и расстояния между ними. Поток, проходя первое местное сопротивление, претерпевает изменения, поле скоростей не успевает восстановиться перед вторым местным сопротивлением, оказывая, тем самым, влияние на численное значение коэффициента местного сопротивления последующего устройства [1-3].

Теоретически суммарный коэффициент местного сопротивления определяется по формуле Вейсбаха-Дарси, путем суммирования значений коэффициентов местного сопротивления для каждого отдельного устройства, и это дает правильные результаты в случае, когда местные сопротивления расположены на расстоянии друг от друга большем, чем длина влияния. Если местные сопротивления расположены на расстоянии, меньшем чем длина влияния, коэффициент местного сопротивления группы устройств следует определять экспериментально [4].

Согласно [2] взаимное влияние сопротивлений зависит от числа Рейнольдса и типа устройств и полностью отсутствует на расстоянии $l/d > 40$.

Для оценки длины влияния исследуемых устройств, на основе экспериментальных данных, были вычислены значения коэффициентов местного сопротивления каждого отдельного устройства и коэффициенты местного сопротивления групп устройств. Коэффициенты местного сопротивления отдельных устройств использовались для определения суммарного коэффициента сопротивления комплекса устройств по принципу суперпозиции. Предполагалось, что взаимное влияние отсутствует, если коэффициент местного сопротивления группы устройств, определенный экспериментально, численно равнялся значению коэффициента местного сопротивления, определенного по принципу суперпозиции. Зависимость коэффициентов местного сопротивления от относительного расстояния ζ между устройствами представлена на графиках (рис. 2).

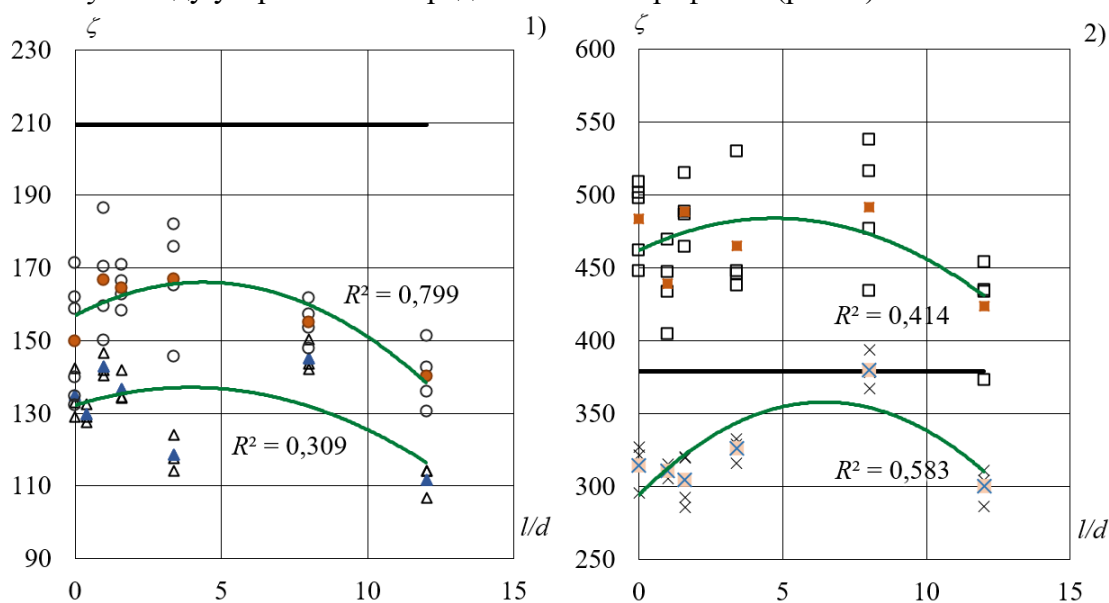


Рис. 2. График зависимости $\zeta_f = f(l/d)$

На рисунке 1 – жиклер $d10$ мм и сетка 4 отв. $d4$ мм (Δ – экспериментальные значения, \blacktriangle – усредненные экспериментальные значения), сетка 4 отв. $d4$ мм и жиклер $d10$ мм (\circ – экспериментальные значения, \bullet – усредненные экспериментальные значения); 2 – жиклер $d10$ мм и сетка 5 отв. $d3$ мм (\times – экспериментальные значения, \times закрашенный – усредненные экспериментальные значения), сетка 5 отв. $d3$ мм и жиклер $d10$ мм (\square – экспериментальные значения, \blacksquare – усредненные экспериментальные значения); прямая линия – значение определенное по принципу суперпозиции).

Экспериментально полученные численные значения коэффициентов местного сопротивления для жиклера $d10$ мм и сеток отличны от значений, указанных в справочной литературе [2]. Данное различие обусловлено особенностями формы и шероховатости исследуемых устройств.

В ходе экспериментов также получена зависимость коэффициентов местного сопротивления от числа Рейнольдса (рис. 3).

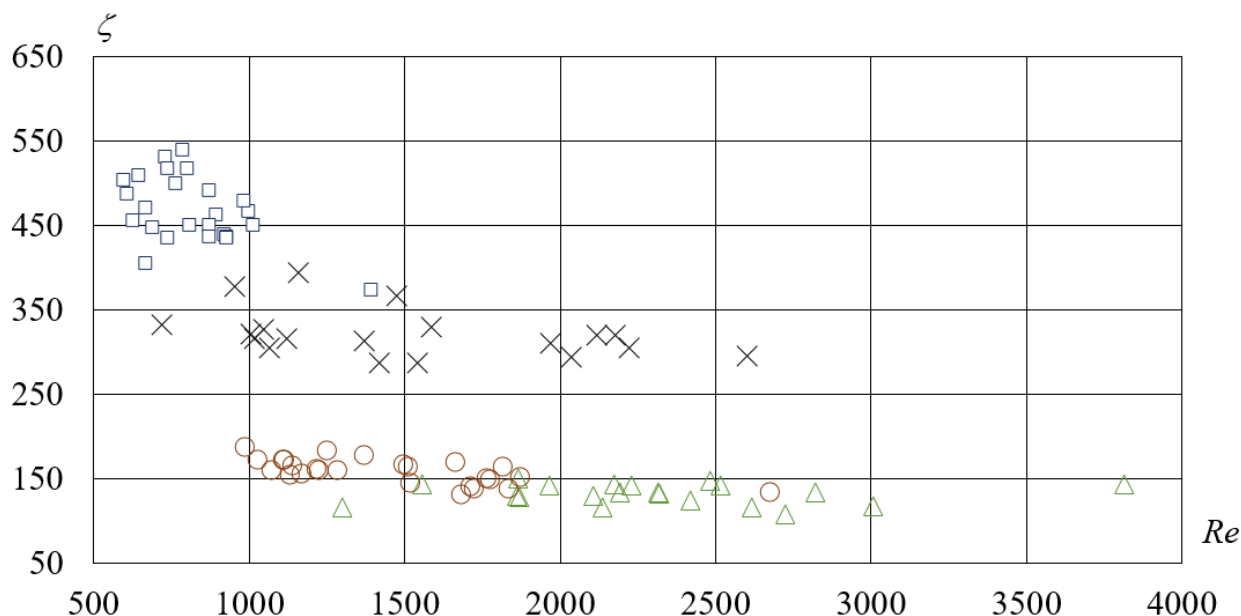


Рис. 3. График зависимости $\zeta_f = f(Re_d)$:

(Δ – жиклер $d10$ мм и сетка 4 отв. $d4$ мм; \circ – сетка 4 отв. $d4$ мм и жиклер $d10$ мм;
 \times – жиклер $d10$ мм и сетка 5 отв. $d3$ мм; \square – сетка 5 отв. $d3$ мм и жиклер $d10$ мм)

Экспериментальные исследования показали, что:

1. При значениях чисел Рейнольдса $Re > 1500$ их влияние на значения коэффициентов сопротивления несущественно.
2. Коэффициент местного сопротивления исследуемых устройств, установленных на расстоянии $l/d < 15$, не равен сумме коэффициентов отдельных устройств и может быть как больше, так и меньше коэффициента, определяемого по принципу суперпозиции;
3. Для определения величины длин влияния исследуемых устройств необходимо проведение измерения на более значительных относительных расстояниях.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Альтштуль А.Д. Гидравлические сопротивления – М.: НЕДРА, 1982. – 224 с.
2. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. Под ред. Штейнберга М. О., 3-е изд., перераб. и дополн., М.: Машиностроение, 1992, 672 с.
3. Палиивец М.С. Взаимное влияние в арматурных элементах и узлах напорных водоводов [Текст]: монография / М.С. Палиивец. – Saarbrucken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 216 с.
4. Шумихина А.А., Прибыткова Е.Н., Локтионова Е.А. Интерференция местных сопротивлений в гидравлических системах. Неделя науки ИСИ: сборник материалов Всероссийской конференции, Ч.1 – СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 5–8.

ТЕПЛОВИЗИОННОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

Цель работы – рассмотреть варианты количественной оценки тепловых изображений отопительных приборов. В качестве объекта обследования был выбран учебный корпус Политехнического университета постройки 1970-х годов в г. Санкт-Петербург.

При проведении внутренних тепловизионных обследований, как правило, термографируют и отопительные приборы системы отопления с целью обнаружения возможных засорений секций, для измерения температуры их поверхностей и др. [1, 2].

Возможностями современных специализированных прикладных программ, которые обычно поставляются вместе с тепловизионным оборудованием, являются: построение температурных профилей (температурных линий); температурных рельефов; определение максимальной, минимальной и средней температуры выделенного участка термограммы и т.п. [1, 3]. Все существующие отопительные приборы выполнены из теплопроводных металлов (сталь, чугун и др.), а также радиаторы имеют минимальный слой краски, для более точного расчета учитывают коэффициенты излучения и отражения от покраски при обработке термограмм [4].

В данной работе представлены термограммы двух отопительных приборов, где один из них исправен (рис. 1,а), а в другом наблюдается засор в восьми секциях (рис. 1,б).

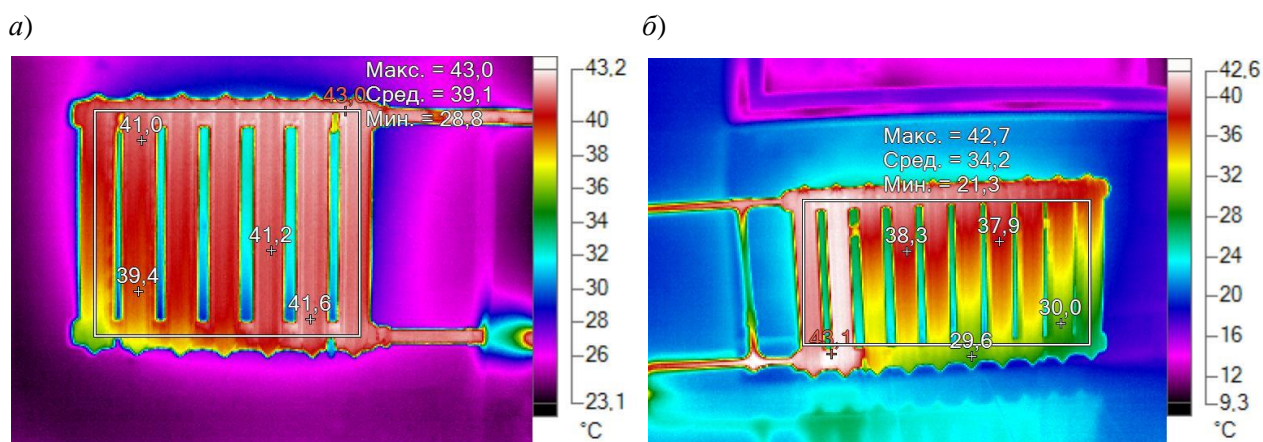


Рис. 1. Исправный и неисправный радиаторы

Нахождение более точных значений распределения температур по термограмме осуществляется на основании решения уравнения энергетического баланса регистрируемого излучения [5]:

$$E(T_p) = \chi[\varepsilon E(T_H) + (1 - \varepsilon)E(T_0)] + (1 - \chi)E(T_B), \quad (1)$$

где T_H – абсолютная истинная температура поверхности, К; T_0 – абсолютная температура отраженного излучения, К; T_B – абсолютная средняя температура воздуха на линии между участком поверхности и тепловизором, К; T_p – абсолютная радиационная температура, регистрируемая тепловизором, К; $E(T)$ – воспринимаемая тепловизором и преобразуемая его сенсором мощность излучения абсолютно черного тела температурой T , Вт/м²; $\varepsilon(x, y)$ – интегральный коэффициент излучения поверхности ограждающей конструкции в спектральном диапазоне тепловизора; χ – интегральный коэффициент пропускания воздуха.

По полученным результатам можно построить температурный график работы двух приборов (рис. 2).

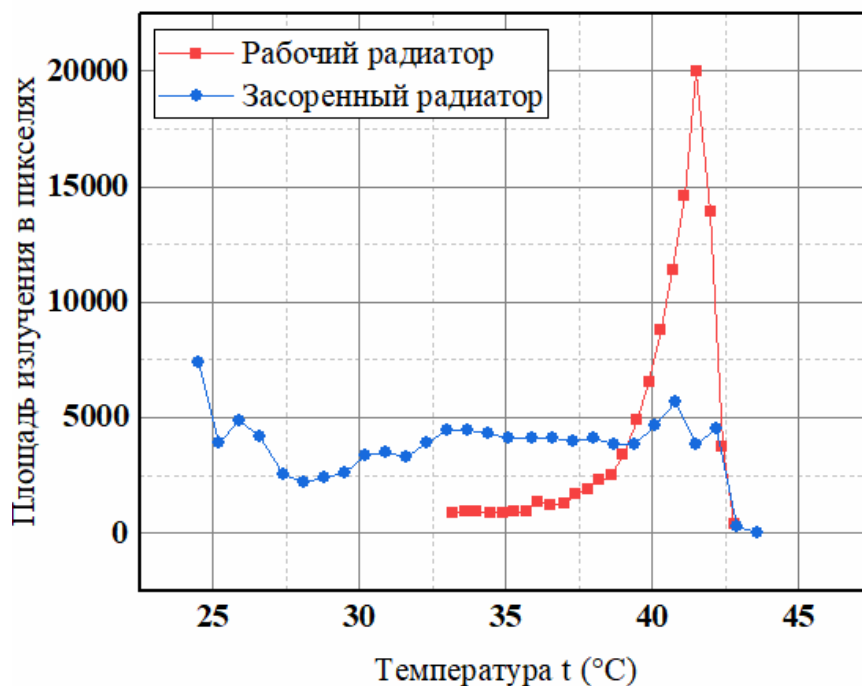


Рис. 2. Температурный график работы радиаторов

Термограммы содержат неоднородные участки поверхности, которые влияют на различные факторы. В связи с этим необходимо оценивать значение температуры отраженного излучения. Предлагаемые методы количественного анализа термограмм, также могут заключаться в определении фактического массового расхода теплоносителя через отопительный прибор [1, 6].

Предложенные варианты количественной оценки тепловых изображений основаны на тепловизионной съемке отопительного прибора системы отопления с его подводками и последующем аналитическом определении фактического массового расхода теплоносителя. Аналитическое выражение для определения фактического массового расхода теплоносителя через отопительный прибор связывает между собой охлаждение теплоносителя в отопительном приборе с конвективным обогревом помещения. Величина фактического массового расхода теплоносителя может быть использована, например, для расчета скорости движения теплоносителя или фактической тепловой мощности участка системы отопления.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Карпов Д.Ф. Варианты количественной оценки тепловых изображений // Вологда: ВоГТУ. 2019. № 2 (5).
2. Сеницын А.А., Карпов Д.Ф., Павлов М.В. Теория и практика теплообмена // Учебное наглядное пособие – Вологда: ВоГТУ. 2016. С. 72.
3. Дорошин А.В., Давыдов И.Е. Современные тепловизионные системы // Учебное методическое пособие – Самара: СГАУ. 2013. С. 41.
4. Park O. Введение в термографию, American Technical Publishers Inc., Fluke Corporation, и The Snell Group / O. Park, 2009. 68 с.
5. ГОСТ Р 54852-2011. Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций // М: Стандартинформ, 2012. – 16 с.
6. Карпов Д.Ф. Тепловизионный метод определения расхода воды через отопительный прибор // Вологда: ВоГТУ. 2022.

МОНИТОРИНГ УТЕЧЕК ВОДЫ В БЕТОННЫХ ТРУБАХ
С ПОМОЩЬЮ ВСТРОЕННЫХ ДАТЧИКОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НИТЕЙ

Цель работы – проверка изменения электропроводящих свойств углеродных нитей при намокании для проектирования системы контроля утечек из текстильно-армированных труб со встроенными датчиками на основе углеродных нитей.

Текстильное армирование бетона является новым типом армирования, потенциально заменяющим стальную арматуру в бетонных конструкциях. Текстильно-армированный бетон обладает рядом преимуществ по сравнению с железобетоном: отсутствует необходимость создания защитного слоя для стальной арматуры, уменьшается минимальная толщина конструкций [1-3]. Армирующие полотна могут быть изготовлены из различных композитных материалов – в данной работе рассматриваются стеклянные и углеродные ровинги. Углеродные волокна являются электропроводящим материалом, что позволяет передавать сигнал через армирующие ровинги полотна для армирования бетона. Проводящая способность волокон реагирует на изменения напряженного состояния ровинга или изменения влажности среды. Мониторинг сигнала дает возможность быстрого обнаружения разрушений и протечек в трубопроводах [4, 5].

В рамках подготовки к изготовлению бетонных труб с текстильным армированием и встроенными тензодатчиками из углеродного волокна были изготовлены образцы бетонных балочек с армированием из полотна, состоящим из стеклянных и углеродных ровингов. Линейная плотность стеклянных ровингов составляла 2400 текс, а углеродных ровингов 1600 текс. Для армирования образцов было использовано основовязаное полотно с двумя видами переплетения: сукно и цепочка. Итоговая структура армирующего полотна различается формой поперечного сечения армирующего ровинга (эллиптическая и круглая).

Электропроводность углепластиковых ровингов замерялась с помощью цифрового мультиметра DT832. Концы ровингов продевались в клеммы, которые соединялись со щупами мультиметра. При замыкании клемм без углеродного кабеля погрешность измерения составляла 0,5 Ом. При предварительной проверке проводимости углеродных ровингов сопротивление волокон аналогичной длины составило $21,0 \pm 0,7$ Ом.

При измерении сопротивления волокон после застывания бетона и снятия опалубки были получены следующие значения сопротивления для образцов:

- Образец №1 – сукно – свободное закрепление: $41,4 \pm 0,9$ Ом;
- Образец №2 – цепочка – свободное закрепление: $33,7 \pm 0,7$ Ом;
- Образец №3 – цепочка – предварительное натяжение: $170,1 \pm 5,7$ Ом.

Повышение сопротивления в третьем случае может быть объяснено повреждением углеродных волокон при их изгибе для натяжения, и, как следствие, уменьшением площади сечения электропроводящей жилы.

Образец армирующего полотна в опалубке приведен на рис. 1, а. Образец армирующего полотна с подключенными щупами мультиметра приведён на рис. 1, б.

При намокании углеродных ровингов происходит повышение электрического сопротивления. Проверка чувствительности ровингов к намоканию была проведена на шести образцах армирующего полотна: по одному образцу каждого типа плетения без покрытия волокон, с покрытием волокон раствором силиката натрия и с покрытием волокон эпоксидной смолой. Сопротивление волокон измерялось на протяжении 11 минут после

погружения центральной части полотна в воду. График изменения сопротивлений относительно первоначального (сухого) значения приведен на рис. 2.

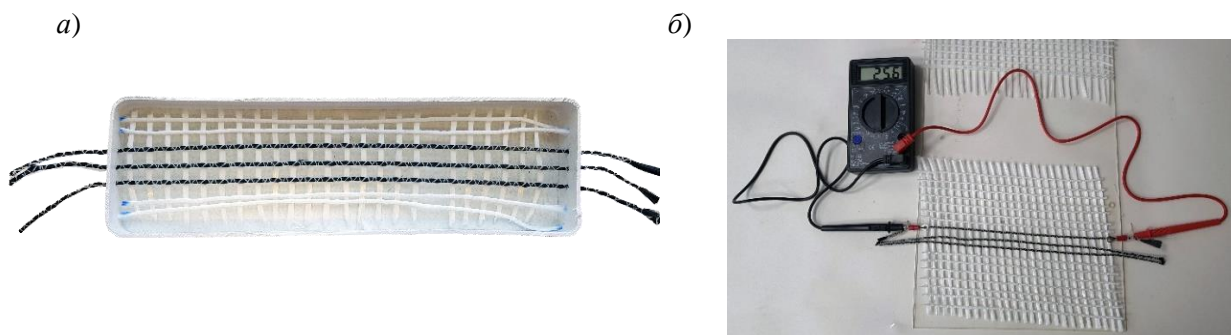


Рис. 1. Армирующее полотно в опалубке (а) и измерение сопротивления углеродного ровинга (б)

При намокании углеродных ровингов происходит повышение электрического сопротивления. Проверка чувствительности ровингов к намоканию была проведена на шести образцах армирующего полотна: по одному образцу каждого типа плетения без покрытия волокон, с покрытием волокон раствором силиката натрия и с покрытием волокон эпоксидной смолой. Сопротивление волокон измерялось на протяжении 11 минут после погружения центральной части полотна в воду. График изменения сопротивлений относительно первоначального (сухого) значения приведен на рис. 2.

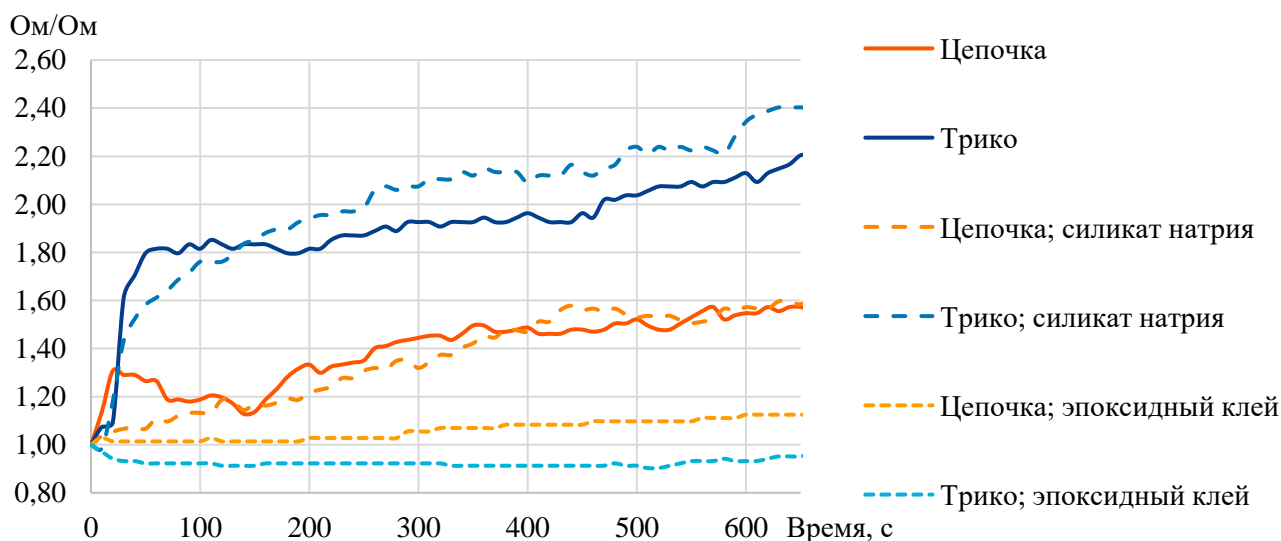


Рис. 2. Изменение сопротивления углеродной нити при смачивании

При отсутствии покрытия волокон и при покрытии ровингов силикатом натрия сопротивление волокон возрастет на $\sim 5\%$ в минуту для полотна цепочка и на $\sim 11\%$ в минуту для полотна трико. При покрытии волокон эпоксидной смолой увеличения сопротивления не наблюдается, что объясняется водонепроницаемостью покрытия. В полотне цепочка начиная с 290 с наблюдается рост сопротивления на $\sim 0,03\%$ в минуту, что может быть объяснено проникновением влаги к волокнам через неплотности эпоксидного покрытия.

По итогам данной работы были изготовлены образцы текстильно-армированных бетонных балочек с армированием углеродными ровингами. В экспериментальной части работы был проведен мониторинг сопротивления электропроводящих углеродных волокон при намокании. При смачивании волокон сопротивление возрастало, что говорит о возможности мониторинга утечек в текстильно-армированных бетонных трубах с встроенными тензодатчиками на основе углеродных нитей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Староверов В.Д. и др. Композитная арматура: проблемы применения // Вестник гражданских инженеров. 2015. Т. 50, № 3. С. 171–178.
2. Лапшинов А.Е. Перспективы применения неметаллической композитной арматуры в качестве рабочей ненапрягаемой в сжатых элементах // Вестник МГСУ. 2015. № 10. С. 96–105.
3. Баталова Н.А. Применение стеклопластиковой арматуры в строительстве, преимущества и недостатки в сравнении со стальной // Современная наука актуальные проблемы и пути их решения. 2016. Т. 27, № 5. С. 23–26.
4. Perry G., Dittel G., Gries T., Goldfeld Y. Monitoring capabilities of various smart self sensory carbon-based textiles to detect water infiltration // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2021; №32(20). С. 566-2581.
5. Goldfeld Y., Perry G. Electrical characterization of smart sensory system using carbon based textile reinforced concrete for leakage detection // Materials and Structures. 2018. Т. 51, № 6. С. 1–17.

УДК 691.175.5/.8

Д.В. Ковалев, О.Н. Столяров
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЗАВИСИМОСТЬ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ НЕТКАНОГО ГЕОСИНТЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ОТ СТЕПЕНИ ЗАИЛИВАНИЯ

Цель работы – определение влияния искусственного заиливания на пропускную способность нетканого фильтрационного материала.

Для выполнения поставленной задачи была применена методика искусственного заиливания, которая успешно используется, например, для определения пропускной способности трубопроводов [1]. Термоскрепленное нетканое полотно из непрерывных полипропиленовых филаментов с поверхностной плотностью 90 г/м² было выбрано в качестве геотекстильного фильтра. Учитывая размер пор нетканого геотекстильного материала (~150–250 мкм) в качестве основного элемента заиливания был выбран ил. Образцы ила были собраны вручную в реке Охта, г. Санкт-Петербург.

Гидравлические свойства геотекстиля являются определяющими характеристиками для областей применения, в которых геотекстиль выполняет функцию фильтра или дренажа [2, 3]. В этих случаях необходимо обеспечивать гидравлические характеристики на протяжении всего срока эксплуатации [4]. Однако на практике геотекстильный фильтр удерживает мелкие частицы в своей внутренней структуре, что в конечном счёте влияет на его пропускную способность. Так как засорение является решающим критерием, влияющим на работу геотекстильного фильтра в грунте, то в данной работе рассмотрено влияние заиливания элемента на пропускную способность нетканого материала. Для определения пропускной способности геотекстильного фильтра была разработана экспериментальная установка и проведена серия экспериментов. Конструктивная схема экспериментальной установки представлена на рис 1. Экспериментальная установка состоит из участка трубы длиной $L = 750$ мм с диаметром входного отверстия 100 мм. В нижней части установки устанавливался геотекстильный фильтр, состоящий из трех слоев нетканого полотна.

Расход определялся объемным способом без заиливания и с искусственным заиливанием. Для определения расхода воды заливался полный объём трубы с предварительно зафиксированным материалом (материал без предварительного заиливания), при помощи секундомера определялся расход. Затем проводились эксперименты с искусственным заиливанием. Ил вводился увеличивающимися порциями. Критерием полного заиливания считался нулевой расход воды через геотекстильный фильтр. Затем от количества ила при полном засорении были определены массовые доли для каждого уровня заиливания. Всего было

проведено восемь испытаний: исходный фильтр и семь уровней заиливания. По полученным данным была построена зависимость расхода воды от степени заиливания (рис. 2).

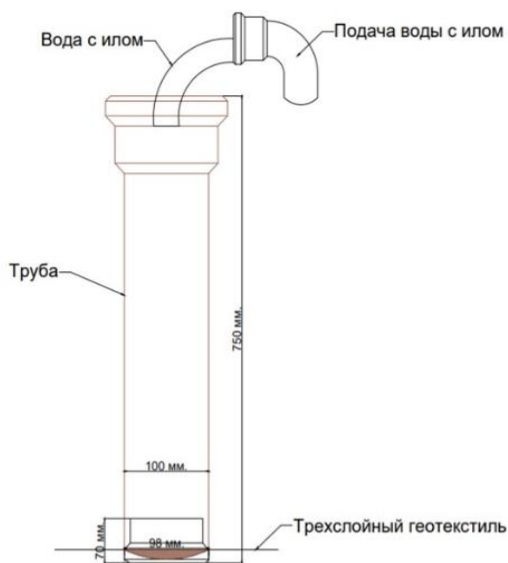


Рис. 1. Конструктивная схема экспериментальной установки

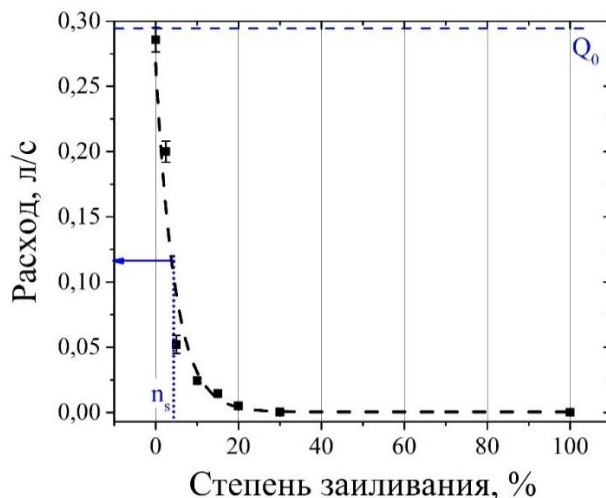


Рис. 2. Расход воды в зависимости от степени заиливания

Отчетливо видно, что расход резко убывает в диапазоне от 0 до 10% от степени заиливания. Далее форма кривой меняется незначительно, выходя на плато. Для определения критического значения расхода от степени заиливания на основе экспоненциальной зависимости предложен соответствующий метод. Зависимости между расходом и степенью заиливания аналитически удобно задавать в виде:

$$Q = Q_{\infty} + (Q_0 - Q_{\infty})e^{-n/n_s}, \quad (1)$$

где Q – расход (л/с); Q_0 и Q_{∞} – начальное и конечное значения расхода соответственно; n – степень заиливания; n_s – значение степени заиливания (параметр экспоненты), характеризующая экспоненциальную зависимость.

Используя параметр экспоненты n_s в уравнении (1), мы можем определить границы, при которой степень заиливания уменьшается в «e» раз. Полученное значение составляет менее 5%. На основе этого значения может определяться понижающий коэффициент расхода воды от заиливания через геотекстильный фильтр.

В результате выполнения работы установлена зависимость расхода воды от степени заиливания. Определен параметр экспоненциальной зависимости расхода воды от степени заиливания как предельное значение уровня снижения пропускной способности. Полученные данные могут быть использованы при определении долговременных характеристик фильтрационных материалов в гидротехническом строительстве.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Loktionova E.A., Miftakhova D.R. Fluid filtration in the clogged pressure pipelines //Magazine of Civil Engineering. – 2017. – №. 8 (76). – С. 214–224.
2. Veylon, G., Stoltz, G., Meriaux, P., Faure, Y., Touze-Foltz, N. Performance of geotextile filters after 18 years' service in drainage trenches. Geotext. Geomembr. 2016, 44, 515–533
3. Cazzuffi D., Mandaglio M. C., Moraci N. Hydraulic properties, behavior, and testing of geotextiles //Geotextiles. – Woodhead Publishing, 2016. – С.151–176.
1. Greenwood J.H., Schroeder H.F., Voskamp W. Durability of Geosynthetics Edition Second edition //Geosynthetics in civil engineering. – 2015. – С. 352.

ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ ТЕПЛООБМЕНА
ДЛЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ОЦЕНКИ ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТИ ОЗЕЛЕНЕННЫХ КРЫШ

В современных мегаполисах существует множество сложных экологических проблем. Эффективной стратегией решения этих проблем является строительство озелененных крыш. Зеленые крыши смягчают эффект городского теплового острова, повышают энергоэффективность зданий, способствуют снижению ливневого стока, увеличивают биоразнообразие среды, очищают воду и воздух, удлиняют срок службы крыш [1–3]. Ввиду вышеуказанных преимуществ зеленые крыши находятся в центре внимания многих исследователей. Наиболее привлекательны теплотехнические преимущества зеленых крыш [4]. Зеленые крыши эффективно рассеивают поглощенную тепловую энергию, уменьшая теплопередачу в помещения. Вследствие этого возрастает теплоустойчивость ограждающих конструкций и помещений, особенно в летний период. На основе изучения энергетического баланса зеленых крыш авторы Wong et al. [5], Theodosio [6], Porcaro et al. [7], Barrio [8], Sailor [9] пришли к выводу о том, что наиболее значимым механизмом рассеивания поглощенного тепла является испарительное охлаждение. В более ранних исследованиях показана ключевая роль теплового излучения листьев. Barrio [8], Sailor [9], Bevilacqua et al. [10] разработали многофакторные математические модели теплопереноса для анализа энергетических характеристик зеленых крыш. Эти модели, основанные на численном решении дифференциальных уравнений в частных производных, верифицированы на результатах натуральных экспериментальных исследований, что подтверждает высокую точность расчетов. Сложность применяемого в этих моделях математического аппарата, а также необходимость использования специальных компьютерных программ и программно-вычислительных комплексов сдерживает пока их широкое практическое применение. Кроме того, в указанных выше моделях не учитываются такие факторы как фотосинтез и дыхание растений, которые могут играть важную роль в энергетическом балансе зеленых крыш. Инженерные методы расчета уступают численным по точности, однако более просты и наглядны, а, следовательно, более доступны широкому кругу специалистов.

Целью данной работы является постановка граничных условий теплообмена для инженерной оценки теплоустойчивости озелененных крыш. Рассматривается контрольный объем, ограниченный нижней поверхностью грунта (субстрата) и наружным воздухом, омывающим растительный слой (полог).

Теплообмен поверхности озелененной крыши с окружающей средой чрезвычайно сложен. В общем случае этот процесс включает в себя следующие составляющие:

- теплоприток от солнечной (коротковолновой) радиации, поглощенной растительным слоем ($q_{sr,p}$);
- теплообмен длинноволновой радиацией между растительным слоем и атмосферой ($q_{lr,p\leftrightarrow sky}$);
- теплообмен длинноволновой радиацией между растительным слоем и грунтом ($q_{lr,p\leftrightarrow g}$);
- конвективный теплообмен между растительным слоем и окружающим воздухом ($q_{c,p\leftrightarrow amb}$);
- скрытая теплота растительного слоя ($q_{l,p}$);
- теплота, связанная с процессами фотосинтеза и дыхания растений (q_{ph});
- теплоприток от солнечной радиации, поглощенной грунтом ($q_{sr,g}$);

- теплообмен длинноволновой радиацией между открытой (незатененной листьями) поверхностью грунта и атмосферой ($q_{g \leftrightarrow sky}$);
- конвективный теплообмен грунта с окружающим воздухом ($q_{c,g \leftrightarrow amb}$);
- скрытая теплота грунта ($q_{l,g}$);

Предполагается, что горизонтальная поверхность крыши облучается солнечной энергией при полностью открытом небосводе.

Применяя первый закон термодинамики к контрольному объему, получим следующее уравнение теплового баланса:

$$q_{sr,p} + q_{lr,p \leftrightarrow sky} + q_{lr,p \leftrightarrow g} + q_{c,p \leftrightarrow amb} + q_{l,p} + q_{ph} + q_{sr,g} + q_{g \leftrightarrow sky} + q_{c,g \leftrightarrow amb} + q_{l,g} + q_{tr} = 0. \quad (1)$$

Здесь q_{tr} – плотность теплового потока, уходящего от контрольного объема в конструкцию. Формулы для расчета отдельных слагаемых уравнения (1) приведены в [7].

Учет всех вышеперечисленных факторов существенно усложняет математическую модель теплопереноса. Из уравнения (1) видно, что на поверхности зеленой крыши происходит сложный теплообмен, определяемый условиями второго рода (задана интенсивность теплового потока) и третьего рода (заданы условия теплообмена с окружающей средой). На внешней границе условие имеет вид:

$$\alpha_c (T_{amb} - T) + \alpha_r (T_{sky} - T) + a_{eq} q_r = -\lambda_{tr} \frac{\partial T}{\partial x}, \quad (2)$$

где α_c , α_r – соответственно коэффициенты конвективного и лучистого теплообмена; T_{amb} – температура окружающего воздуха; T – температура на поверхности; T_{sky} – радиационная температура небосвода; a_{eq} – эквивалентный коэффициент поглощения суммарной (прямой и рассеянной) солнечной радиации; q_r – интенсивность суммарной солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность; λ_{tr} – теплопроводность материала; x – пространственная координата.

Как показано в [10], влияние скрытой теплоты растительного слоя и грунта можно учесть с помощью их альбедо, непосредственно влияющих на теплопоглощение (коэффициент a_{eq}). Теплоту, связанную с процессами фотосинтеза и дыхания растений, в инженерном методе расчета можно не учитывать, так как вклад этой теплоты в энергетический баланс, как правило, незначителен.

Часто оказывается удобным заменить смешанное граничное условие (2) граничным условием третьего рода с эквивалентной температурой окружающего воздуха $T_{amb,eq}$, учитывающей воздействие солнечной радиации в виде:

$$(\alpha_c + \alpha_r)(T_{amb,eq} - T) = -\lambda_{tr} \frac{\partial T}{\partial x}. \quad (3)$$

Приравнявая левые части уравнений (2) и (3), получим искомое значение температуры:

$$T_{amb,eq} = \frac{\alpha_c T_{amb} + \alpha_r T_{sky} + a_{eq} q_r}{\alpha_c + \alpha_r}. \quad (4)$$

Для иллюстрации рассмотренной выше методики выполним расчет эквивалентной температурой для зеленой крыши с экстенсивным озеленением в климатических условиях Волгограда (48° с. ш.), с сухим жарким летом. Косинусоидальная зависимость $T_{amb}(z)$, характеризующая суточный ход температуры окружающей среды (здесь z – время, ч), определена на основании климатических данных СП 131.13330.2020, имеет следующий вид: $T_{amb}(z) = 24,2 - 9 \cos(\pi z / 12)$. Согласно ISO 13790 принята упрощенная модель небосвода, согласно которой $T_{sky} = T_{amb} - 11$. Дневной ход солнечной радиации $q_r(z)$ определен по имеющимся климатическим архивным данным (рис. 1).

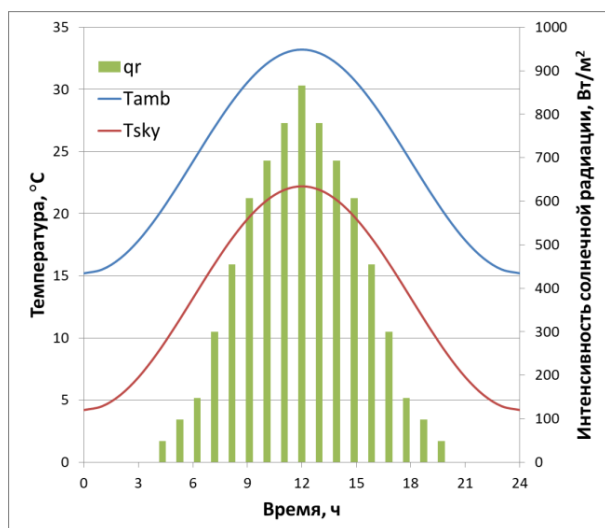


Рис. 1

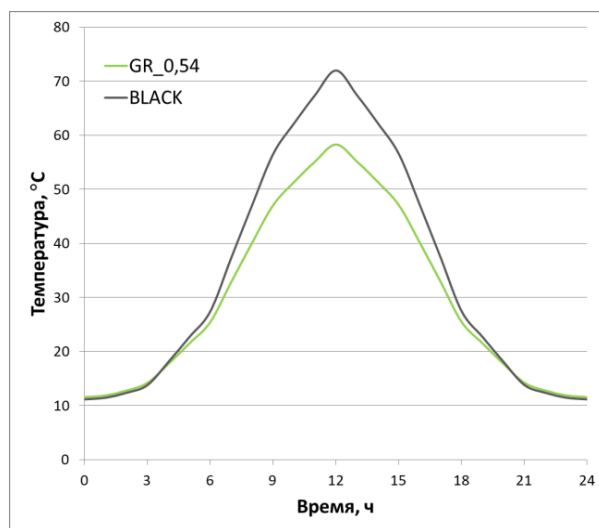


Рис. 2

Результаты расчета эквивалентной температуры наружного воздуха (рис. 2) получены при следующих параметрах: для озелененной крыши – $\alpha_c = 10,9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\alpha_r = 5,38 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $a_{eq} = 0,54$; для темной крыши – $\alpha_c = 11,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\alpha_r = 6,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $a_{eq} = 0,9$. Из рис. 2 видно, что максимальное значение температуры $T_{amb,eq}$ отмечается для темной крыши (72,0 °С). Озеленение крыши понижает эту температуру до 58,3 °С, т.е. на 13,7 °С. Озеленение крыши способствует пассивному охлаждению помещений и смягчению городских тепловых островов.

В дальнейшем запланировано проведение теоретических и экспериментальных исследований процесса теплопереноса в конструкциях озелененных крыш с целью разработки метода расчета пассивного охлаждения помещений в летний период.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Vijayaraghavan K. Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations, and trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. Vol. 57. Pp. 740–752.
2. Feng C., Meng Q., Zhang Y. Theoretical and experimental analysis of the energy balance of extensive green roofs. *Energy and Buildings*. 2010. Vol. 42. Pp. 959–965.
3. Vilar M.L., Tello L., Hidalgo A., Bedoya C. An energy balance model of heterogeneous extensive green roofs. *Energy & Buildings*. 2021. Vol. 250. Pp. 111265.
4. Korniyenko S.V. Advantages, limitations and current trends in green roofs development. A review. *AlfaBuild*. 2021. No 2002. Doi: 10.34910/ALF.20.2
5. Wong N.H., Chen Y., Ong C.L., Sia A. Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment. *Building and Environment*. 2003. Vol. 38. Pp. 261–270.
6. Theodosiou T.G. Summer period analysis of the performance of a planted roof as a passive cooling technique. *Energy and Buildings*. 2003. Vol. 35(9). Pp. 909–917.
7. Porcaro M., Ruiz de Adana M., Comino F., Peña A., Martín-Consuegra E. Long term experimental analysis of thermal performance of extensive green roofs with different substrates in Mediterranean climate. *Energy and Buildings*. 2019. Vol. 197. Pp. 18–33.
8. Barrio E.P.D. Analysis of the green roofs cooling potential in buildings. *Energy and Buildings*. 1998. Vol. 27(2). Pp. 179–193.
9. Sailor D.J. A green roof model for building energy simulation programs. *Energy and Buildings*. 2008. Vol. 40(11). Pp. 1466–1478.
10. Bevilacqua P., Mazzeo D., Bruno R., Arcuri N. Experimental investigation of the thermal performances of an extensive green roof in the Mediterranean area. *Energy and Buildings*. 2016. Vol. 122. Pp. 63–79.

**ДИНАМИЧЕСКИЙ ФАСАД: ОТ КОНЦЕПЦИИ ДО РЕАЛИЗАЦИИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАДИГМЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Цель работы – формулировка рабочего процесса, который может быть использован для реализации концепции динамического фасада на практике.

Развитие технологий в строительстве повышает требования к характеристикам зданий с экологической, социальной и экономической точек зрения. Динамические фасады обладают потенциалом повышения энергоэффективности зданий и повышения комфорта внутри помещений. Расширение возможностей программных инструментов и использование автоматизированного проектирования (параметрического, алгоритмического) открывают многообещающие возможности для достижения растущих требований к производительности фасадов зданий. Однако значительное количество проведённых исследований зачастую не находит применения в реальных проектах [1–3]. Преобразование статического фасада здания [4, 5] в адаптивный не только более требовательно к процессу проектирования, поскольку оно должно удовлетворять множество конкурентных требований к производительности, но и довольно часто ставит сложную задачу сделать проектируемую фасадную систему пригодной для строительства и эксплуатации [6, 7].

Результаты. В своём исследовании авторы демонстрируют пример реализации простого динамического фасада, разработанного с использованием алгоритмического проектирования и выводят схему, которой могут придерживаться проектировщики при разработке такой концепции.

Развитие концепции, предложенной авторами в качестве примера, основано на модели движения двери Торгглера Клемена [8]. Она состоит из 4-х треугольников, соединённых друг с другом двумя рояльными петлями и вращающейся петлей посередине. Структура срабатывания основана на вращении в плоскости верхнего и нижнего треугольников и движении центральных треугольников вне плоскости. С помощью этого типа движения возможно открытие и закрытие динамического фасада (рис. 1).

Авторы проанализировали путь солнца (или – дневная дуга, от англ. «sun path») [9] в зоне проектирования системы динамического затенения, и его проекция на фасад здания стала отправной точкой окончательного внешнего облика динамического фасада. Для разработки концепции динамического фасада авторы взяли дневную дугу солнца над зданием в зимние месяцы, спроецировав его на остеклённый фасад здания.

Вышеописанные параметры были использованы в качестве концепции, которая позже была смоделирована с помощью параметрической модели. Фасадный элемент был разделен на два основных элемента треугольной формы, характеризующихся типом вращательного движения — в плоскости и из плоскости (рис. 2).

Описание параметрической модели: каждый тип вращательного движения следует рассматривать отдельно, потому что разные типы движения требуют собственного параметрического определения в Grasshopper [10]. Тем не менее, движение всех частей должно быть определено последовательно, чтобы получить желаемое скоординированное движение всего элемента (элемента динамического фасада).

Координация движения целого элемента была выполнена с использованием параметра, который определяет степень вращения части элемента, который, следовательно, влияет на положение как плоскостных, так и внеплоскостных движущихся частей. Вращение плоскостной панели происходит вокруг оси, проходящей через левый верхний угол верхнего треугольника, перпендикулярно плоскостной панели. Так как две вершины внеплоскостной панели лежат на диагональной оси верхнего треугольника, то достаточно параметризовать только движение линии, выходящей из плоскости. Это было сделано путем переназначения доменов и использования их в качестве направлений движения.

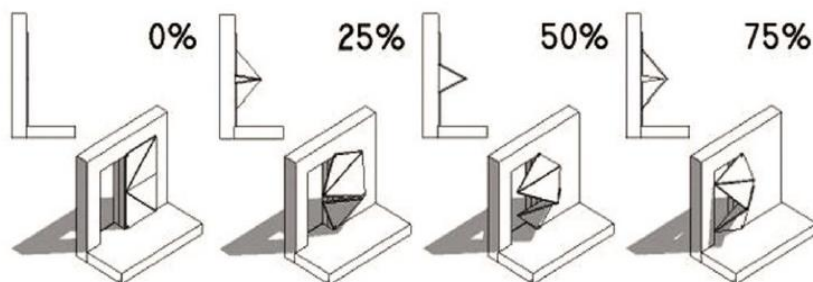


Рис. 1

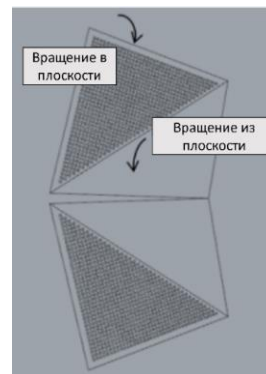


Рис. 2

Авторы использовали описанный выше алгоритмический шаблон для создания ряда различных типов фасадных элементов, которые отличаются размером верхней и нижней треугольных частей.

Описание реальной модели: на основе параметрической модели, описанной выше, был разработан механизм срабатывания фасада – переход от параметрической модели к реальной модели.

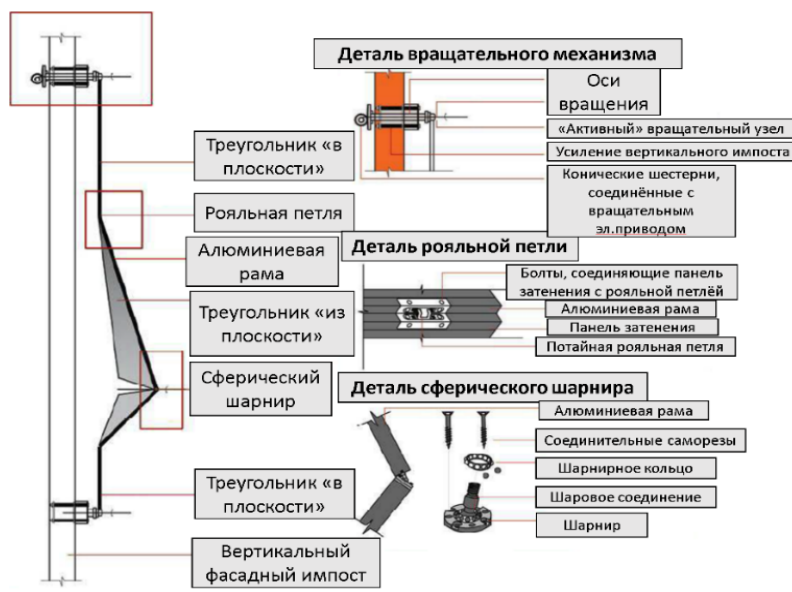


Рис. 3

Реальная модель затенения, как и параметрическая модель, состоит из 4-х треугольных элементов: два из которых (крайний верхний и крайний нижний) перемещаются только в плоскости (вращение) – соединение этих элементов с двумя центральными треугольниками (перемещающимися из плоскости) реализовано через потайную рояльную петлю, два треугольника в центре конструкции (перемещающиеся из плоскости) соединены через сферический шарнир. Для перевода вращательного движения на 90 градусов используются конические шестерни.

Приведение в действие затеняющего устройства (динамического фасада) осуществляется с помощью электродвигателя, обеспечивающего вращательное движение штоку, соединенному с активными шарнирами со спирально-коническим зубчатым колесом, изменяющим вращательное движение из одной плоскости в другую, как было упомянуто выше (см. рис. 3). При включении двигателя верхние треугольники начинают вращаться, что способствует выходу средних треугольников из плоскости, обеспечивая расхождение треугольников в разных плоскостях.

Затенение приводится в действие фоточувствительными датчиками, размещенными внутри помещения; они постоянно измеряют количество падающих на них люксов, а затем передают результаты на компьютер, который приводит в действие электродвигатель.

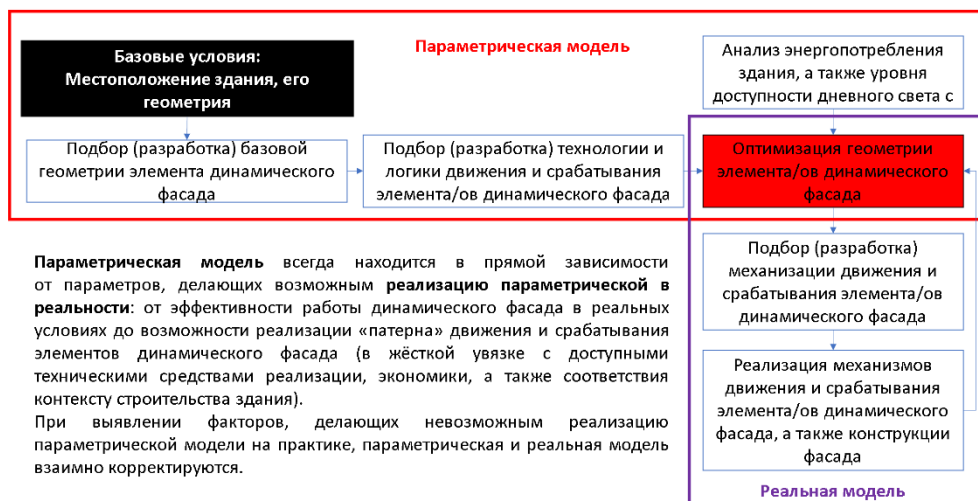


Рис. 4

Наконец, из приведённого выше примера проектирования и реализации динамического фасада, авторы вывели рабочий процесс, которому можно придерживаться для реализации динамического фасада, взаимоувязанную с разработкой концепции динамического фасада – *вывод исследования* (см. рис. 4).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Bueno B. et al. A systematic workflow for retrofitting office façades with large window-to-wall ratios based on automatic control and building simulations //Building and Environment. – 2018. – Т. 132. – С. 104-113.
2. Loonen R.C.G.M., et al. Climate adaptive building shells: State-of-the-art and future challenges //Renewable and sustainable energy reviews. – 2013. – Т. 25. – С. 483-493.
3. Nagy Z. et al. The adaptive solar facade: from concept to prototypes //Frontiers of Architectural Research. – 2016. – Т. 5. – №. 2. – С. 143-156.
4. Akimov L. et al. Evaluation of EN15193-1 on energy requirements for artificial lighting against Radiance-based DAYSIM //Journal of Building Engineering. – 2021. – Т. 40. – С. 102698.
5. Akimov L. et al. Shading System Design and Solar Gains Control for Buildings Passive Energy-Efficiency Improvement //Technological Advancements in Construction. – Springer, Cham, 2022. – С. 13-24.
6. Акимов Л. И., Баденко В. Л. Сравнительный метод биоклиматического проектирования адаптивных фасадных систем // Неделя науки ИСИ. – 2021. – С. 192-194.
7. Tablada A., Zhao X. Sunlight availability and potential food and energy self-sufficiency in tropical generic residential districts //Solar Energy. – 2016. – Т. 139. – С. 757-769.
8. Toggler's door official web-site, электронный ресурс (дата обращения: 13.03.2022): <http://www.torggler.co.at/>
9. Акимов Л.И., Баденко В.Л. Климатология, как основа пассивного энергоэффективного проектирования //Неделя науки ИСИ. – 2021. – С. 186-188.
10. Grasshopper. Algorithmic modelling for Rhino, электронный ресурс (дата обращения: 13.03.2022): <https://www.grasshopper3d.com/>

ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДА ОЦЕНКИ КЕО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ НА ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ПО EN15193-1 (ГОСТ 32498-2013)

Цель работы – произвести валидацию метода оценки общего коэффициента естественного освещения (КЕО или DF от англ. «daylight factor») по полной площади помещения. Этот метод является основой несимуляционного метода расчёта энергозатрат на искусственное освещение в EN15193-1 (ГОСТ 32498-2013 «Методы определения показателей энергетической эффективности искусственного освещения», далее – ГОСТ). ГОСТ предлагает метод упрощённого расчёта энергозатрат на искусственное освещение без построения геометрии здания и проведения симуляций. Необходимость валидации этого метода отражена в литературе [1] и проведена авторами исследования в других трудах [2, 3].

Подсчёт энергозатрат на искусственное освещение в ГОСТ производится по формуле (1):

$$\text{КПЭЭИОЗ} = \frac{W}{A} [\text{кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})], \quad (1)$$

где КПЭЭИОЗ – количественный показатель энергетической эффективности искусственного освещения здания (от англ. Lighting Energy Numerical Indicator, LENI) [кВт·ч/(м²·год)], W – общее годовое потребление энергии на освещение в здании [кВт ч / год]; A – общая полезная площадь здания или помещения [м²].

Важнейшим параметром в расчёте W является $W_{L,t}$ – энергия освещения, необходимая для обеспечения заданного уровня освещённости [кВт/год]. $W_{L,t}$ находится в прямой зависимости от F_D , фактора зависимости энергозатрат на искусственное освещение от уровня дневного света (доступности дневного света). F_D – это функция геометрии здания, геометрии оконных проёмов, наличия затеняющих устройств, свойств остекления и т.д. Расчёт данного параметра представлен в EN15193-1:2017 [4], являющимся межгосударственной версией ГОСТ.

Основным параметром в расчёте F_D является КЕО или DF. DF обычно рассчитывается с учетом всей площади оцениваемого помещения [5]. Напротив, ГОСТ предлагает упрощённый вариант расчёта КЕО – в данном случае в расчёте учитываются только области помещения, на которые непосредственно попадает прямой дневной свет. Таким образом, этот «DF» по ГОСТ не следует рассматривать как действительный показатель сам по себе, а скорее, как промежуточный параметр, который служит для классификации зоны по доступности дневного света и расчёта потребности в энергии для освещения.

DF (по ГОСТ) на участке помещения равен сумме DF в местах перекрытия освещённых зон – используется принцип суперпозиции [6] (рис. 1).

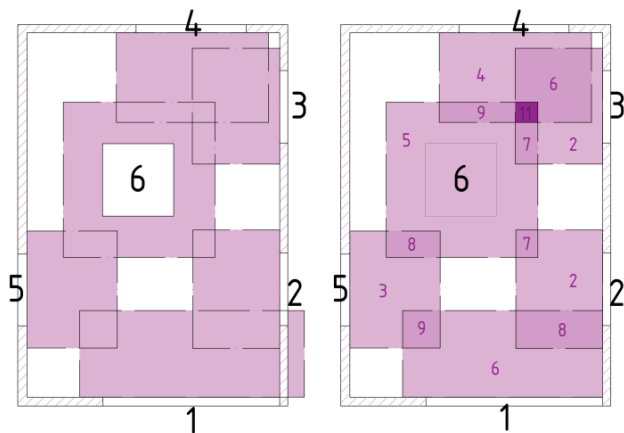


Рис. 1

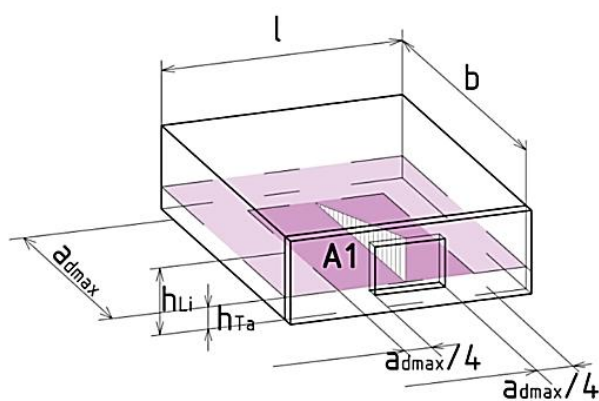


Рис. 2

Общий DF по ГОСТ для всей освещенной дневным светом площади зоны рассчитывается как сумма средневзвешенных DF для каждого освещенного участка помещения. Вес определяется как площадь освещенного участка помещения, деленная на общую освещенную площадь, см. формулу (2):

$$DF_{\text{финальный}} = \sum (DF_i \times \frac{A_i}{A_{\text{общ}}}), \quad (2)$$

где DF_i – это КЕО одной освещённой зоны A_i .

Каждая освещенная дневным светом площадь A_i оценивается по формуле (3):

$$A_i = a_d(w + \frac{1}{2}a_d), \quad (3)$$

где w – ширина оконного проёма [м], а a_d – глубина освещенного дневным светом участка [м] (см. рис. 2).

Результаты. Для валидации этого метода подсчёта среднего DF авторами был построен простой эксперимент: на примере моделирования помещения с параметрами WWR 0,1 (отношение остеклённой части фасада к неостеклённой – от англ. «window to wall ratio») с 8 оконными проёмами на одном фасаде. В этом случае 61,46 % общей площади помещения составляют зоны, в которых освещённые участки накладываются друг на друга – это увеличивает общий DF (рис. 3). Из рис. 3 видно, что чем ближе окно 1 к окну 2, тем больше площадь перекрытия освещённых участков помещения.

Чтобы лучше проанализировать эту зависимость между распределением окон на фасаде и взаимным перекрытием освещённых участков помещения на рис. 4 представлен наглядный пример. Авторы сохранили размеры фасада (как на примере из рис. 3) и поставили одно окно посередине фасада такой же ширины, как ширина окна 1 (или 2) на рис 3. DF для освещенной дневным светом области, проходящим через проем 1*, при коэффициенте пропускания видимого света 0,63 составил 2,267 (рассчитано при помощи программного комплекса DAYSIM [7]). Поскольку в этом примере смоделировано всего лишь одно окно, этот DF также является DF для всей освещенной дневным светом области комнаты (общим DF).

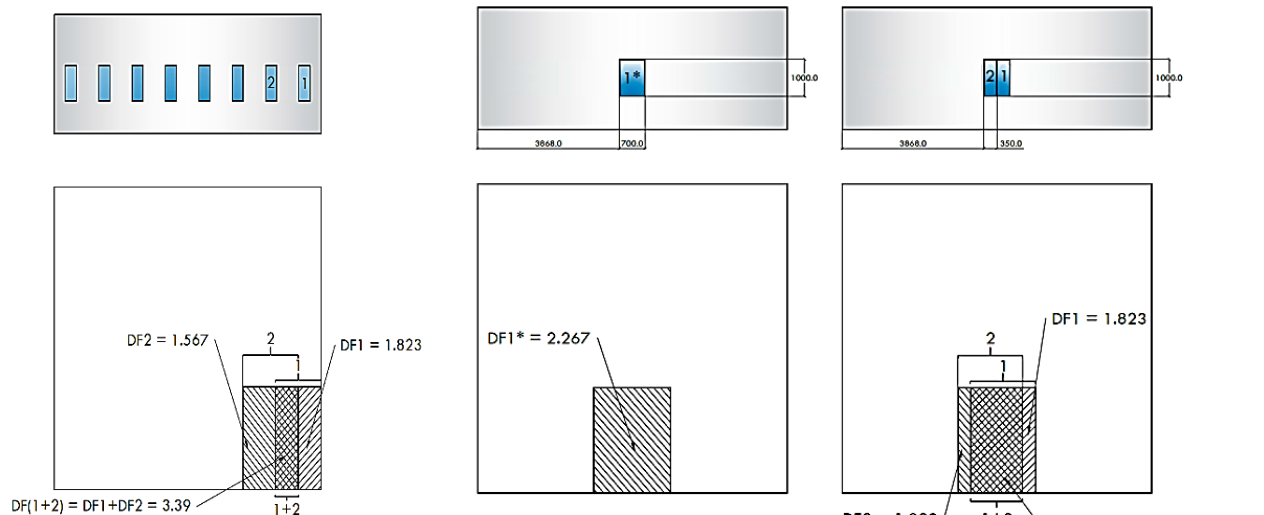


Рис. 3

Рис. 4

Разделив окно 1* на два окна шириной 0,35 м каждое с нулевым промежуточным расстоянием, то есть два окна смоделированы в том же положении и в тех же габаритах (в сумме), что и окно 1* (рис. 4 слева), получится конфигурация, представленная на рис. 4 справа.

- Общая площадь, освещённая дневным светом, от проёмов 1 и 2 (расчёт площади внутри внешнего периметра площадей, освещённых дневным светом, образованных от проёмов 1 и 2) – такая же, как и площадь, освещённая дневным светом от одного проёма 1* и составляет 6,07 м²;

- Освещенная площадь от одного проема 1 составляет $5,136 \text{ м}^2$, что дает весовой коэффициент $5,136 / 6,07 = 0,846$;
- Освещенность и весовой коэффициент для проема 2 такие же, как и для проема 1;
- Общий DF составляет $1,823 \times 0,846 + 1,823 \times 0,846 = 3,08$ (завышение на 35 % по сравнению со случаем слева на рис. 4).

Выводы. Принцип суперпозиции, предложенный ГОСТом для оценки общего DF, может приводить к завышению истинных показателей DF. Авторам ГОСТа следует проработать возможные варианты усовершенствования этого метода. Завышенная оценка общего DF приводит к заниженной оценке КПЭЭИОЗ (LENI) для случая расчёта энергозатрат на искусственное освещение в помещениях с большим количеством окон на освещённом фасаде.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Aghemo C. et al. The new prEN 15193-1 to calculate the energy requirements for lighting in buildings: comparison to the previous standard and sensitivity analysis on the new influencing factors //Energy Procedia. – 2016. – Т. 101. – С. 232–239.
2. Акимов Л.И., Баденко В.Л. Валидация метода оценки энергозатрат на искусственное освещение по ГОСТ 32498-2013 //Неделя науки ИСИ. – 2021. – С. 183–185.
3. Akimov L. et al. Evaluation of EN15193-1 on energy requirements for artificial lighting against Radiance-based DAYSIM //Journal of Building Engineering. – 2021. – Т. 40. – С. 102698.
4. EN15193-1:2017. Energy performance of buildings; Energy requirements for lighting.
5. UNI 10840:2007: Luce e illuminazione – Localiscostastici – Criterigenerali per l'illuminazioneartificiale e naturale.
6. CEN/TR 15193-2: Energy performance of buildings – Energy requirements for lighting – Part 2: Explanation and justification of EN 15193-1, Module M9.
7. DAYSIM official web-site (2019), электронный ресурс (дата обращения: 13.03.2022): <https://daysim.ning.com/>

УДК 69.009.1

Л.И. Акимов, В.Л. Баденко

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КОНЦЕПЦИЯ РАБОТЫ КОРНЕВОЙ XML-СХЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОКС ДЛЯ СОПРОВОЖДЕНИЯ ЭТАПОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОКС

Цель работы – разработка концепции работы корневой XML-схемы для обеспечения организации работ по передаче и хранению сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объектов капитального строительства для информационного сопровождения процессов строительства, реконструкции, реставрации и эксплуатации.

Разработка логики работы научно-обоснованной XML-схемы, подлежащей использованию для формирования документов, включаемых в информационную модель объектов капитального строительства, выработана авторами в рамках реализации государственного запроса о разработке мероприятий по совершенствованию технического регулирования в строительной сфере Государственной программы Российской Федерации «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации» по Государственному заданию на выполнение услуг (работ) Федеральным автономным учреждением «Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве».

Выполнение научно-исследовательской работы по разработке научно-обоснованной XML-схемы, подлежащей использованию для формирования документов, включаемых в информационную модель объектов капитального строительства (ИМ ОКС или BIM модель),

направлено на выполнение следующих пунктов поручения Президента Российской Федерации В.В. Путина от 19 июля 2018 г. № Пр-1235.

- переход к системе управления жизненным циклом объектов капитального строительства путем внедрения технологий информационного моделирования;
- применение типовых моделей системы управления (проектной, строительной, эксплуатационной и утилизационной), в первоочередном порядке в социальной сфере.

На ранних этапах проектирования информация о модели BIM не является точной, поскольку она не подвергается множественным изменениям на последующих этапах проектирования. В настоящее время методы планирования на основе моделей не способны управлять несколькими уровнями развития, включая описание их геометрической и семантической неопределенности информации. Ни формального определения уровня развития компонента здания, ни четкого описания нечеткости информации не существует. Напротив, модель BIM выглядит точной и определенной, что может привести к ложным предположениям и оценкам модели, как в случае расчетов энергоэффективности [1-3] или структурного анализа, которые влияют на проектные решения, принимаемые на всех этапах проектирования. С ростом специализации и неоднородности проектов строительная отрасль нуждается в высоком уровне взаимодействия. 15 сентября 2020 г. было подписано Постановление Правительства Российской Федерации № 1431, регламентирующее правила формирования и ведения информационной модели (ИМ) объекта капитального строительства, а также состав включаемых в нее данных и требования к форматам электронных документов. Обязательство по ведению и формированию ИМ возложено на застройщика или технического заказчика. Однако существует проблема отсутствия механизмов машинной проверки (верификации) данных, передаваемых в виде ИМ объекта капитального строительства (ОКС) или определенных частей ИМ между различными системами (например, от заказчика экспертизе, от исполнителя в государственную информационную систему обеспечения государственной деятельности (ГИСОГД) или другие государственные информационные системы), также необходимо разработать методические основы формирования структуры ИМ на разных этапах жизненного цикла (ЖЦ) для разных видов ОКС [4-7].

Необходимость поддержки единой информационной модели на всём протяжении жизненного цикла объекта капитального строительства (этапы выполнения инженерных изысканий, осуществления архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта, эксплуатации, вывода из эксплуатации, в т.ч. сноса и утилизации объекта капитального строительства) требует создание единого формата для консолидации и структурирования всех данных по информационной модели, начиная от объектно-ориентированной параметрической трехмерной модели здания или сооружения и ассоциативно связанных с трёхмерной моделью двухмерных чертежей.

Для этой задачи широко применяется универсальный формат XML, являющийся расширяемым языком разметки, который подходит для описания структурированных данных. В рамках данного исследования авторы концентрируются на разработке логики работы корневой XML-схемы информационной модели, необходимой для структурирования разрабатываемых XML-схем, для возможности обеспечения эффективного сбора, обработки, систематизации, учёта, включения в информационные модели и хранение взаимосвязанных сведений, документов и материалов об объекте капитального строительства (или линейном объекте), а также возможности эффективной ориентации в базе данных информационных моделей для формирования адекватного представления участников инвестиционно-строительной деятельности о проекте, а также о необходимом взаимодействии и алгоритмах взаимодействия для реализации проекта.

Корневая XML-схема, определяющая структуру и состав ИМ, должна быть разработана в соответствии с ГОСТ Р 10.0.02-2019/ИСО 16739-1:2018 «Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Отраслевые базовые классы (IFC) для обмена и управления данными об объектах строительства. Часть 1. Схема данных».

Корневая XML-схема информационной модели должна эффективно взаимодействовать всех участников строительно-инвестиционной деятельности в процессе реализации следующих этапов жизненного цикла объектов капитального строительства (а также линейных объектов) и характерных для этих этапов нормативно-технических процедур:

- 1) «подготовительный этап» перед началом строительства;
- 2) строительство объектов капитального строительства и линейных объектов, в т.ч. их реконструкция/реставрация;
- 3) «этап ввода объекта в эксплуатацию»;
- 4) эксплуатация зданий и сооружений.

Эффективное взаимодействие может быть обеспечено за счёт полной осведомлённости участников инвестиционно-строительной деятельности о реализуемом проекте, необходимых процедурах и необходимых данных, которыми им необходимо обмениваться. Корневая схема поможет структурировать данные об информационных моделях вышеописанных этапов жизненного цикла объектов и эффективно / оперативно отслеживать изменения, которым подвергаются информационные модели в процессе реализации проекта.

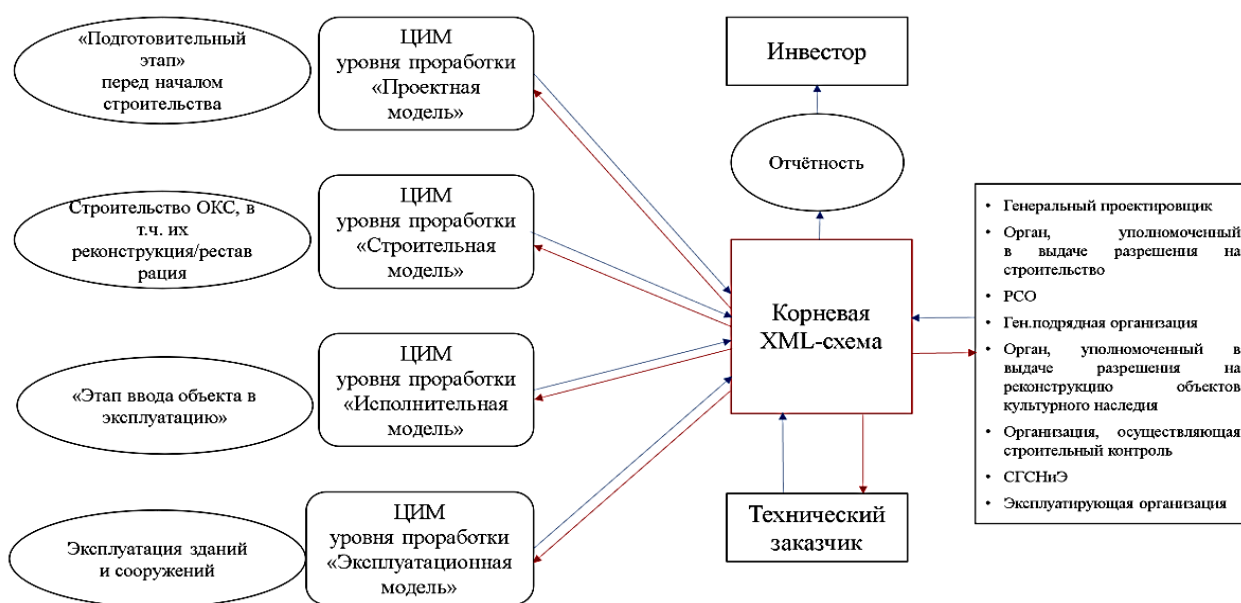


Рис. 1

Так, для «подготовительного этапа» перед началом строительства, для этапа строительства, а также для этапа «ввода объекта в эксплуатацию» необходимо сопровождение взаимодействия следующих участников инвестиционно-строительной деятельности для возможности реализации необходимых нормативно-технических процедур, характерных для данного этапа жизненного цикла объектов капитального строительства и линейных объектов:

- 1) инвестором/застройщиком и техническим заказчиком;
- 2) техническим заказчиком и органом, уполномоченным в выдаче разрешения на строительство, а также органом, уполномоченным в выдаче разрешения на реконструкцию объектов культурного наследия, организацией ген.проектировщика, ген.подрядной организацией, лицом, осуществляющим строительный контроль, службой государственного строительного надзора и экспертизы;
- 3) техническим заказчиком и эксплуатирующей организации, а также эксплуатирующей организацией и нанимаемыми в процессе эксплуатации подрядными организациями (на этапе эксплуатации ОКС по факту получения ЗОС и РНВ).

Выводы: таким образом, через конечную XML-схему должно быть, в первую очередь, обеспечено общее взаимодействие необходимых (в зависимости от этапа жизненного цикла)

участников строительно-инвестиционной деятельности. Более того, корневая XML-схема предполагает структурирование всех ЦИМ и взаимосвязанных с ними XML-схем для реализации необходимых нормативно-технических процедур, характерных для каждого этапа жизненного цикла ОКС. Концепция работы корневой XML-схемы представлена на рис. 1.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Akimov L. et al. Evaluation of EN15193-1 on energy requirements for artificial lighting against Radiance-based DAYSIM //Journal of Building Engineering. – 2021. – Т. 40. – С. 102698.
2. Akimov L. et al. Shading System Design and Solar Gains Control for Buildings Passive Energy-Efficiency Improvement //Technological Advancements in Construction. – Springer, Cham, 2022. – С. 13–24.
3. Акимов Л.И., Баденко В.Л. Сравнительный метод биоклиматического проектирования адаптивных фасадных систем //Неделя науки ИСИ. – 2021. – С. 192–194.
4. Волков С.А., Хрипко Т.В. Применение XML-схем при формировании структуры информационной модели объектов капитального строительства //Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15. – №. 11.
5. Khalili A. An XML-based approach for geo-semantic data exchange from BIM to VR applications //Automation in Construction. – 2021. – Т. 121. – С. 103425.
6. Costa G., Sicilia A. Alternatives for facilitating automatic transformation of BIM data using semantic query languages //Automation in Construction. – 2020. – Т. 120. – С. 103384.
7. Patacas J., Dawood N., Kassem M. BIM for facilities management: A framework and a common data environment using open standards //Automation in Construction. – 2020. – Т. 120. – С. 103366.

УДК 692.232.45

Л.И. Акимов, В.Л. Баденко
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМАТИКИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ФАСАДОВ. ИНДИКАТОР FVPI

Цель работы – формулировка методологии решения проблематики оценки эффективности адаптивных фасадных систем.

Фасадные системы зданий играют важную роль в регулировании теплопередачи между внутренней и внешней средой зданий. Системы дневного и искусственного освещения также могут регулироваться ограждающими конструкциями здания [1, 2]. В связи с изменением климата и прогнозируемым общим повышением глобальной температуры основное внимание в проектируемых зданиях уделяется минимизации использования ими первичной энергии. В результате проектирование и внедрение новых типов ограждающих конструкций: интерактивных адаптивных и динамических, может привести к улучшению характеристик энергопотребления зданий [1].

Адаптивные фасады реагируют на изменение условий окружающей среды (количество дневного света, температуру наружного воздуха или другие условия окружающей среды) или адаптируются к предпочтениям, установленным пользователями зданий – обеспечивают комфортные условия в помещениях. Статические системы затенения хорошо зарекомендовали себя в эффективной защите от чрезмерного солнечного излучения или, напротив, в задаче по «сбору дневного света» [3]. Пользовательское изменение положения статических затеняющих устройств «вручную» приводит к проблеме «связи эффективности системы затенения с поведением пользователей» – зачастую статическое положение систем затенения выбирается из субъективного представления пользователя о комфорте внутри помещения. Это может привести к последующему увеличению потребности в искусственном освещении и кондиционировании, впоследствии приводящее к ухудшению характеристик энергоэффективности здания [4]. «Динамическая» (или «адаптивная») система затенения может решить эту проблему посредством обеспечения потенциально непрерывной регулировки положения затеняющих устройств в

соответствии с изменениями местных климатических условий (например, положением солнца в течение дня) [1]. Адаптивные системы затенения стремятся достичь равновесия между энергоэффективностью, тепловым и визуальным комфортом внутри здания. Кроме того, внедрение инновационных технологий, таких как динамические фасады, может сыграть важную роль в процессе цифровизации жизненных циклов зданий различного назначения [5].

Существует несколько исследований (например, [6]), в которых авторы обсуждают оценку эффективности зданий с адаптивными фасадами с точки зрения энергозатрат на искусственное освещение и их влияния на визуальный комфорт внутри помещений. Тем не менее, открытым вопросом к применимости адаптивных фасадов является вычисление их эталонной производительности. Открытой остаётся проблема оценки производительности таких фасадов, что приводит к трудностям их эффективного проектирования [1].

Основой предложенной методологии является сравнительный анализ: моделируются несколько адаптивных фасадных систем с разными геометрическими характеристиками в одних и тех же базовых условиях, после чего сравнивается их эффективность при помощи выведенного авторами индикатора *FVPI* (индикатор «улучшения визуальной производительности фасада» от англ. Facade Visual Performance Improvement) [7]. Базовыми условиями анализа являются климатические характеристики района строительства и здание, на котором проектируется адаптивный фасад (его геометрия, ориентация фасадных частей и характеристики фасадного остекления). В рабочем процессе авторы предлагают моделировать существующие эффективные динамические фасадные решения, представляющие различные типологии динамических фасадов (на данный момент существует очень малое количество таких решений) для включения в сравнение с разрабатываемой концепцией динамического фасада (сравнительный анализ с точки зрения эффективности работы разрабатываемого динамического фасада). Визуальные характеристики динамических фасадов предлагается анализировать с использованием широко используемых динамических показателей – *UDI* (полезная освещенность дневным светом от англ. useful daylight illuminance) и *DA* (автономия дневного света от англ. daylight autonomy).

UDI, предложенный Мардальевичем и Набилем в 2005 г., представляет собой динамическую метрику характеристик дневного света, основанную на освещенности рабочей плоскости [8]. *UDI* определяется как ежегодное появление уровней дневного света в рабочей зоне, которые считаются полезными для пользователей. По разным данным [9] дневная освещенность в диапазоне 100-3000 лк считается эффективной в пределах зданий различного назначения. В частности, для офисных зданий этот диапазон считается эффективным от 100 лк до 2000 лк: т. е. на рабочей плоскости не слишком темно (< 100 лк) и не слишком ярко (> 2000 лк).

DA измеряет годовую частоту достижения заданного значения освещенности только с использованием дневного света и широко используется в современных стандартах оценки дневного света [10]. Он представлен в виде процента годового дневного времени, в течение которого данная точка в пространстве находится выше заданного уровня освещенности. Эта метрика использует освещенность рабочей плоскости как индикатор того, достаточно ли дневного света в помещении, чтобы человек мог работать только при дневном свете.

Вывод: чтобы иметь возможность проводить точную оценку улучшения визуальных характеристик динамических фасадов в сравнительном выражении, в данном исследовании авторами был предложен альтернативный инновационный показатель – улучшение визуальных характеристик фасадов (*FVPI*). *UDI* и *DA* являются базовыми показателями, составляющими *FVPI*:

$$FVPI = \left[\left(\frac{UDI_n}{UDI_r} - 1 \right) + \left(\frac{DA_n}{DA_r} - 1 \right) \right] \times 100 [\%], \quad (1)$$

где $\left(\frac{UDI_n}{UDI_r} - 1 \right)$ – это отношение, показывающее общее улучшение *UDI* *n*-й модифицированной конфигурации (*UDI_n*) по сравнению с эталонной конфигурацией (*UDI_r* от англ. reference);

$(\frac{DA_n}{DA_r} - 1)$ – это отношение, показывающее общее улучшение DA n -й модифицированной конфигурации (DA_n) по сравнению с эталонной конфигурацией (DA_r).

Требуется установить эталонный динамический фасад («эталонная конфигурация»), визуальные характеристики которого сравниваются с визуальными характеристиками рассматриваемого динамического фасада («модифицированная конфигурация»).

В [7] авторы провели подобный сравнительный анализ, на основе которого предварительную концепцию динамического фасада авторы модернизировали и смогли добиться лучших результатов эффективности динамического фасада с точки зрения доступности дневного света и, следовательно, визуального комфорта внутри помещений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Konstantoglou M., Tsangrassoulis A. Dynamic operation of daylighting and shading systems: A literature review //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. – Т. 60. – С. 268–283.
2. Akimov L. et al. Evaluation of EN15193-1 on energy requirements for artificial lighting against Radiance-based DAYSIM //Journal of Building Engineering. – 2021. – Т. 40. – С. 102698.
3. Akimov L. et al. Shading System Design and Solar Gains Control for Buildings Passive Energy-Efficiency Improvement //Technological Advancements in Construction. – Springer, Cham, 2022. – С. 13–24.
4. D’Oca S., Hong T., Langevin J. The human dimensions of energy use in buildings: A review //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2018. – Т. 81. – С. 731–742.
5. Badenko V.L. et al. Integration of digital twin and BIM technologies within factories of the future //Magazine of Civil Engineering. – 2021. – №. 1 (101). – С. 10114.
6. Loonen R.C.G.M. et al. Review of current status, requirements and opportunities for building performance simulation of adaptive facades //Journal of Building Performance Simulation. – 2017. – Т. 10. – №. 2. – С. 205–223.
7. Акимов Л.И., Баденко В.Л. Сравнительный метод биоклиматического проектирования адаптивных фасадных систем // Неделя науки ИСИ. – 2021. – С. 192–194.
8. Nabil A., Mardaljevic J. Useful daylight illuminance: a new paradigm for assessing daylight in buildings //Lighting Research & Technology. – 2005. – Т. 37. – №. 1. – С. 41–57.
9. Li D.H.W., Cheung G.H.W., Lau C.C.S. A simplified procedure for determining indoor daylight illuminance using daylight coefficient concept //Building and Environment. – 2006. – Т. 41. – №. 5. – С. 578–589.
10. Li D.H.W. A review of daylight illuminance determinations and energy implications //Applied Energy. – 2010. – Т. 87. – №. 7. – С. 2109–2118.

УДК 65.011.56

Л.И. Акимов, В.Л. Баденко
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК КАК СРЕДСТВО УПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВЫМ АКТИВОМ НЕДВИЖИМОСТИ НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОКС

Цель работы – формулировка основных проблем, решаемых цифровыми двойниками зданий при их использовании на этапе жизненного цикла объекта капитального строительства (ОКС) – эксплуатации.

Цифровые технологии позволяют создать адаптирующуюся под постоянно меняющиеся условия среду – цифровую модель актива. Обращение к цифровой модели актива позволяет его собственнику своевременно и эффективно регулировать процессы принятия решений, а также определять вектор развития актива под влиянием внешних факторов. Отсутствие такой модели в арсенале владельца актива может привести к снижению конкурентоспособности ввиду возникновения проблем в его управлении, связанных с постоянно изменяющимися граничными условиями.

Уровень проработки цифровой информационной модели (далее – ЦИМ) «as-is» («как есть») предполагает идентичное (зеркальное) отображение фактически построенного и

эксплуатируемого актива недвижимости в цифровой среде. Модель такого уровня проработки является виртуальным отображением всех элементов здания и содержит детальную информацию о всех его системах. Поэтому такая модель также именуется «эксплуатационной моделью» или «цифровым двойником». Цифровой двойник здания представляет собой динамически изменяемую среду, позволяющую отслеживать происходящие в активе недвижимости технические и иные процессы в режиме реального времени.

ИМ уровня проработки «Эксплуатационная модель» (согласно классификации СП 333.1325800.2020 Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла) дополнит картину, существующую в информационных системах владельца актива недвижимости, информацией об объекте недвижимости в удобоваримом виде, откроет ряд перспективных полезных функций в его управлении.

В соответствии с ГОСТ Р 57311-2016 Моделирование информационное в строительстве. Требования к эксплуатационной документации объектов завершеного строительства применение эксплуатационной ЦИМ для владельца цифрового и физического актива может обеспечить:

- повышение качества организационного и стратегического планирования в процессе эксплуатации на основе полной и точной информации о цифровых активах объекта;
- безошибочность и своевременность принятия решений, касающихся расходов на эксплуатацию и техническое обслуживание цифровых активов, исходя из их фактической производительности и состояния;
- поддержание заданного уровня надёжности активов (минимизация простоев, отказов, предупреждение падения эксплуатационных характеристик оборудования) за счёт качественного информационного обеспечения процессов эксплуатации и технического обслуживания данных активов;
- повышение уровня безопасности эксплуатации за счёт организации оперативного доступа к требуемой для принятия решений информации в случае нештатных ситуаций и возможных аварий;
- оптимизация структуры архивов исполнительной документации для оперативного обращения службы технической эксплуатации к интересующему разделу документации;
- мониторинг параметров энергетической эффективности здания и его компонентов для оптимизации энергопотребления здания и улучшения уровня энергетической эффективности.

Некоторые исследования (например, [1]) говорят о том, что затраты на этапах проектирования и строительства здания составляют до 20% от общих совокупных затрат на владение объектом по этапам жизненного цикла здания. Большая часть затрат (в районе 80%) заключена в цикле эксплуатации здания (расчётный срок службы не менее 50 лет, класс здания КС-2 по ГОСТ 27751-2014), что включает в себя техническое обслуживание, мониторинг, ремонт, периодическую замену, восстановление различных систем здания. В течение жизненного цикла добавляются затраты, связанные с поддержанием надёжности объекта, характеристик, обеспечивающих его безаварийное функционирование.

В современном строительстве существует распространённое явление, связанное с несоответствием фактически построенного и эксплуатируемого строительного объекта спроектированному. Эта проблема, проявляющаяся в момент передачи строительного объекта от строительной службы в службу эксплуатации (работающей на фактически построенном объекте), может быть решена за счёт внедрения информационного моделирования на разных этапах жизненного цикла объекта: от предпроектного этапа до периода эксплуатации с внесением всех изменений, претерпеваемых объектом, в информационную модель. Так, цифровая информационная модель здания на этапе проектирования и строительства называется «as-designed» BIM, на этапе окончания

строительства и ввода объекта в эксплуатацию – «as-built» BIM, на этапе эксплуатации – «as-is» BIM. Эти модели могут существенно отличаться друг от друга [2], в связи с чем, проявляется несогласованность между создаваемым производством и производственной инфраструктурой, в рамках которой производство должно функционировать [3]. Ключевым следствием данного разрыва является стадия опытной эксплуатации, требующая времени. Чем значительнее и критичнее ошибки и несоответствия «as-built» производства и производственной инфраструктуры, тем значительнее операционные издержки [3].

Авторы исследования [3] выделяют следующие базовые подходы к организации управления жизненным циклом сложных технических систем, производства и производственных инфраструктур в условиях глобальной цифровизации:

- внедрение BIM технологий не только на стадии проектирования или строительства, где данная технология уже хорошо себя зарекомендовала, но и в процессе эксплуатации существующих объектов, производств и производственных структур, созданных до появления BIM-технологий;
- вовлечение потенциального владельца актива (инвестора) и эксплуатирующую объект организацию в процесс создания и проектирования объекта;
- BIM-модель становится основой для формирования цифрового актива создаваемой на базе цифрового двойника объекта или сложной технической системы.

Практическое применение BIM в управлении объектами показывает значительное повышение эффективности обслуживания объектов. Поиск информации о конкретном элементе здания эксплуатирующей организацией сократился на 30% в сравнении с использованием классического бумажного архива. Время, затрачиваемое на поиск конкретных неисправных компонентов, изучение данных, связанных с этими компонентами, и составление плана технического обслуживания, может быть сокращено также примерно на 50%. Интеграция BIM в управление объектами представляет собой инструмент, позволяющий регулировать и проводить мониторинг энергоэффективности различных инженерных систем и здания в целом.

Цифровой двойник (DT от англ. Digital Twin) – это динамичная среда, которая должна дополняться в течение срока эксплуатации здания опытными данными от службы эксплуатации. Цифровая информационная модель объекта фактически становится цифровой моделью актива, так как позволяет моделировать и прогнозировать последствия принимаемых решений. DT объединяют искусственный интеллект, машинное обучение и аналитику данных для создания динамических цифровых моделей, которые могут изучать и обновлять статус физического аналога из нескольких источников. DT, если он оснащён соответствующими алгоритмами, будет представлять и предсказывать будущее состояние и производительность своих физических аналогов [5]. Интернет вещей (IoT от англ. Internet of Things) – одна из ключевых технологий, позволяющих связать BIM с данными в реальном времени (или почти в реальном времени). Комбинация BIM с IoT открывает возможность рассматривать здание и его компоненты как интеллектуальные продукты, способные предоставлять информацию об их состоянии в реальном времени на этапе эксплуатации объекта [6].

Выводы. DT является точной и эффективной базой данных, с помощью которой владелец актива может эффективно принимать решения, проводить мониторинг интересующих процессов и налаживать коммуникацию и взаимодействие между различными службами. Более того, у владельца актива появляется возможность осуществлять простой поиск и хранение данных об обслуживании, инвентаризации, гарантии, установке и эксплуатации актива. Владельцу актива становится возможным осуществлять эффективное управление и планирование действий, графиков, труда и пространства. Владелец актива сможет производить удобное обслуживание и отслеживание активов, реализовывать оптимальное планирование действий в случае возникновения аварийных ситуаций. Владелец актива сможет планировать оптимальное использование энергии [7–8], коммунальных услуг и материалов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Деменев А.В., Артамонов А.С. Информационное моделирование при эксплуатации зданий и сооружений // Вестник евразийской науки. – 2015. – Т. 7. – №. 3 (28).
2. Lin Y.C., Lin C.P., Hu H.T., Su Y.C. Developing final as-built BIM model management system for owners during project closeout: A case study // Advanced Engineering Informatics. 2018. No. 36. P. 178–193. DOI: 10.1016/j.aei.2018.04.001.
3. Баденко В.Л. и др. Цифровые двойники сложных технических систем в индустрии 4.0: базовые подходы // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. – 2020. – Т. 13. – №. 1. – С. 20–30.
4. Bolshakov N. et al. As-built BIM in real estate management: the change of paradigm in digital transformation of economy // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – Т. 940. – №. 1. – С. 012017.
5. Qiuchen Lu V. et al. Developing a dynamic digital twin at a building level: Using Cambridge campus as case study // International Conference on Smart Infrastructure and Construction 2019 (ICSIC) Driving data-informed decision-making. – ICE Publishing, 2019. – С. 67-75.
6. Turner C.J. et al. Utilizing Industry 4.0 on the Construction Site: Challenges and opportunities // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2020. – Т. 17. – №. 2. – С. 746–756.
7. Akimov L. et al. Shading System Design and Solar Gains Control for Buildings Passive Energy-Efficiency Improvement // Technological Advancements in Construction. – Springer, Cham, 2022. – С. 13-24.
8. Акимов Л.И., Баденко В.Л. Сравнительный метод биоклиматического проектирования адаптивных фасадных систем // Неделя науки ИСИ. – 2021. – С. 192–194.

УДК 626.86

И.С. Панасенкова, Ю.В. Волкова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ ПРИЧИН ЗАТОПЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДОВ КРЫМА

Актуальность данной темы связана с увеличением числа случаев затопления территорий городов Крыма. Для решения данной проблемы необходимы эффективные предложения, которые можно применить для предотвращения опасных процессов.

Цель и задачи работы заключаются в том, чтобы проанализировать причины затопления территорий городов Крыма (на примере г. Ялта), а также классифицировать их и разработать методику выбора мероприятий по защите территорий.

Затопление – образование свободной поверхности воды на участке территории в результате повышения уровня водотока, водоема или подземных вод. [0, 0]. Затопления широко распространены на территории Южного берега Крыма в связи с особенностями режима местных рек. Во время летних паводков, вызванных ливневыми осадками и длящихся от нескольких часов до нескольких дней, возрастает расход воды в реках и балках в несколько десятков или даже сотни раз. Из-за происходящих паводков уровень воды поднимается на несколько метров за короткое время.

Ливневые осадки не являются нормальным явлением для территории г. Ялта и Южного берега Крыма. Глобальные затопления на территории г. Ялта происходят периодически. Одно из них произошло в январе 1912 г.; при этом были затоплены городские улицы. Реки Учан-Су и Дерекойка вышли из берегов. В июне этого же года на Ялту снова обрушились дожди. Потоки воды, которые обрушились с гор, снова затопили город. На улице Гоголевской вода поднялась на 2,13 м. Были снесены мосты через реку Учан-Су, а также разрушены жилые дома. Следующее массовое затопление произошло в декабре 1962 года. За сутки выпало рекордное количество осадков – 215 мм. Примечательно, что таких показателей не было с 1898 года на территории г. Ялта [3]. Частота и количество осадков напрямую связаны с климатом, а именно – со среднегодовой температурой. В Крыму

среднегодовая температура каждый год увеличивается, и уже есть данные, что за последние 40 лет она увеличилась на 2 градуса. Данные показатели являются высокими и значительно влияют на изменение характера погоды. Всё это проявления глобального потепления. Температура поверхности почвы и воздуха повышается, что влияет на неустойчивость атмосферы. Эти причины порождают экстремальные условия, которые характеризуется продолжительными ливнями или отсутствием осадков.

Результаты и обсуждение. Одной из причин, которая приводит к затоплению территорий городов Крыма – это устаревшие системы водоотведения, а именно – ливневые системы [4, 0]. На данный момент они не справляются с огромным потоком воды и функционируют в нормальном режиме только в момент рядового дождя, но от потока спасти не могут. Необходимо проектирование новых систем водоотведения с учётом определённой местности, где они будут разрабатываться, а в частности это горная местность Южного берега Крыма, также важно учитывать условия и особенности для проектирования новых систем водоотведения [4, 5]. Южный берег Крыма и, в частности, сама территория Крыма часто подвергается различным природным катаклизмам. Соответственно, к непредвиденным ситуациям необходимо быть готовыми заранее и предусматривать качественные системы водоотведения, которые не приведут к плачевным последствиям.

Дополнительной причиной появления затоплений является многочисленная стихийная застройка в руслах рек. В основном затоплению подвергается частная жилая застройка. Нарушение всех градостроительных норм и правил на земельных участках приводит к затоплению жилого сектора. Для предотвращения строительства в руслах рек необходимо пересмотреть всю градостроительную документацию, а также генеральный план г. Ялта. Ведь все основные инженерные сооружения, которые представляют собой «серую» инфраструктуру, а это плотины, дамбы, трубопроводы, системы ливневой канализации и водоотведения, устарели и с трудом справляются с текущей нагрузкой, а то и вовсе не выполняют функцию защиты населённых пунктов от таких опасных процессов, как затопления [6–10].

Существующие экологические факторы, которые послужили причиной для возникновения затоплений, подразделяются на следующие категории: абиотические и антропогенные. Абиотические факторы подразумевают воздействие неживой природы. Антропогенные – это факторы, которые обусловлены деятельностью человека. В табл. 1 изложена классификация причин и факторов, которые повлияли на появление затоплений на территории городов Крыма.

Таблица 1 – Классификация причин и факторов, которые привели к затоплениям на территории городов Крыма

Экологические факторы	
Абиотические	Антропогенные
1. Увеличение среднегодовой температуры, что является предпосылкой глобального потепления	1. Устаревшие системы водоотведения, которые не справляются с современным потоком осадков
2. Продолжительные ливни или же полное отсутствие осадков	2. Массовая стихийная застройка в руслах рек, которая нарушает все нормы градостроительных регламентов

Выводы. Проанализированы основные причины затоплений в г. Ялта. Изучив информацию, можно сделать вывод о том, что проблема затоплений остаётся актуальной на протяжении длительного периода. Для оптимизации системы мер по предотвращению затоплений необходимо учитывать основные причины, которые приводят к возникающим последствиям. В ходе исследования было выяснено, что основными факторами являются изменение климата, а именно глобальное потепление, устаревшая система водоотведения и многочисленная стихийная застройка в руслах рек.

ЛИТЕРАТУРА:

1. 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.
2. 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.
3. Потопные времена: самые сильные дожди полуострова // РИА Новости. Крым [Электронный ресурс]. – URL: <https://crimea.ria.ru/20210623/Potopnye-vremena-samyue-silnye-dozhdi-poluostrova-1119717766.html>. – (дата обращения 28.02.2022).
4. 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.
5. Ялта. Наводнение. Перегрузка // BFM.RU [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.bfm.ru/news/475626>. – (дата обращения 28.02.2022).
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 с международным участием. НОЦ ВИЭ, СПб.: Изд-во Политехн. 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 СПбГПУ : материалы НК с международным участием, ИСИ: В 3 частях, СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2019. – С. 226–227.
8. Волкова, Ю. В. Мелиорация земель. Осушительные мелиорации / Ю.В. Волкова ; СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 185 с. – ISBN 978-5-7422-2420-4.
9. Arefiev N., Terleev V., Badenko V. GIS-based fuzzy method for urban planning // Procedia Engineering. – 2015. – Vol. 117. – P. 39–44.
10. Арефьев Н.В., Баденко В.Л., Терлеев В.В. и др. Определение водно-физических свойств почв при мелиоративных изысканиях // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – № 2. – С. 18–21.

УДК 626.86

А.В. Килина, Ю.В. Волкова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

НОРМАТИВНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЛИНЕЙНЫХ ПАРКОВ ВДОЛЬ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Введение. Санкт-Петербург – это город, по которому протекает множество рек и каналов. Так как Санкт-Петербург – достаточно большой город, в котором проживают миллионы людей, создание рекреационных зон достаточно актуально, особенно когда есть возможность разместить зеленые зоны вдоль многочисленных водных объектов, а в городе не хватает зеленых зон [1].

Цель работы: выявить основные критерии проектирования парков вдоль рек, оценить влияние расположения территории парка вблизи водного объекта на нормы его проектирования путем анализа законодательных документов.

Парки вдоль рек считаются одним из видов линейных парков. Линейный парк – парк, особенностью которого является преобладание длины над шириной. Чаще всего такие парки располагают вдоль вытянутых объектов – береговая линия, заброшенные железные пути и т.д. Линейные парки вдоль рек имеют свои особенности проектирования. Проектирование парков в России регламентируется СП 475.1325800.2020 Парки. Правила градостроительного проектирования и благоустройства [2]. При создании зеленых зон вдоль рек необходимо соблюдать нормы законодательства, регламентирующие не только проектирование парков, но и учитывающие расположение данных зон на территории, прилегающей к водным объектам: то есть, учитывать расположение набережных-парков в водоохранной зоне. Таким образом, к основному Своду правил Парки. Правила градостроительного проектирования и благоустройства

добавляется Водный кодекс Российской Федерации [3] и СП 398.1325800.2018. Набережные. Правила градостроительного проектирования [4]. Так как линейные парки создаются в черте города необходимо также учитывать СП Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений [5]. Набережная – линейный элемент планировочной структуры населенного пункта, располагаемый вдоль берега и предназначенный для движения и отдыха пешеходов или для движения пешеходов и транспорта, представляющий собой открытую благоустроенную территорию общего пользования на поверхности берегоукрепительного сооружения, непосредственно примыкающего к водному объекту или находящегося на удалении от береговой линии [4]. Водоохранной зоной, согласно Водному кодексу РФ, считается территория, примыкающая к береговой линии (то есть к границам водного объекта). В границах данной зоны устанавливаются прибрежные защитные полосы, на территориях которых вводятся дополнительные ограничения [3].

Результаты. Рассмотрим особенности проектирования линейных парков на примере набережной реки Смоленки. Длина реки составляет 4 км. Для данной реки устанавливается водоохранная зона в размере 50 м. Прибрежная полоса для р. Смоленки совпадает с водоохранной зоной [3]. Таким образом, вся территория парка будет располагаться в водоохранной зоне и прибрежной полосе. Исходя из анализа нормативной документации, выявлены основные критерии проектирования линейного парка, расположенного вдоль водного объекта (р. Смоленка): 1) площадь территории составляет не менее 2 га; 2) входы в парк размещаются в увязке с планировочными элементами населенного пункта; 3) площадь озелененных территорий должна составлять не менее 70 % территории парка; 4) при проектировании парка учитываются особенности территории, а также прогноз изменений на перспективу в соответствии с генеральным планом Санкт-Петербурга [2]; 5) создание специализированной парковки с твердым покрытием, а движение машин на необорудованной части парка запрещено; 6) сброс сточных вод на территории парка запрещен (актуально при создании фуд-корта); 7) на территорию парка должен быть обеспечен свободный доступ (так как часть парка расположена в границах береговой полосы) [3]; 8) установление ограждения вдоль берегов реки для безопасности посетителей парка; 9) укрепление берегов реки; 10) архитектурно-пространственное решение набережной должно обеспечивать единство оформления набережной и прилегающей застройки; 11) при проектировании и эксплуатации должна быть обеспечена экологическая безопасность; 12) доступность парка для маломобильных групп населения [4]; 13) расстояние от зданий и сооружений до деревьев должно составлять не менее 5 м, а от края проезжей части до деревьев – 2 м; 14) территория парка должна быть благоустроена и оборудована малыми архитектурными формами [5].

Вывод. Исходя из изученных документов, можно сделать вывод, что выявление основных критериев создания парка дает понять, что для проектирования линейного парка в Санкт-Петербурге необходимо учитывать множество законодательных актов, регламентирующих различные аспекты формирования парковой зоны. Отдельно стоит рассматривать влияние расположения территории парка вблизи водного объекта, так как данный фактор имеет большое влияние и привносит свои дополнительные критерии к проектированию зеленых зон. Составлен список обязательных критериев, которые необходимо учитывать при проектировании линейного парка, расположенного вдоль водного объекта [6, 7].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Зелень с застройки. КГА начал требовать соблюдения нормативов по озеленению [Электронный ресурс] новостной портал «Деловой Петербург» Режим доступа: https://www.dp.ru/a/2019/03/18/Zelen_s_zastrojki/ Дата обращения: 10.03.2021 г.
2. СП 475.1325800.2020 Парки. Правила градостроительного проектирования и благоустройства: введен впервые, утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 22 января 2020 г. N 26/пр и введен в действие с 23 июля 2020 г./ [Электронный

ресурс]/ Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/564612858?marker=UBGDQ7§ion=text> / Дата обращения: 01.02.2022

3. Водный кодекс РФ (с изменениями на 30 декабря 2021 года, редакция, действующая с 1 марта 2022 года) принят Государственной Думой 12.04.2006 года / [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901982862?marker=6500IL§ion=text>/ Дата обращения 20.02.2022

4. СП 398.1325800.2018. Набережные. Правила градостроительного проектирования: введен впервые, утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 29 ноября 2018 г. N 773/пр и введен в действие с 30 мая 2019 г. / [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/552304872?marker=8PA0LU§ion=text>/ Дата обращения: 02.02.2022

5. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений: актуализированная версия СНиП 2.07.01-89. Утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 30 декабря 2016 г. N 1034/пр и введен в действие с 1 июля 2017 г. / [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456054209?marker=7EЮKI§ion=text> / Дата обращения: 10.01.2022

6. Баденко В.Л., Терлеев В.В., Латышев Н.К. и др. Агрофизические исследования почвы для технологий точного земледелия: постановка задачи и метод // Плодородие. – 2011. – № 1 (58). – С. 29–31.

7. 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. – СПб.: АФИ, 2012. – С. 468–472.

УДК 699.84

А.А. Комшанова, Ю.В. Волкова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ОТ ШУМА ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Целью работы является выбор мер по защите от шума транспортных потоков исходящих со стороны Западного скоростного диаметра на территории планируемого линейного парка вдоль Морской набережной, а также на близлежащей селитебной территории. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить научную, нормативно-правовую литературу на тематику шума и защиты от него;
- выполнить измерения, подтверждающие превышение допустимого уровня шума на территории, прилегающей к автомагистрали;
- подбор соответствующего шумозащитного экрана, обеспечивающего снижение уровня шума до допустимых параметров.

Западный скоростной диаметр считается источником вредного воздействия на человека, поэтому зона вдоль него должна быть максимально обеспечена зелеными насаждениями для защиты людей от вредоносных факторов деятельности автомагистрали такого типа. Шум, возникающий на проезжей части магистрали, распространяется не только на территорию вблизи магистрали, но и вглубь жилой застройки.

В современных условиях большого города защита людей от повышенной шумовой нагрузки возможна за счёт разных мероприятий, применяемых как по отдельности, так и в совокупности, среди них:

- использование малозумного дорожного покрытия;
- соответственное управление движением транспорта;
- организация полосы зелёных насаждений;
- строительство дороги в выемке;
- установка акустических экранов;
- возведение туннеля или шумозащитной галереи.

Однако некоторые из данных мероприятий могут не выполнять свои функции либо полностью, либо же выполнять только частично.

В Санкт-Петербурге для защиты от шума был использован такой метод, как строительство дороги в выемке при возведении ЗСД на части, пролегающей на территории Васильевского острова (рис. 1).

Однако простое моделирование акустической тени создаваемой данной выемкой показывает, что организованные мероприятия не выполняют свою функцию и квартиры на верхних этажах зданий, построенных вплотную к ЗСД, подвержены вредному действию шума. Зона акустической тени вблизи здания, расположенного у ЗСД показана на рис. 2. Поэтому снижение шумовой нагрузки на близлежащих территория согласно СНиП «Защита от шума» будет обеспечиваться применением шумозащитного экрана, а также применением шумозащитных полос зеленых насаждений.

Результаты и обсуждение. Норма шума для селитебных территорий составляет 45 дБА. Было проведено измерения уровня шума вблизи жилого дома, расположенного по адресу: ул. Кораблестроителей д. 30, корп. 1, а также на территории планируемого парка вдоль Морской набережной с координатами 59.952797, 30.209542. Для измерений было использовано приложение шумомер, откалиброванное с использованием профессионального высокоточного шумомера Октава–110А. Октава–110А является цифровым интегрирующим шумомером 1 класса (ГОСТ Р 53188.1). Измерения выполнялись при благоприятных погодных условиях, соответствующим эксплуатационным для прибора, при отсутствии осадков, скорости ветра 3 м/с, температуре -2°С, давлении 740 мм рт.ст. В таблице 1 представлены полученные показатели шума на двух расчетных точках.



Рис. 1. ЗСД в выемке

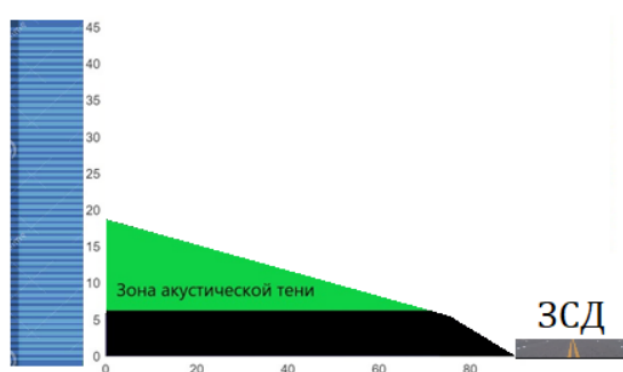


Рис. 2. Зона акустической тени у ЗСД

Таблица 1 – Показатели шума на расчетных точках

Расчетная точка	9:00	13:00	18:00	22:00
Территория планируемого парка	61,3	59,2	60,1	60,9
Вблизи жилого дома	54,3	52,1	55,6	54,7

Итоговая необходимость в организации шумозащитных мероприятий обоснована результатами экспериментальных измерений, так как уровень звука превышает допустимое значение в 45 дБА. Для данной территории были выбраны устройство шумозащитных экранов в виде вертикальной стенки и создание полосы зеленых насаждений, которая также позволит улучшить экологическую ситуацию в зоне проектируемого линейного парка.

В настоящее время шумозащитные экраны, применяемые на автомобильных дорогах общего пользования, можно разделить на пять классов [1, 2]. Их классификация и эффективность приведены в табл. 2. Исходя из того, что ЗСД расположен в выемке, а

уровень шума на прилегающих территориях превышает допустимое значение, то необходимо использовать комбинированных класс шумозащитного экрана.

Также необходимо рассчитать высоту требуемого шумозащитного экрана. Для этого на плане высшую точку крыши дома соединяют с предполагаемой высшей точкой нахождения грузовых машин на дорог (рис. 3) [3–5].

Таблица 2 – Классификация шумозащитных экранов

Класс ШЭ	Схема	Эффективность дБА
Простые тонкие ШЭ	Прямые и Наклонные Отражающие и Поглощающе- отражающие	5-18
Составные тонкие ШЭ	Г, Т, V-образные	10-17
Широкие ШЭ	Выемка, Насыпь, Каркасный экран	10-22
Комбинированные ШЭ	ШЭ в выемке или насыпи	10-25
Шумозащитные тоннели	Тоннель	20-30

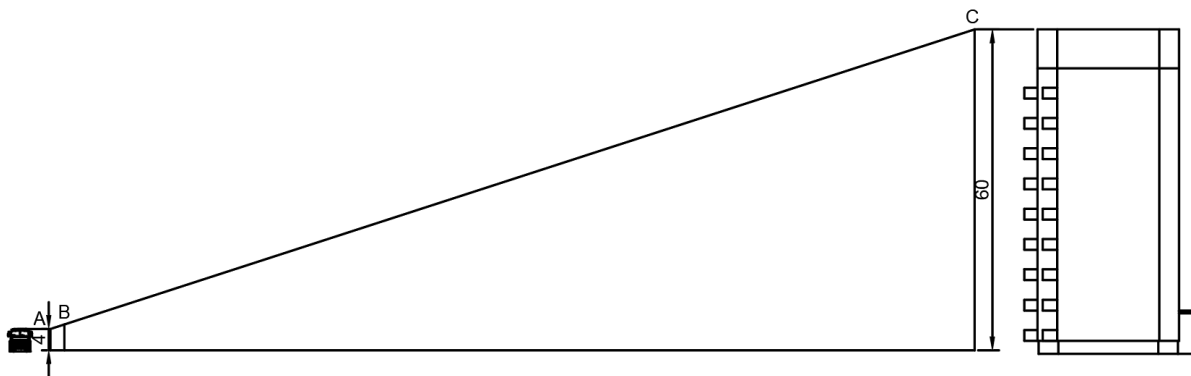


Рис. 3. Расчет высоты требуемого экрана (А – предполагаемая высшая точка нахождения грузовых машин на дороге; В – минимальная высота забора, С – высшая точка крыши дома)

Выводы. Из полученных данных было получено, что высота шумозащитного экрана должна составлять 5 м. В результате полученных данных было выявлено, что для защиты планируемого парка вдоль Морской набережной и близлежащих территорий необходимо предусмотреть проектирование комбинированного шумозащитного экрана высотой 5 м с полосой зеленых насаждений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Звукоизоляция и звукопоглощение: Учеб. пособие для студентов вузов / Г.Л. Осипова, В.Н. Бобылева, Л.А. Борисов и др.; Под ред. Г.Л. Осипова, В.Н. Бобылева. – М.: ООО «Издательство АСТ»: ООО «Издательство Астрель», 2004. – 450 с.
2. Щевьев Ю.П., Белоус А.А. Аналитические методы расчета шумозащитных конструкций. СПб.: Политехника, 2002. – 385 с.
3. СНиП 23–03–2003. Защита от шума. – М.: Госстрой России, 2004. – 53 с.
4. Иванов Н.И. Применение акустических экранов для защиты от шума автомобильного и железнодорожного транспорта // Безопасность жизнедеятельности. – 2005. – №8. – С. 13–18.
5. ОДМ 218.2.013-2011 Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам. Информационная компания «Кодекс». [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200096658> (дата обращения 12.03.2022).
6. СП 276.1325800.2016 Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков. – М.: 2016. – 146 с.

ЛИНЕЙНЫЕ ПАРКИ

Ведение. Линейный парк – парк, особенностью которого является преобладание длины над шириной. Чаще всего такие парки располагают вдоль вытянутых объектов – береговая линия, заброшенные железные пути и т.д. Линейные парки широко используются во многих странах, располагаясь повсеместно – от береговых линий до заброшенных железнодорожных путей. В нашей стране достаточно много заброшенных или необлагороженных мест, где можно было бы расположить линейный парк.

Цель работы – выявление причин редкого применения линейных парков на территории России относительно других стран и создание классификации территорий, на которых возможно размещение линейных парков с учетом особенностей территории России. Для достижения поставленной цели использовались методы анализа и сравнения.

Один из первых линейных парков был создан в 1878 году Фредериком Лоу Олмстедом как проект для объединения Бостон-коммон и Общественного сада с парком Франклина. Сейчас этот проект – «Изумрудное ожерелье» – представляет собой линейную парковую систему, состоящую из 6 парков, расположенных от Бостона до Бруклина. После создания этой парковой системы начали появляться и другие линейные парки [1].

В связи с тем, что в крупных городах некоторые железнодорожные ветки, проходящие через самый центр города, переставали использоваться, необходимо было реконструировать их для дальнейшего использования. Огромные каменные города нуждались в озеленении и на месте заброшенных железнодорожных веток начали создавать линейные парки, протяженностью в несколько километров.

Движение по реконструкции заброшенных железнодорожных веток, путем создания на их месте парков получило название «RailtoTrail». Одним из самых известных и масштабных парков является парк Хай-Лайн в Нью-Йорке. Сейчас в парке помимо обычных прогулок проводятся различные мероприятия [2].

Чаще всего в других странах встречаются линейные парки, расположенные на уже неиспользуемых путях. Наряду с уже названным парком Хай-Лайн, яркими примерами являются: Парк 606 в Чикаго, парк Променад Планте в Париже, Небесный сад в Сеуле и ГудсЛайн в Сиднее [3]. И если в Америке и Европе таких парков становится все больше и больше, то в России пока данная тенденция не нашла широкого отклика.

Несмотря на то, что в России существуют линейные парки, чаще всего они представляют собой, скорее, аллеи или скверы. Но больших общественных пространств, расположенных в парковой зоне, в России практически нет. Хотя множество уже не используемых и заброшенных мест можно было бы превратить в линейные парки.

Таким образом, за рубежом появление линейных парков стало необходимостью для обеспечения граждан зелеными зонами, в которых можно расслабиться и отдохнуть, и для использования множества заброшенных железнодорожных путей. В России практически нет заброшенных путей, расположенных на территории больших городов, как, например, в США, но существует множество набережных, которые сейчас чаще всего используются как торговые пространства с кафе и ресторанами, расположенными вдоль рек. Набережные можно было бы использовать не только для расположения торговых точек, но и для проведения мероприятий, мастер-классов и т.д.

Результаты и обсуждение. Несмотря на малое количество заброшенных железнодорожных путей, в России большое количество уже неиспользуемых промышленных

территорий. Так, например, на месте, не используемом заводом «Севкабель», создано большое общественное пространство «Севкабель Порт». Аналогичным образом можно было бы разместить общественное пространство с линейными парками на территории заброшенного завода «Красный треугольник» и др. [4].

В нашей стране преобладают нелинейные парки и сады, которые располагаются в каждом квартале города, но иногда их площадей недостаточно для создания качественной рекреационной зоны для населения. Чаще всего такая нехватка появляется в больших городах. Так, например, в Санкт-Петербурге часто не соблюдаются нормативы по количеству зеленых насаждений на человека и площади рекреационных зон [5].

Сейчас на проектной стадии находится множество парков по всей стране, в том числе и линейных парков, например проект линейного парка в Ростове-на-Дону вдоль реки Темерник Парк планируют открыть к 2025 году [6].

Авторами разработана классификация мест, где возможно создание линейных парков:

- 1) набережные;
- 2) железные дороги;
- 3) автомобильные дороги;
- 4) внутренняя территория новых жилых комплексов;
- 5) приакваториальные зоны [7];
- 6) пространство между водными объектами (реками/каналами).

Выводы. Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- 1) в России существует необходимость в линейных парках и в рекреационных зонах в целом;
- 2) в России широко не используются линейные парки в связи с особенностью строения городов и расположения транспортных путей;
- 3) с каждым годом увеличивается количество проектов линейных парков, что дает новую «жизнь» уже давно неиспользуемым местам.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Официальный сайт Emerald Necklace. Conservance. Boston, MA [Электронный ресурс]// Режим доступа: <https://www.emeraldnecklace.org/> Дата обращения: 1.03.2021 г.
2. Парк Хай-Лайн [Электронный ресурс] GOROD NY// Режим доступа: <https://www.gorodny.com/articles/2019/3/20/3vxkne2kumm734v1o5ralgolhrwcjm/> / Дата обращения: 8.03.2021 г.
3. Линейные парки от Парижа до Сеула [Электронный ресурс] TATLIN// Режим доступа: https://tatlin.ru/articles/linejnye_parki_ot_parizha_do_seula/ Дата обращения: 08.03.2021 г.
4. Казачкова О.В., Прибыткова Е.Н., Артемьева А.Е., Волкова Ю.В. Реновация заброшенных промышленных участков в г. Санкт-Петербург [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека// Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41769235> Дата обращения 10.03.2021 г.
5. Зелень с застройки. КГА начал требовать соблюдения нормативов по озеленению [Электронный ресурс] новостной портал «Деловой Петербург» Режим доступа: https://www.dp.ru/a/2019/03/18/Zelen_s_zastrojki/ Дата обращения: 10.03.2021 г.
6. Линейный парк вдоль реки Темерник в Ростове создадут на основе ГЧП [Электронный ресурс] Новостной портал РБК/ Режим доступа: <https://rostov.rbc.ru/rostov/03/06/2016/5750571b9a794736789a253a/> Дата обращения: 10.03 2021 г.
7. Цветкова О.В., Волкова Ю.В. Развитие и популяризация городских приакваториальных объектов для реализации их потенциала [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека// Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44864611> Дата обращения: 11.03.2021 г.

САД БЕНУА: ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ

Цель работы – предложить мероприятия по реконструкции сада.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- 1) проследить историю;
- 2) провести обследование территории;
- 3) составить план состояния сада;
- 4) разработать предложения по реконструкции.

Сад Бенуа расположен на пересечении проспектов: Светлановского, Тихорецкого и Науки. Эта территория являлась частью Лесной Фермы Бенуа, построенной в начале 1890-х годов петербургским архитектором Юлием Юльевичем Бенуа. Ферма являлась успешным коммерческим предприятием – она снабжала петербуржцев высококачественными молочными продуктами. С началом НЭПа хозяйство расширилось: на основе Фермы Бенуа был создан совхоз «Лесное», который начал выращивать картофель, содержать свиней, кроликов и кур. Во времена Великой Отечественной Войны совхоз не переставал работать, снабжая горожан овощами [1].

К 1967-му году городские постройки подошли вплотную к Ферме Бенуа, и было принято решение перебазировать совхоз «Лесное» на новое место. После перемещения совхоза рассматриваемый объект включал деревянное здание дачного типа, хозяйственные постройки (силосная башня, коровник и т.п.) и окружающий его сад (сад Бенуа). Территория продолжала использоваться под различные общественные нужды, начала формироваться полустихийная дорожная сеть, в здании расположилась музыкальная школа. В 2001-м году в деревянном здании произошел пожар, хозяйственные постройки находились в заброшенном состоянии. В 2011 г. ООО «Бест» был выкуплен комплекс зданий, в которых разместились школа Бенуа, ресторан «Ферма Бенуа» и офис. С сентября 2015-го года здесь открыто «Культурное пространство севера Петербурга» [2, 3].

Выкупленный комплекс зданий был полностью восстановлен, однако земля, оставшаяся в собственности города, так и не была в достаточной мере благоустроена. На территории находятся большие площади вытапываемого газона, практически полностью отсутствует освещение, жителями отмечается нехватка садовых диванов и урн. Все дорожки грунтовые, отсутствует мощение или гравийное покрытие. С времен создания Фермы Бенуа на участке сохранились два противопожарных пруда. Сейчас водоемы заилены. имеют неукрепленный заросший берег, в тёплое время года на поверхности воды наблюдаются сине-зелёные водоросли. На газонах имеются вымочки.

На рис. 1 представлен ситуационный план объекта, составленный по современным спутниковым картам [4]. В настоящее время сад имеет ландшафтную планировку, которая соответствует по стилевому решению архитектуре восстановленных зданий [5].

На плане территории изображены: сеть дорожек, пруды, здания Фермы Бенуа (1 – Школа Бенуа; 2 – ресторан Ферма Бенуа; 3 – административное здание), древесная и кустарниковая растительность.

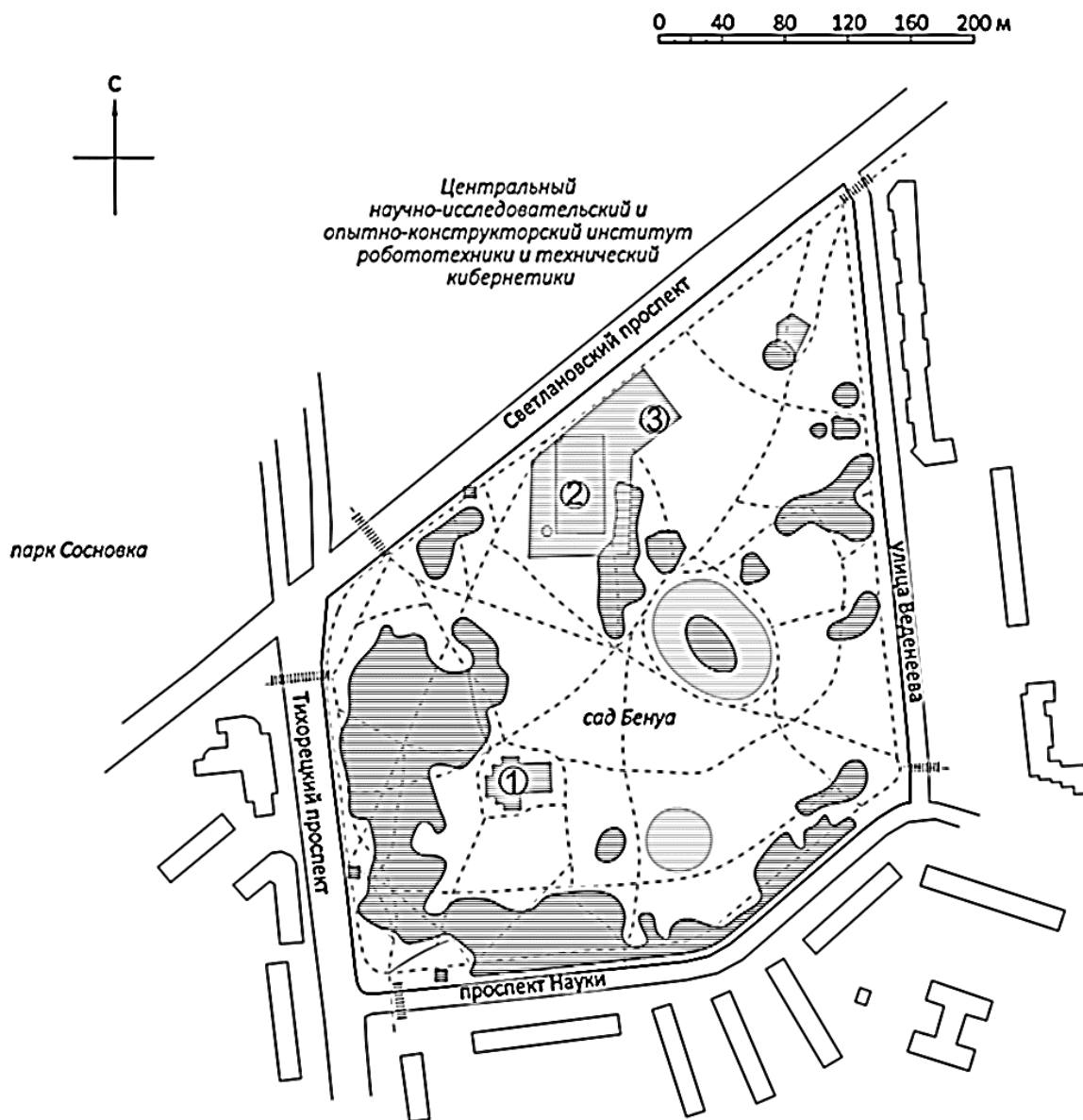


Рис. 1. Ситуационный план

На основе проведенного обследования предлагается сделать следующее:

- 1) провести мероприятия по очистке и укреплению берегов водоемов, и установить вокруг них ограждения для безопасности детей;
- 2) провести мероприятия по отсыпке дорожек гравием;
- 3) установить ограждения по периметру территории сада для организации пешеходного движения;
- 4) установить низкие ограждения вдоль дорожек для сохранения целостности газонов;
- 5) установить освещение, дополнительную садовую мебель;
- 6) для улучшения санитарно-экологического состояния прудов провести очистку и установить аэраторы;
- 7) в местах вымочек на газонах и на участках увлажнения дорожек предлагается прокладка трубчатого дренажа с выводом в городскую канализационную сеть.

В результате работы было проведено обследование территории Сада Бенуа и составлен план ситуации на настоящее время, были выдвинуты предложения по реконструкции сада.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Александрова, Е.Л. Северные окрестности Петербурга. Историческое прошлое / Александрова Е.Л. – Санкт-Петербург: Лики России, 2008. – 640 с.
2. Глезеров, С.А. Северные окраины Петербурга. Лесной, Гражданка, Ручьи, Удельная / Глезеров С.А. – Москва: Центрполиграф, 2013. – 120 с.
3. Глезеров, С.А. Исторические районы Петербурга от А до Я / Глезеров С.А. – Москва: Центрполиграф, 2013. – 496 с.
4. Электронный справочник с картами городов: Яндекс.Карты [Электронный ресурс] / Электронные справочники и карты. URL: <https://yandex.ru/maps/2/saint-petersburg/>
5. Бирюкова, Н.В. История архитектуры: Учебное пособие / Бирюкова Н.В. – Москва: НИЦ Инфа-М, 2013. – 367 с.

УДК 712

И.Г. Майдак, А.А. Богданова, Т.С. Ященко, С.Я. Павлов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МИТРОПОЛИЧИЙ САД: ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ

Актуальность: Митрополичий сад, расположенный в городе Санкт-Петербург, является памятником ландшафтной архитектуры. Его сохранность имеет важное рекреационное, культурное и градостроительное значение.

Целью работы является внесение предложений по реконструкции Митрополичьего сада. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) изучить историю создания и развития Митрополичьего сада;
- 2) провести обследование современного состояния объекта;
- 3) проанализировать полученную информацию;
- 4) на основе анализа информации разработать предложения по реконструкции сада.

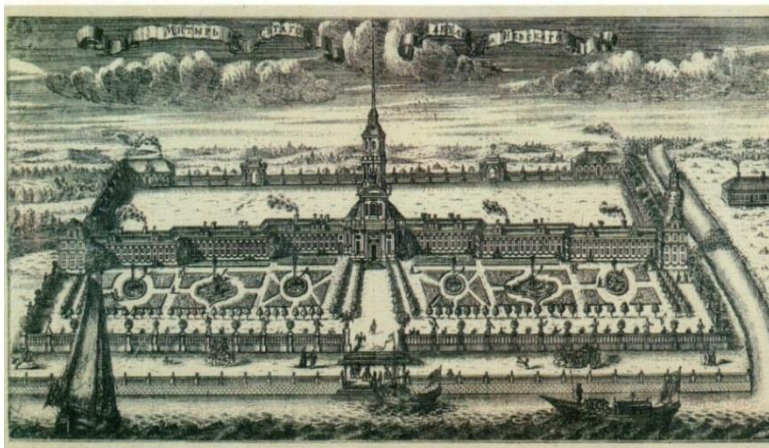


Рис. 1. Гравюра А.Ф. Зубова.
Александро-Невская Лавра [1]

Впервые генеральный план Митрополичьего сада встречается на гравюре А.Ф. Зубова (см. рис. 1) [1], основанной на проекте Доменико Трезини [2]. Предполагалось, что сад займет обширное пространство у впадения в Неву реки Волковки, будет иметь плоский рельеф, прямоугольную конфигурацию и получит регулярную планировку. Митрополичий сад должен был располагаться перед монастырским каре.

Однако, в связи с отходом Трезини от строительства Александро-Невского монастыря, обустройство Митрополичьего сада началось, предположительно, в 1717-м году по проекту Леонарда Теодора Швертфегера [3, 4].

На гравюре Питера Пикарта 1723 года (рис. 2) сад расположен за монастырским каре и примыкает к реке Монастырка, имеет овальное очертание с явной симметричностью и регулярностью композиции. Наблюдается четко выраженное радиальное трехлучие, в центре главной оси которого размещена архитектурная доминанта. В планировке преобладают правильные геометрические фигуры – многоугольники [5].

План 1828-го года (рис. 3) во многом основывается на гравюре. Сад по-прежнему характеризуется трехлучевой системой: главная аллея берет свое начало от полуциркулярной площадки. Однако стоит отметить, что один луч теперь укорочен. Широко развита дорожно-тропиночная сеть. Также в южной части сада расположено два пруда.

К 1880 году в саду значительно меняются расположение и взаимосвязи структурных элементов (рис. 4). Сохраняется главная ось трехлучия, но при этом сокращается вторая радиальная аллея и добавляется поперечная дорога, проходящая с севера на юг. Между главной осью и лучом параллельно поперечной дороге прокладывается аллея с доминантой. Аллейная и дорожная сети претерпевают серьезные изменения: заметна деградация. Засыпаны два пруда, однако в северной части парка располагается новый – прямоугольной формы. Также на плане отображается здание Духовной семинарии.

Следующие четырнадцать лет сад практически полностью сохраняет свой вид в неизменном состоянии, помимо северной части, которая отдается под хозяйственные цели, а именно – размещение огородов. В дальнейшем изменения структуры Митрополичьего сада касаются юго-восточной части: формируется новая, расширенная дорожная сеть, не придерживающаяся прежней прямоугольности форм.

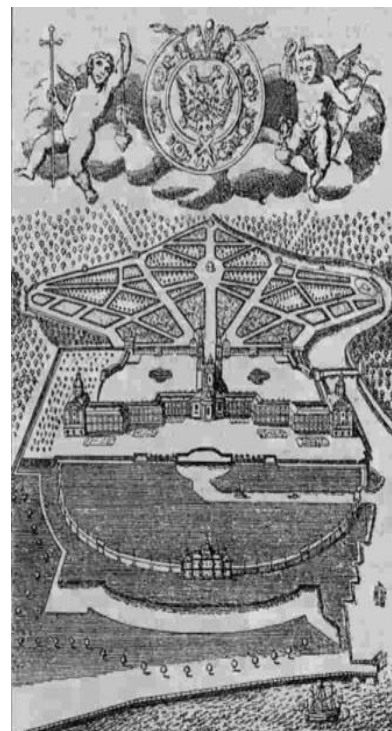


Рис. 2. Гравюра Питера Пикарта [5]

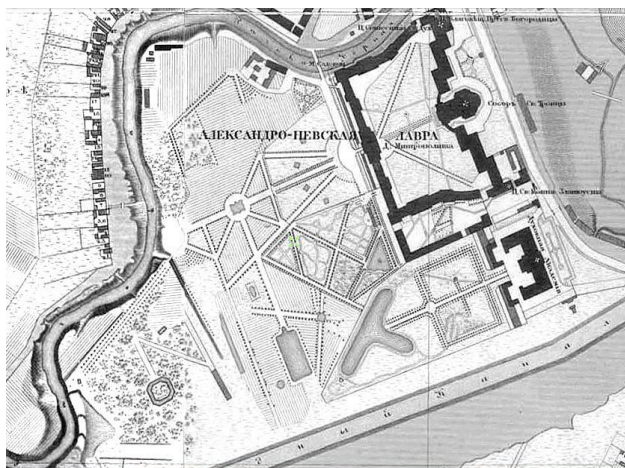


Рис. 3. План Митрополичьего сада 1828 г. [5]

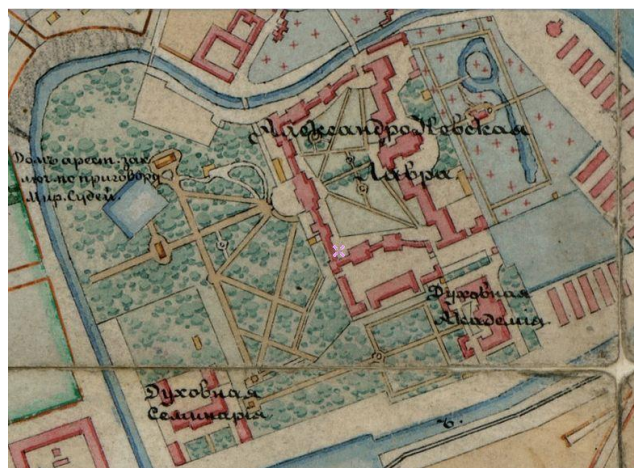


Рис. 4. План Митрополичьего сада 1880 г. [5]

Исторические планы четко отображают все изменения, которым подвергался Митрополичий сад на протяжении всего существования. Наиболее серьезными из них являются сокращение территории сада за счет выделения части земель под хозяйственные цели, прекращение существования пруда, иное формирование аллеиных и дорожных сетей.

Современное состояние Митрополичьего сада характеризуется низкой оснащенностью малыми архитектурными формами, как декоративными, так и утилитарными, отсутствием достаточного количества видовых точек, а также необходимостью в большем уходе за состоянием сада. При этом стоит отметить хорошую освещенность объекта и сохранившиеся элементы регулярной планировки. Площадь сада равняется 8,5 га. Анализ и сравнение исторических планов сада показал, что период расцвета объекта приходится на XIX век. Именно поэтому оптимизация структуры Митрополичьего сада основывается на плане 1880-го года, который наиболее полно и детально отражает планировку и композиционные связи.

Предложения по благоустройству Митрополичьего сада предусматривают:

1. Определение исторического месторасположения пруда путем наложения плана 1880-го года на современный и дальнейшие работы по его воссозданию, а именно: размещение водного объекта, выбор способа обустройства откосов, подбор подходящих растений.

2. Восстановление архитектурной доминанты, отображенной на плане 1880-го года, в восточной части парка: размещение фонтана. Это способствует решению проблемы недостаточного количества видовых точек на территории сада.

3. Преимущественное сохранение существующих зеленых насаждений, восстановление газонов. Историческими видами древостоя являются липа, клен, береза и яблоня [3].

4. Изменение пешеходных дорожек, связанное с размещением на территории сада пруда. Митрополичий сад обладает хорошо развитой дорожной сетью, поэтому проектом признано нецелесообразным подвергать изменениям устоявшиеся пути маршрутов, помимо проектирования новой окружной дороги вдоль восстановленного пруда.

5. Установка необходимых малых архитектурных форм. Так как территория исследуемого объекта характеризуется нехваткой мест для отдыха, то предложениями предусматривается расположение дополнительных скамеек (садовых диванов) вдоль парковых дорожек. Также предполагается размещение урн.

Вывод. Таким образом, предложения по благоустройству Митрополичьего сада направлены на приближение к периоду оптимального развития объекта с учётом современных условий и обстоятельств, оказывающих влияние на сад.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Александро-Невская лавра 1713-1913 гг. Историческое исследование доктора церковной истории С.Г. Рункевича СПб 1913.
2. История Свято-Троицкой Александро-Невской лавры [Электронный ресурс] // Официальный сайт Свято-Троицкой Александро-Невской лавры: [сайт]. URL: <https://lavra.spb.ru/history/html>
3. Комитет по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры [Электронный ресурс] // Официальный сайт Администрации Санкт-Петербурга: [сайт]. URL: https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/c_govcontrol/news/158305/
4. Кудрявцев, А.И., Шкода, Г.Н. Александро-Невская лавра. Архитектурный ансамбль и памятники некрополей : Альбом. – Л.: Художник РСФСР, 1986. – 303 с
5. Митрополичий сад [Электронный ресурс] // Архитектурный сайт Санкт-Петербурга: [сайт]. URL: <https://www.citywalls.ru/house32802.html>

ЕКАТЕРИНГОФСКИЙ ПАРК: ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ

Актуальность данной темы определяется тем, что Екатерингофский парк и некоторые объекты на его территории находятся в полузаброшенном состоянии, что снижает значимость данного парка как исторического и рекреационного объекта.

Цель и задачи работы заключаются в предложении мероприятий по реконструкции Екатерингофского парка и его построек учитывая современную ситуацию.

Для достижения указанной цели необходимо решение следующих *задач*:

- 1) сбор исторических сведений по парку;
- 2) визуальное обследование парка и фотофиксация его современного состояния;
- 3) анализ полученных данных.

Объектами исследования являются Екатерингофский парк, в частности, его современные объекты.

Результаты исследования. В 1711-м году на южном берегу устья реки Невы был выстроен деревянный Екатерингофский дворец в качестве загородной резиденции для будущей супруги Петра I. В честь императрицы Екатерины I дворцово-парковый комплекс получил название «Екатерингоф» [1, 2].

В процессе исследования было произведено визуальное обследование парка и фотофиксация его современного состояния. На этой основе выполнен анализ полученных данных и разработаны предложения по реконструкции парка. На рис. 1 показаны объекты, для которых, по мнению авторов, необходимы первоочередные работы по благоустройству.

**Условные обозначения**

- 1 - Пруд возле ФК «Адмиралтеец»
- 2 - Поребрики
- 3 - Пристань для плавающих средств и птиц
- 4 - Место для конного спорта
- 5 - Футбольный стадион «Адмиралтеец»

1 : 90

Рис. 1. Спутниковая фотография Екатерингофского парка.
Объекты, рассмотренные в настоящей работе

На сегодняшний момент территория Екатерингофского парка находится не в лучшем состоянии. Неухаживаемые пруды, в которых находится большое количество мусора. Деформированные поребрики, которые уже давно не подвергались уходу и восстановлению былого вида. И это только часть из многочисленных недостатков нынешнего состояния парка, который представлял собой императорскую резиденцию.



Рис. 2. Пруд возле ФК «Адмиралтеец»

Первым, что попало авторам на глаза это то, в каком неухоженном состоянии состоят пруды и каналы (см. рис. 2), и их прибрежная территория. Водные объекты нуждаются в проведении мероприятий, которые значительно улучшат их санитарно-экологическое состояние и сделают привлекательными природными объектами для гостей и жителей города. В такие мероприятия необходимо включать современные архитектурно-ландшафтные решения, которые позволят обеспечить высокую степень самоочистки от загрязнений. Возможно создание подробных инструкций для специалистов, которые занимаются уходом за водными сооружениями на территории Екатерингофского парка.

Одно из таких мероприятий – установка аэраторов для очистки воды в каналах и прудах парка. Аэраторы предназначены для насыщения воды необходимым уровнем кислорода с помощью распылителя в различных искусственных водоемах или септиках. Подача сжатого воздуха компрессором в толщу воды сдерживает размножение нежелательных водорослей и поддерживает необходимый кислородный баланс водной среды. В зимний период над аэратором возникает лунка, обеспечивающая нормальное обитание рыбы [3–5]. Одним из недостатков Екатерингофского парка являются деформировавшиеся ограждения клумб и газонов (поребрики) (см. рис. 3). Желательна их замена на более эстетичные низкие металлические ограждения. В качестве первоочередной меры можно рекомендовать переустановку поребриков [6].

Непрезентабельным объектом парка можно назвать пристань для плавающих средств (см. рис. 4). На данный момент лодочная пристань, которая служит ещё и местом для времяпровождения местных птиц (уток), находится в плачевном состоянии. Объект требует кардинальной реконструкции с соблюдением стиля исторических объектов Екатерингофского парка. При ликвидации лодочной станции возможно создание специальной зоны для гнездования водоплавающих птиц с посадкой камыша и декоративных водных растений.



Рис. 3. Поребрики



Рис. 4. Пристань для плавающих средств и птиц

Стоит заметить, что Екатерингофский парк богат на места для активного образа жизни и спорта. Одним из таких элементов является место для конного спорта и прогулок, который находится в части парка, присоединённой к территории петровского времени в период реконструкции парка О. Монферраном [2]. На данный момент, такое место представляет собой газон с ограждением. Ограждение (покосившиеся столбы с сеткой) совершенно не

подходит по стилистике парка. Ограждение уже во многих местах деформировалось (см. рис. 5). Зимой 2019-го года властями города принято решение о закрытии конюшни на территории парка, следовательно, данное место уже не используется по назначению. Для того, чтобы эта часть парка стала бы более функциональной и эстетичной, авторы предлагают демонтаж ограждения и озеленение участка. Предложенное мероприятие не является особо затратным и может быть вполне реальным и выполнимым в текущей ситуации.



Рис. 5. Место для конного спорта



Рис. 6. Футбольный стадион «Адмиралтеец»

Второй объект, предназначенный для спортивных мероприятий – это футбольный стадион «Адмиралтеец» (см. рис. 6) [7]. Находится он в исторической части Екатерингофского парка и занимает большую площадь на насыпном острове. Футбольный стадион находится не в самом лучшем состоянии, и территорию, занимаемую сооружением, можно заменить на озеленённый участок. Это предложение не противоречит стратегии развития физкультуры и спорта, так как около Екатерингофского парка уже находится и футбольный клуб, и футбольное поле под названием «Кировец». Оба спортивных объекта находятся в хорошем состоянии и активно функционируют.

Выводы: по данным исследований можно констатировать, что выбранные для рассмотрения объекты находятся в неудовлетворительном состоянии. Для обеспечения эстетической и рекреационной привлекательности парка возможна реализация мероприятий, предложенных авторами. Мероприятия малозатратны и будут способствовать приближению облика парка к периоду его расцвета в первой половине XIX-го века.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Екатерингофский парк в Санкт-Петербурге // Петербург Центр [Электронный ресурс]. – URL: <https://peterburg.center/maps/ekateringofskiy-park-v-sankt-peterburge.html>. – (дата обращения 19.02.2022).
2. Ходанович В.И. Екатерингоф. От императорской резиденции до рабочей окраины: книга. – Москва: Изд-во Центрполиграф, 2013. – 810 с.
3. Круглогодичный уход за искусственным прудом // Строительный форум [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.baurum.ru/go/kruglogodichnyj-uhod-za-iskusstvennym-prudom/>.
4. Сезонные мероприятия по уходу за прудом // Гидрология [Электронный ресурс]. – URL: <https://gidrologia.ru/publikatsii/sezonnnye-meropriyatiya-po-uhodu-za-prudom.html>.
5. Аэраторы для пруда и скиммеры // Оборудование для пруда [Электронный ресурс]. – URL: <https://provodoem.ru/aeratory-i-skimmeri.html>.
6. СП 403.1325800.2018 «Территории производственного назначения. Правила проектирования благоустройства». [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/552449884>. – Загл. с экрана. –2019. –02 февраля.
7. Екатерингофский парк // ParkSeason [Электронный ресурс]. – URL: <https://parkseason.ru/parks/90-ekateringofskiy-park/#map/>.

ИСТОРИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ ЕКАТЕРИНГОФСКОГО ПАРКА:
РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ

Актуальность данной темы определяется исторической значимостью Екатерингофского парка как уникального объекта садово-паркового строительства XVIII – XIX-го века.

Объектом исследования является: Екатерингофский парк, частично сохранивший планировку и некоторые элементы ландшафтного обустройства периода своего расцвета (рис. 1).

Цель работы является получение сведений об исторических объектах, располагавшихся на территории парка и об их современном состоянии.

Для достижения данной *цели* необходимо решение следующих *задач*:

- 1) изучение исторических материалов по истории парка и получение сведений об архитектурных и гидротехнических объектах, входящих в его состав;
- 2) обследование парка, фиксация его современного состояния;
- 3) анализ состояния сохранившихся объектов и установление места расположения объектов исчезнувших.

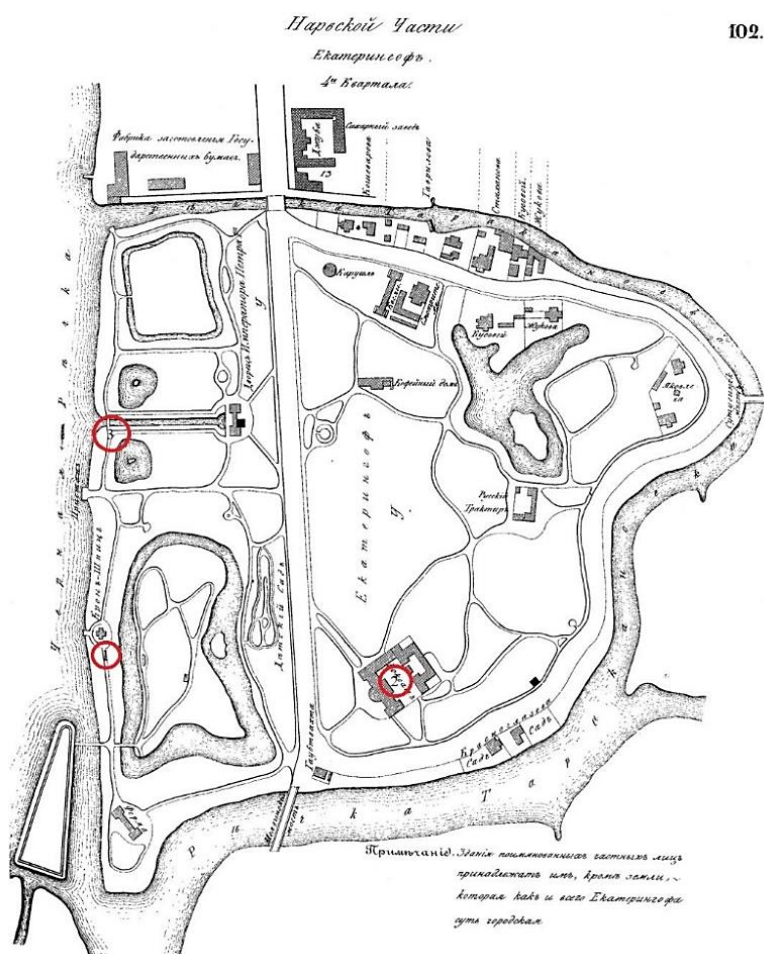


Рис. 1. Ситуационный план Екатерингофского парка на 1849 г.

К настоящему времени выпущена монография [1] в которой подробно излагается история формирования садово-паркового ансамбля. Однако, современному состоянию объекта уделено недостаточно внимания. Это и определило необходимость обследования, выполненного авторами.

В качестве основы для обследования был выбран атлас Цылова 1849-го года [2], соответствующий периоду наивысшего расцвета Екатерингофского парка. Также использовались гравюры из [3–5].

Из всех объектов, отмеченных на плане, были выбраны сооружения, по мнению авторов, в наибольшей степени важных для облика парка. На плане эти объекты помечены цифрами 1, 2, 3.

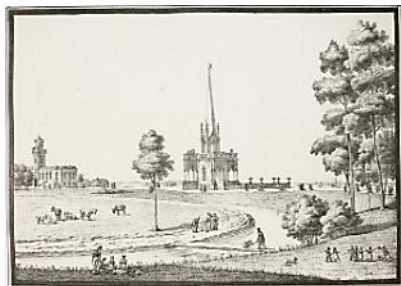


Рис. 2. Готический или Львиный павильон [3]



Рис. 3. Воксал [4]

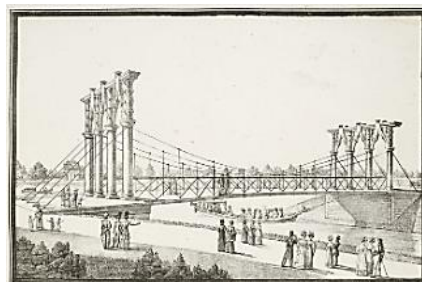


Рис. 4. Цепной мост [5]

К ним авторы относят: «Готический или Львиный павильон» (позиция 1); «Воксал» (позиция 2); «Цепной мост» (позиция 3).

Первый объект – «Готический или Львиный павильон» (см. рис. 2). Можно заметить, некоторые особенности ландшафтного расположения павильона такие как: извилистый участок канала перед самым строением, сохранившийся до нашего времени, в отличие от самого павильона (см. рис. 5) и реку на заднем плане. Изображение судов на реке и «Фермы», позволяют предположить, что это река Екатерингофка у впадения в неё реки Таракановки.

Второй объект – «Воксал» (павильон для отдыха), находящийся в южной части парка (см. рис. 3). Объект построен в 1823 г. Огюстом де Монферраном. Стиль: «необыкновенной архитектуры, подходящей к готической, и отчасти напоминающей вкус Аравитян и роскошь Востока» [1]. При рассмотрении гравюры, изображающей объект (см. рис. 2) можно заметить очертание дороги, проходящей перед ныне утраченным «Воксалом», сопоставимой с дорогой, существующей в наше время (см. рис. 6).



Рис. 5. Современный вид местонахождения «Львиного Павильона»



Рис. 6. Современный вид местонахождения «Воксала»



Рис. 7. Современный вид местонахождения «Цепного моста»

Третий объект – «Цепной мост», находившийся в западной части парка (см. рис. 4). Объект построен в 1823-м году Пьером Домиником Базеном. Стиль моста – общий для всех сооружений этого периода – готический.

Расположение третьего объекта можно определить по характерной ландшафтной особенности – Петровскому каналу, который в настоящее время отлично сохранил свой исторический облик (см. рис. 7).

Выводы:

- 1) Все три объекта к настоящему времени утрачены.
- 2) Объекты представляли собой ценные памятники архитектуры и инженерного искусства первой трети XIX-го века.
- 3) Возможно восстановление «Львиного павильона» и «Воксала» – территория их исторического расположения свободна или занята малоценной застройкой.
- 4) На месте «Цепного моста» находится современный железобетонный балочный мост. Возможно привнесение в облик современного моста некоторых готических элементов, что послужит напоминанием об утраченном историческом объекте.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ходанович В.И. Екатерингоф. От императорской резиденции до рабочей окраины: книга. – Москва: Изд-во Центрполиграф, 2013. – 810 с.
2. Цылов Н. И. Атлас тринадцати частей С.-Петербурга с подробным изображением набережных, улиц, переулков, казенных и обывательских домов / Сост. Николай Цылов. – [Санкт-Петербург], 1849. – [20] л., 407 л.
3. Гравюра «Львиный павильон» // Государственный музей изобразительных искусств имени А. С. Пушкина. Гравюра в России XVIII – первой половины XIX столетия [Электронный ресурс]. – URL: http://www.russianprints.ru/printmakers/n/neizvestnyi_litograph/le_pavillon_des_lions.shtml – (дата обращения 23.02.2022).
4. Гравюра «Екатерингофский Воксал» // Государственный музей изобразительных искусств имени А. С. Пушкина. Гравюра в России XVIII – первой половины XIX столетия [Электронный ресурс]. – URL: http://www.russianprints.ru/printmakers/n/neizvestnyi_litograph/vauxhall_de_catherinhoff.shtml – (дата обращения 23.02.2022).
5. Гравюра «Цепной мост напротив императорского дворца в Екатерингофе» // Государственный музей изобразительных искусств имени А. С. Пушкина. Гравюра в России XVIII – первой половины XIX столетия [Электронный ресурс]. – URL: http://www.russianprints.ru/printmakers/n/neizvestnyi_litograph/pont_de_chaines.shtml – (дата обращения 23.02.2022).

УДК 712

Т.С. Яценко, И.С. Панасенкова, Н.С. Смирнов, И.Г. Майдак, С.Я. Павлов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

САД «СЕН-ЖЕРМЕН»: ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ

Актуальность данной темы определяется недостаточным количеством зелёных насаждений в центре Санкт-Петербурга и потерей ими рекреационных и эстетических качеств из-за отсутствия в течение длительного времени должного ухода.

Цель работы: разработка мероприятий по реконструкции сада «Сен-Жермен».

Задачи работы:

1. Получение исторических сведений о саду «Сен-Жермен».
2. Визуальное обследование территории сада «Сен-Жермен».
3. Составление плана сада «Сен-Жермен».
4. Разработка предложений по улучшению ситуации в саду «Сен-Жермен».

Объектом исследования является сад «Сен-Жермен» по адресу Литейный просп., 46, Санкт-Петербург.

В XVIII-м веке на месте, где сейчас располагается сад, квартировал Преображенский полк. Земельные участки, на которых были полковые дома, имели глубину не более 50 сажен от проспекта (см. рис. 1). Позже ко всем домам вглубь добавляли участки, на которых возводились корпуса доходных домов. Только на участке нынешнего дома №46 сплошная застройка не реализовалась, и в глубине территории получилось два отдельных садика.

В 1859-м году владельцем дома с садом стал архитектор Александр Христофорович Пель. Именно при А. Пеле в доме № 46 была проведена реконструкция, появились двухэтажные жилые пристройки [1]. Планы дома и прилегающего участка, принадлежавших последовательно по времени А.Х. Пелю, Ф.А. Пель, Ф.М. фон Крузе, Е.С. Гукасовой по Литейному пр., 46 в открытом доступе не представлены [2].

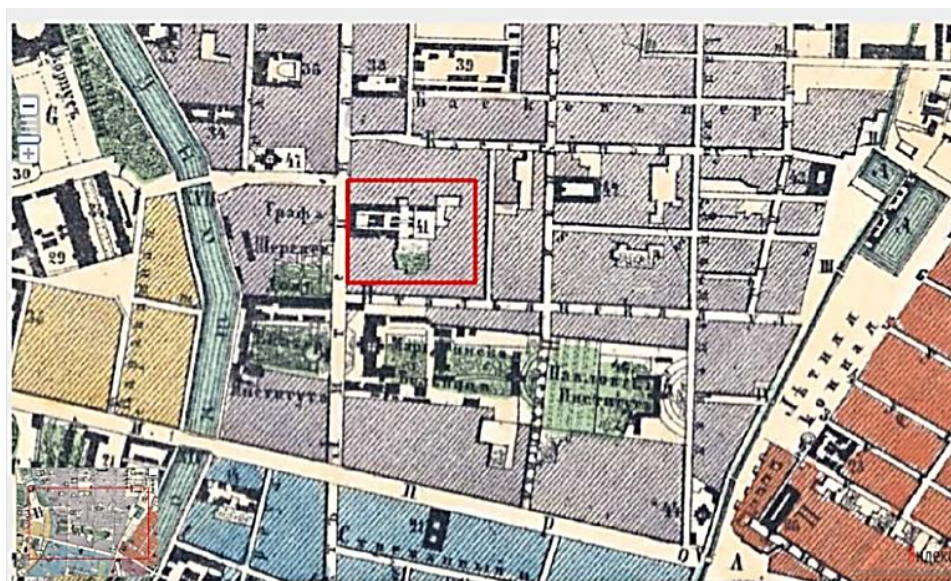


Рис. 1. Генеральный план столичного города Санкт-Петербурга 1858-х годов [3]

Близкие к настоящим очертания плана садик на Литейном проспекте за домом №46 начал обретать в XIX-м веке, но современный облик он получил только в 1910-х годах [4]. По заказу владельцев архитектор Александр Сергеевич Хренов создал трёхарочный вход во двор. Между двумя новыми корпусами разбили сад овальной формы с фонтаном в центре. В обнесённом кованой оградкой саду росли ивы [1].

Отсутствие детального картографического материала и публикаций по современному состоянию сада обуславливают необходимость его обследования авторами. Это определяет одну из задач исследования – создание реального плана этого сада. Для получения фактических размеров садика был произведен выезд на объект и дальнейший осмотр территории.

В качестве подложки для составления основы плана сада было принято решение использовать ресурс Яндекс.Карты [5]. В настоящее время сад имеет регулярную планировку, и, скорее всего, с начала XX века серьезных изменений сада не происходило.

Следующий этап заключается в обрисовке плана в масштабе в программе AutoCAD. Были нанесены такие объекты: сеть дорожек, деревья (ивы), фонтан, зеленые площадки, ограниченные низкими ограждениями, садовые диваны, периметральная невысокая кованая оградка (рис. 2).

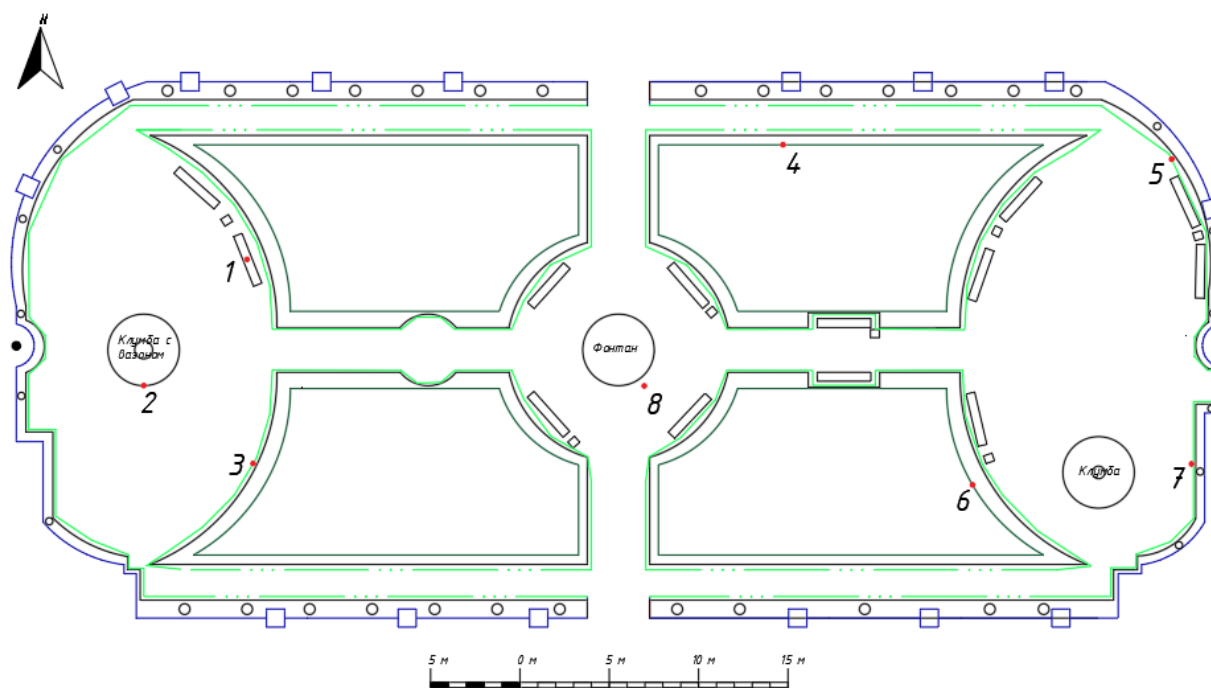


Рис. 2. План сада «Сен-Жермен»

Экспликация:

1. Место установки садового дивана.
2. Предполагается восстановление ограждения (поребрика) вокруг вазона.
3. Место восстановления утраченного ограждения газона.
4. Место восстановления утраченной живой изгороди.
5. Место восстановления утраченного ограждения газона.
6. Место восстановления утраченной живой изгороди.
7. Место очистки от мусора и восстановление утраченного ограждения газона.
8. Место восстановления одной секции дренажной решетки вокруг фонтана.

Визуальное обследование садика позволило констатировать:

1. Дорожки находятся в удовлетворительном состоянии. В некоторых местах наблюдается зарастание сорными травами. Вымочек и луж не обнаружено.
2. Живая изгородь не имеет регулярный облик, есть участки, где она полностью утрачена.
3. Ограждения газонов частично поломаны или отсутствуют.
4. Садовые диваны, судя по внешнему виду, давно не поновлялись. На территории сада находятся два вида диванов, которые располагаются в хаотичном порядке.
5. На поребриках присутствуют осколы и трещины.
6. Клумбы заросли сорными травами.
7. Восточная часть садика вытоптана и местами замусорена.

Кроме визуального осмотра авторами был проведён опрос местных жителей. По воспоминаниям старожилов на протяжении последних десятилетий перепланировки садика не производилось. Это подтверждает высказанное ранее предположение о сохранении плана, сформированного в начале XX-го века. Благодаря опросу населения также было выяснено, что в 2015 г. местные власти восстановили по периметру сада кованую ограду, а в 2019 г. – скульптуру для фонтана. Стоит отметить, что теперь фонтан работает в летнее время с 8.00 до 23.00 ч.

Рекомендации по благоустройству. На основе плана (см. рис. 2) предлагаются такие мероприятия по улучшению сада «Сен-Жермен»:

- частичное восстановление оградки вдоль живой изгороди;
- посадка живой изгороди там, где она утрачена;
- восстановление клумб с вазонами;

- организованное расположение садовых диванов и приведение их к стилевому единству с обликом сада;
- в восточной части сада на вытоптанном, неухоженном пространстве необходимо зарегулировать дорожки и восстановить газон с ограждениями;
- установка видеокамер для наблюдения за территорией сада.

По результатам проведённой работы можно сделать следующие *выводы*:

1. В настоящее время сад сохраняет планировку начала XX-го века.
2. Состояние сада удовлетворительное, но оставляет впечатление некоторой «неухоженности».
3. Коммунальные службы обеспечивают частичное восстановление элементов сада: были приведены к прежнему виду кованая ограда и фонтан.
4. Для придания саду «европейского» облика рекомендуется проведение мероприятий, разработанных авторами.
5. В дальнейшем предполагается более углубленная разработка мероприятий по обустройству садика: создание оборотной системы водоснабжения для фонтана.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Доходный дом арх. А. Х. Пеля, Ф. фон Крузе, Е. С. Гукасовой // Архитектурный сайт Санкт-Петербурга Citywalls [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.citywalls.ru/house5855.html?s=f9rrmi0hdcflupd6nj0odh5sr4>.
2. Чертежи дома на участке // Архивы Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – URL: <https://spbarchives.ru/infres/-/archive/cgia/513/102/4228>.
3. Планы Санкт-Петербурга // Окрестности Петербурга [Электронный ресурс]. – URL: https://www.aroundspb.ru/karty/377/spb_1700_1840.html#1799.
4. Особняк А. Х. Пеля // Архитектурный сайт Санкт-Петербурга Citywalls [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.citywalls.ru/house5854.html>.
5. Дворик «Сен-Жермен» // Яндекс карты [Электронный ресурс]. – URL: https://yandex.ru/maps/org/dvorik_sen_zhermen/161698255300/?l=trf%2Ctrfe&ll=30.349330%2C59.937605&z=17.

УДК 631.43

Н.С. Смирнов¹, В.В. Терлеев^{1,2}, В.В. Гарманов², Е.А. Дунаева³, К.Г. Моисеев⁴

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

³ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

⁴Агрофизический научно-исследовательский институт

МОДЕЛЬ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ И ЕЕ СРАВНЕНИЕ С НАИБОЛЕЕ ИЗВЕСТНЫМИ АНАЛОГАМИ

Введение. Водоудерживающая способность почвы характеризуется показателем в виде зависимости объемной влажности почвы θ [см³·см⁻³] от капиллярного давления (капиллярно-сорбционного потенциала) влаги ψ [см H₂O]. В рамках концепций классической термодинамики зависимость $\theta(\psi)$ представляет собой изотерму равновесных состояний влаги в почве. Как известно, водоудерживающая способность является гистерезисным свойством почвы. Гистерезис проявляется в том, что десорбционные и сорбционные ветви зависимости $\theta(\psi)$ отличаются, а одному значению ψ соответствует множество значений θ . Среди этого множества максимальное значение θ отвечает главной десорбционной ветви, а минимальное значение θ – главной сорбционной ветви гистерезиса водоудерживающей способности почвы. Промежуточные значения θ соответствуют сканирующим

(сорбционным и десорбционным) ветвям, заполняющим область внутри петли, образованной главными ветвями гистерезиса. Сканирующие ветви не могут находиться за пределами физически допустимого диапазона, ограниченного главными ветвями; однако сканирующие десорбционные ветви могут пересекаться со сканирующими сорбционными ветвями гистерезиса. Опытные данные о гистерезисе водоудерживающей способности почвы являются малодоступными по причине высокой трудоемкости прямых измерений сканирующих ветвей зависимости $\theta(\psi)$. Вместе с тем, такие данные являются весьма ценными в ирригационном земледелии для расчета прецизионных норм орошения, чем и определяется актуальность исследования, проводимого авторами.

Если возделывание сельскохозяйственных культур осуществляется в природной среде (не в теплицах), то естественное атмосферное увлажнение почвы обуславливает переход от одной последовательности смены состояний почвенной влаги, описываемых десорбционными ветвями, к другой последовательности смены состояний, описываемых сорбционными ветвями гистерезиса. Это порождает проблему расчета норм орошения, поскольку из-за недостаточно высокой точности метеорологических прогнозов практически невозможно предусмотреть, какие именно данные о сканирующих ветвях гистерезиса потребуются для описания водного режима почвы в предстоящем вегетационном периоде, чтобы определить точное количество воды, необходимое для полива. Заблаговременно измерить все теоретически возможные сканирующие ветви практически невозможно. По этой причине математическая модель гидрофизических свойств почв не имеет альтернативы в отношении прогнозного оценивания сканирующих ветвей гистерезиса.

Целью исследования является физически адекватное описание гидрофизических свойств почвы. Указанная цель достигается решением следующих задач: формулирование математической модели и ее верификация в вычислительных экспериментах с использованием компьютерной программы; сравнение модели с мировыми аналогами.

Материалы и метод исследования. В мировых научных исследованиях гистерезиса водоудерживающей способности почвы наиболее широко применяются модели, разработанные Скоттом и соавторами [1], а также Кулом и Паркером [2]. Модель гистерезиса [1] опирается на функцию водоудерживающей способности почвы, предложенную Хаверкампом и соавторами [3], а модель гистерезиса [2] опирается на наиболее часто и широко применяемую функцию $\theta(\psi)$, предложенную Ван Генухтенем [4]. В настоящем исследовании для разработки модели и ее сравнения с мировыми аналогами авторы используют данные о гистерезисе водоудерживающей способности почв различного генезиса из авторитетного литературного источника [5].

Таблица 1 – Функции $\theta(\psi)$ в моделях гистерезиса водоудерживающей способности почвы

Модели гистерезиса	Функции $\theta(\psi)$	Описание функций $\theta(\psi)$
Нус-KPVG: модель Кула и Паркера [2]	Оригинальная функция Ван Генухтена [4]	$S_e = \begin{cases} (1 + (-\alpha\psi)^n)^{-m}, & \psi < 0; \\ 1, & \psi \geq 0. \end{cases}$
Нус-SKT: первая усовершенствованная модель Скотта и соавторов [1]	Усовершенствованная версия функции Косуги [6]	$S_e = \begin{cases} \frac{\operatorname{erfc}\left(\frac{n\sqrt{\pi}}{4} \ln(-\alpha(\psi - \psi_e))\right)}{2}, & \psi < \psi_e; \\ 1, & \psi \geq \psi_e. \end{cases}$
Нус-SHT: вторая усовершенствованная модель Скотта и соавторов [1]	Усовершенствованная версия функции Хаверкампа и соавторов [3]	$S_e = \begin{cases} (1 + (-\alpha(\psi - \psi_e))^n)^{-1}, & \psi < \psi_e; \\ 1, & \psi \geq \psi_e. \end{cases}$

Результаты и обсуждение. При проведении исследования авторами усовершенствованы: функция $\theta(\psi)$, предложенная Косуги [6], а также функция $\theta(\psi)$, предложенная Хаверкампом и соавторами [3]. Усовершенствование состоит в обоснованном использовании физически интерпретированного аддитивного параметра ψ_e [см H₂O].

В табл. 1 используются следующие обозначения: $\text{erfc}(x)$ – дополнительная функция ошибок, описываемая выражением $\text{erfc}(x) = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x \exp(-t^2) dt$; $S_e = (\theta - \theta_r) / (\theta_s - \theta_r)$ – эффективное влагонасыщение почвы; θ_s [см³·см⁻³] – объемная влажность насыщения почвы водой; θ_r [см³·см⁻³] – остаточная объемная влажность почвы, соответствующая минимальному удельному объему воды в жидком состоянии, удерживаемой в почве; в модели Hys-KPVG α [см H₂O⁻¹], n и m – эмпирические параметры, где $m = 1 - 1/n$, $n > 1$; в моделях Hys-SKT и Hys-SHT: $n = 4 / (\sigma \sqrt{2\pi})$, $\alpha = -1 / (\psi_0 - \psi_e)$ [см H₂O⁻¹], где ψ_e [см H₂O], ψ_0 [см H₂O] < ψ_e – интерпретированные параметры (для десорбционных ветвей $\psi_e = \psi_{e,d} \leq 0$, для сорбционных ветвей $\psi_e = \psi_{e,w} \geq 0$) (используются нижние индексы: «e» (*entrance*) и дополнительные индексы «d» для десорбционных ветвей (*drying*) и «w» для сорбционных ветвей (*wetting*) гистерезиса), $\psi_{e,d}$ [см H₂O] – «давление входа воздуха», $\psi_{e,w}$ [см H₂O] – «давление входа воды»), ψ_0 [см H₂O] – давление влаги, при котором плотность распределения вероятностей по значениям нормальной случайной величины $-\ln((\psi - \psi_e) / (\psi_0 - \psi_e))$ с нулевым генеральным средним и стандартным отклонением σ достигает максимума ($\psi_0 < \psi_e$).

При $\psi_e = 0$ функции $\theta(\psi)$ моделей Hys-SKT и Hys-SHT (см. табл. 1) порождают в виде частных случаев оригинальные версии функций $\theta(\psi)$, предложенных Косуги [6], а также Хаверкампом и соавторами [3], для которых далее используется аббревиатура Hys-SKT₀ и Hys-SHT₀, соответственно.

В вычислительных экспериментах с описанными выше пятью моделями гистерезиса применена компьютерная программа «SoilHysteresis-v.1.0» [7]. В этих экспериментах была осуществлена настройка (идентификация) параметров моделей путем точечной аппроксимации данных о главных ветвях гистерезиса; выполнено прогнозное оценивание сканирующих сорбционных и десорбционных ветвей с использованием настроенных параметров; проведено сравнение погрешностей прогнозных оценок. Для проверки достоверности различий между погрешностями моделей применен критерий Вильямса-Клута с доверительной вероятностью 0,95.

В экспериментах по прогнозному оцениванию сканирующих ветвей гистерезиса модель Hys-SKT достигла достоверно лучшего результата или эквивалентного ему в 93% экспериментов для сорбционных ветвей и в 64% экспериментов для десорбционных ветвей. Модель Hys-SHT имеет наиболее точные прогнозные оценки сканирующих сорбционных ветвей в 71% экспериментов, а сканирующих десорбционных ветвей в 64% экспериментов. Модель Hys-KPVG имеет достоверно лучший результат прогнозного оценивания в 43% экспериментов в отношении сканирующих сорбционных ветвей, а также в 7% в отношении сканирующих десорбционных ветвей. При этом у моделей Hys-SKT и Hys-SHT погрешности прогнозных оценок сканирующих ветвей для песчаных почв, опесчаненных и иловатых суглинков достоверно ниже. Прогнозные оценки сканирующих сорбционных ветвей глинистых суглинков точнее при использовании модели Hys-KPVG, а сканирующих десорбционных ветвей – при использовании Hys-SKT₀.

Применение аддитивного параметра ψ_e в экспериментах по идентификации параметров моделей с использованием данных о главных (граничных) ветвях гистерезиса способствует существенному уменьшению погрешности точечной аппроксимации опытных данных. В 61% случаев применение аддитивного параметра достоверно уменьшает погрешности прогнозного оценивания сканирующих ветвей гистерезиса.

Вывод и рекомендация:

1. Достоверно выявлены преимущества математических моделей гистерезиса Hys-SKT и Hys-SHT, предлагаемых авторами, для почв различной текстуры, что свидетельствует об универсальном характере этих моделей.

2. В разработках ресурсосберегающих технологий ирригационного земледелия рекомендуется использовать модели гистерезиса водоудерживающей способности почвы Hys-SKT и Hys-SHT. Применение норм орошения, вычисленных с использованием рекомендуемых моделей, позволит избежать непроизводительных потерь поливной воды, удобрений, мелиорантов и средств защиты растений, а также понизит риск загрязнения агрохимикатами окружающей среды.

Благодарность. Авторы выражают благодарность Р.С. Гиневскому, В.А. Лазареву и А.Г. Топажу за помощь в проведении вычислительных экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Scott P.S., Farquhar G.J., Kouwen N. Hysteretic effects on net infiltration // Proceeding of National Conference on Advances in Infiltration, Publication 11-83, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, 1983. – P. – 163–170.
2. Kool J.B., Parker J.C. Development and Evaluation of Closed-Form Expressions for Hysteretic Soil Hydraulic Properties // Water Resources Research. – 1987. – Vol. 23(1). – P. 105-114.
3. Haverkamp R., Vauclin M., Touma J., Wierenga P.J., Vachaud G. A comparison of numerical simulation model for one-dimensional infiltration // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1977. – V.41. – P.285–294.
4. 1. Van Genuchten M.Th. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1980. – V.44. – P.892–989.
5. Mualem Y. A catalogue of the hydraulic properties of unsaturated soils / Research Project 442. Technion, Israel Institute of Technology. – Haifa, Israel, 1976. – 100 p.
6. Kosugi K. Three-parameter lognormal distribution model for soil water retention // Water Resour. Res. – 1994. – V.30. – P.891–901.
7. Гиневский Р.С., Терлеев В.В., Топаж А.Г., Лазарев В.А. SoilHysteresis-v.1.0. – Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019666861, 16.12.2019.

УДК 631.431

Н.С. Смирнов¹, К.Г. Моисеев², В.В. Терлеев^{1,3}, В.В. Гарманов³, Е.А. Дунаева⁴

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

²Агрофизический научно-исследовательский институт

³Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

⁴ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО
МЕТОДОМ ПИКНОМЕТРА В ПОЛЯРНЫХ И НЕПОЛЯРНЫХ ЖИДКОСТЯХ

Введение. Для обеспечения динамического, имитационного, мультифрактального или других видов моделирования гидрофизических процессов в почвах, для построения педотрансферных функций, а также для задач ирригационного земледелия требуется экспериментально определять вещественный состав и физические показатели почвы. Методы экспериментального обеспечения моделирования должны соответствовать двум главным требованиям: иметь высокую надежность (и сходимость результатов); быстроту определения вещественного состава и физических показателей почвы. Плотность твердой фазы является одним из фундаментальных показателей, отражающим минералогический и химический составы почвы. Точное определение данного показателя необходимо не только для достоверной оценки вещественного состава почвы и расчета ее пористости, но и для определения фрактальной размерности порового пространства почвы [1].

Цель работы – сравнить результаты определения значений плотности твердой фазы почвы, полученные разными методами.

Объекты и методы. В качестве объекта исследования выбран чернозем обыкновенный, глинистый (запад Самарской области). Образцы почвы отобраны по слоям 0-10 см; 10-20 см; 20-30 см; 30-40 см; 40-50 см; а также на глубине более 1 м. Методы изучения плотности почвы основаны на определении доли объема, занимаемого твердой фазой почвы в предварительно протарированном сосуде – пикнометре. Данный объем почвы соответствует объему вытесняемой им жидкости. В качестве таковой используют полярные (дегазированную воду) и неполярные жидкости – керосин, толуол и др. Обычно для незасоленных промытых почв кислого ряда или выщелоченных почв используют полярные жидкости – дегазированную (без CO₂ воду), а для засоленных почв – неполярные жидкости (например, – наиболее доступный и безопасный керосин).

Результаты и обсуждение. Определение плотности твердой фазы проведено истиранием почвы до фракции с размером зерен менее 1 мм с использованием дегазированной воды и керосина в пикнометрическом методе с 6-7 кратной повторностью [2]. Проведена математическая обработка полученных результатов [3, 4]. Использованы статистики: Z-тест (проверка нормальности распределения абсолютных погрешностей измерений в выборках); выборочные средние; n – число наблюдений; стандартное отклонение; t – критерий Стьюдента; F – критерий (Фишера). Сравнивались две выборки значений плотности твердой фазы почвы, определенных по воде и по керосину. Одна выборка (значения плотности, определенные по воде) являлась «натурой», вторая выборка (значения плотности, определенные по керосину) являлась «моделью».

В [5] отмечается, что нет единой точки зрения относительно способов анализа плотности твердой фазы почвы, поэтому трудно ожидать получения сопоставимых результатов. В настоящем исследовании авторы определили условия сопоставимости (пересчетных коэффициентов) данных «модели» в «натуру». Полученные результаты в виде средних значений повторностей опыта представлены в табл. 1, значения плотности твердой фазы по слоям являются характерными для чернозёма обыкновенного.

Таблица 1 – Плотность твердой фазы почвы

Название почвы	Способ обработки почвы	Слои	0-10 см	10-20 см	20-30 см	30-40 см	40-50 см	> 1 м
		d (плотность)	гсм ⁻³	гсм ⁻³	гсм ⁻³	гсм ⁻³	гсм ⁻³	гсм ⁻³
Чернозем обыкновенный, глинистый	No tillage	по воде	2,52	2,52	2,55	2,64	2,72	2,78
		по керосину	2,34	2,34	2,6	2,5	2,61	2,87
	ТО-1 (пашня)	по воде	2,59	2,63	2,67	2,75	2,76	2,73
		по керосину	2,38	2,4	2,35	2,49	2,33	2,51
	Лес	по воде	2,37	2,66	2,63	2,64	2,77	2,87
		по керосину	2,22	2,47	2,43	2,4	2,59	2,42

Данные были сгруппированы по столбцам и ранжированы, произведен анализ выбросов. Проверены гипотезы принадлежности к одной генеральной совокупности выборочных средних и дисперсий выборок по критериям Стьюдента и Фишера, соответственно. Для критерия Стьюдента проведен TTest в программе Excel, то есть – сопоставление уровней вероятностей α соответствующих данному критерию Стьюдента; получено: $\alpha_{\text{факт}} < \alpha_{\text{крит}}$ ($0,0013 < 0,05$); то есть, различия выборочных средних достоверны и существенны. Различий дисперсий не выявлено $F_{\text{факт}} < F_{\text{крит}}$, ($1,95 < 2,40$); характер рассеяния опытных данных свидетельствует о том, что одна из выборок является «моделью» другой выборки.

Выводы: При определении плотности твердой фазы черноземов обыкновенных пикнометрическим методом по керосину и по воде значения плотности твердой фазы почв отличаются на 8%. Использование неполярной жидкости (керосина) при анализе занижает значения плотности твердой фазы почвы в сравнении с «натурными» значениями или значениями плотности твердой фазы, наиболее приближенными к условиям, которые характерны для карбонатных почв.

Рекомендация. Авторы предлагают формулу приведения результатов пикнометрического анализа к единым результатам: $Y = X + (X \cdot 0,081)$ (где X – значения плотности твердой фазы почвы, определенные с неполярной жидкостью; Y – то же с полярной жидкостью).

ЛИТЕРАТУРА:

1. 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.
2. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
3. Пачепский Я.А. Математические модели процессов в мелиорируемых почвах. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 85 с.
4. Моисеев К.Г. К оценке физического состояния дерново-подзолистых почв // Агрофизика. – 2011. – № 1. – С. 38–43.
5. Морозов И.В., Морозова И.Ю. Сравнительный анализ способов подготовки образцов для изучения плотности твердой фазы почв // Экспериментальная информация в почвоведении: теории, методы получения и пути стандартизации: тез. Всероссийской конф. (19–23 ноября 2005 г.). – М.: МГУ, 2005. – С. 193–194.

УДК 631.432

К.Г. Моисеев¹, В.В. Гарманов², Е.А. Дунаева³

¹Агрофизический научно-исследовательский институт

²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

³ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

АПРОБАЦИЯ ФРАКТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ PSF-M ДЛЯ РАСЧЕТА ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВ

Введение. Водоудерживающая способность (WRC, *англ.*) является важнейшим гидрофизическим свойством почвы. Это свойство описывается в виде зависимости объемной влажности почвы от давления почвенной влаги. Форма кривой, описывающей WRC, является специфичной для каждого почвенного образца и характеризует структуру порового пространства почвы [1–4].

Для водоудерживающей способности характерен гистерезис, то есть несовпадение форм кривых водоудерживания при увлажнении и иссушении образца. С учетом гистерезиса моделирование водоудерживающей способности почвы становится трудноразрешимой задачей. Некоторые новые и оригинальные подходы к математическому моделированию функции водоудерживания, разрешению проблемы гистерезиса и физическому обоснованию эмпирических коэффициентов моделей водоудерживающей способности получили развитие в самое последнее время [5–7].

Поровое пространство почвы моделируют геометрическими моделями, основанными на представлениях фрактальной геометрии и фрактальной размерности порового пространства почвы [5, 8], называют фрактальными моделями.

Цель данного исследования – апробация фрактальных моделей порового пространства почв для расчета WRC.

Объекты и методы. В качестве объекта исследования выбрана разновидность агродерново-подзолистой глееватой супесчаной почвы землепользования Меньково (Гатчинский район Ленинградской области). Средняя глубина взятия образцов по генетическим горизонтам почвы 0-80 см [9].

Во фрактальных моделях основным параметром является неэвклидова размерность протяженности (фрактальная или размерность Хаусдорфа – D) порового пространства почв. Фрактальная размерность (обобщенно) может быть рассчитана из соотношения [8]:

$$P = 1 - \left(\frac{\gamma}{\rho} \right)^{3-D}, \quad (1)$$

где D – мультифрактальная размерность порового пространства почв. 3 – Эвклидова размерность объема (E), γ – плотность сложения почвы; ρ – плотность твердой фазы почв; P – общая пористость почвы.

Результаты и обсуждение. Для моделирования главной ветви иссушения водоудерживающей способности почвы применили модель почвенной структуры, получившую широкую известность – Pore solid fractal model (PSF-M или PSF [5, 6]). Фрактальную размерность (D) почвы как капиллярно-пористой среды вычисляли по уравнению (1) с использованием экспериментальных данных о распределении почвенных агрегатов и элементарных почвенных частиц по размерам. Плотность сложения и плотность твердой фазы почвы определили на основе методик, изложенных в соответствующих общепринятых руководствах, например [10].

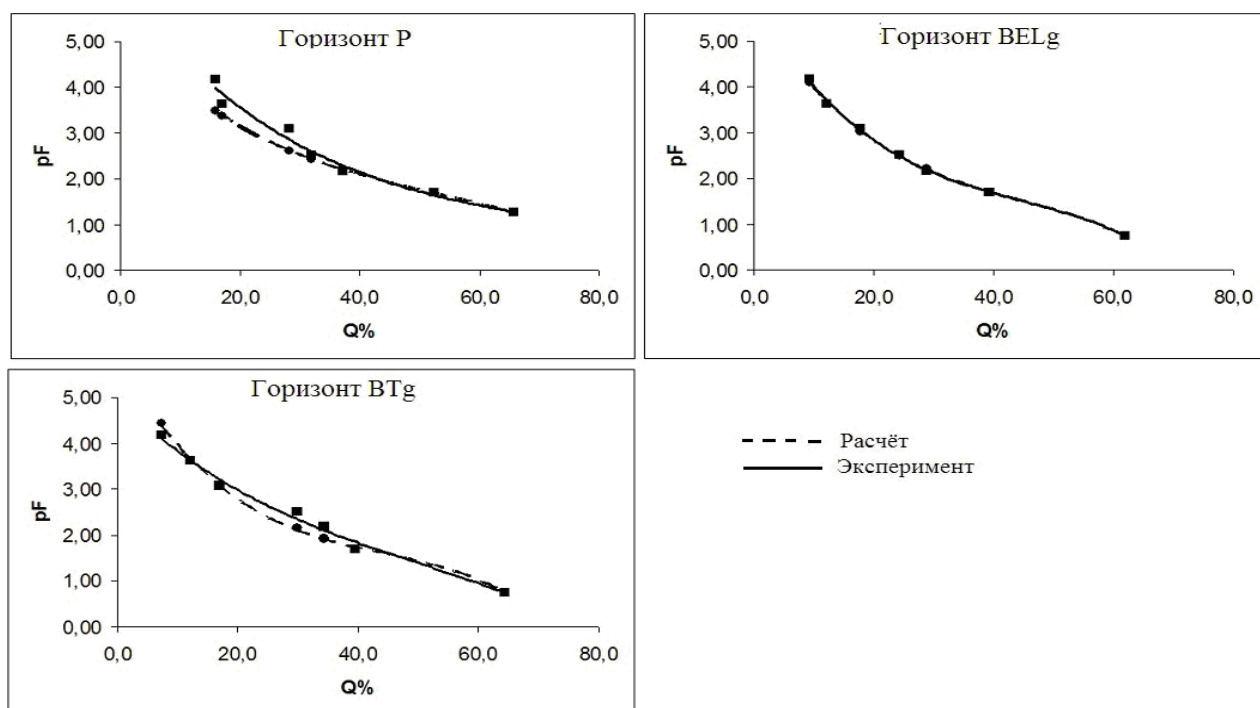


Рис. 1. Сопоставление расчетных и экспериментально измеренных кривых главной ветви иссушения водоудерживающей способности почвы

Для моделирования главной ветви иссушения водоудерживающей способности в капиллярной области увлажнения почвы определяли WRC методом прессы по общеизвестной

методике [10]. Для значений влажности, полученных при экспериментальном определении WRC, рассчитали значения давления влаги, используя вычислительную процедуру модели PSF [5, 8]:

$$\phi = \phi_0 / (\theta_0 / \theta)^{\frac{1}{3-D}}, \quad (2)$$

где ϕ_0 – измеренные экспериментально значения давления, соответствующие некоторой объемной влажности θ_0 почвы, такой, что $\theta_0 < \text{ПВ}$ (полная влагоемкость почвы).

Далее выразили вычисленные значения давления влаги в pF (десятичный логарифм давления влаги, выраженного в см вод.ст., с обратным знаком) и построили зависимость $pF = f(\theta)$ (θ – объемная влажность почвы), которую сопоставили с экспериментально построенной зависимостью $pF = f(\theta)$.

При реализации вычислительной процедуры для давления влаги по модели PSF за нулевые значения приняты: значение давления ϕ_0 , равное 50 см вод.ст. ($pF = 1,70$), и соответствующее ϕ_0 значение объемной влажности почвы θ_0 . Плотность твердой фазы почв $2,65 \pm 0,04$ [г·см⁻³]. Фрагментированная фрактальная размерность D , степень $1/3-D$, общая пористость, объемная влажность, вычисленные значения давления влаги в условиях полного водонасыщения почвы, а также фактические и критические значения непараметрической статистики – критерия Манна–Уитни (U) представлены в табл. 1.

Рассчитанные по модели PSF значения давления при заданной объемной влажности почвы сопоставлены с экспериментально измеренными значениями давления водоудерживающей способности почв; результаты приведены на рис. 1. Представленные данные показывают: расчетные кривые практически полностью совпадают с экспериментально измеренными кривыми водоудерживающей способности почвы по горизонтам. Малые объемы выборок (5–7 точек) обуславливают применение непараметрических статистических критериев для оценки ошибок моделирования и адекватности моделей. Применен критерий Манна–Уитни (U). Эмпирическое значение критерия U отражает, насколько велика зона совпадения между рядами данных. Поэтому: если $U_{\text{эмп}} > U_{\text{кр}}$, то модель адекватна.

Таблица 1 – Параметры, используемые для расчета давления почвенной влаги по фрактальной модели

Название почвы	Горизонт почвы, мощность горизонта, см	Объемная влажность почвы в точке ϕ_0 $pF=1,70$, θ_0 , %	Общая пористость, %	D	$n=1/(3-D)$	ϕ_{min} , см вод.ст.	Критерий Манна–Уитни	
							Uэмп.	Uкр.
Агродерново-подзолистая глееватая почва	P (0-36)	52,3	46,3	2,71	3,44	18,4	22	11
	BElg (36-57)	39,3	37,4	2,74	3,86	5,6	22	11
	BTg (57-80)	39,6	41,5	2,73	3,74	5,6	16	7

Выводы.

1. Фрактальная модель порового пространства почвы PSF-M позволяет рассчитывать значения давления влаги и имеет большие перспективы для дальнейшего применения.

2. Вычисление кривых водоудерживающей способности почвы по фрактальной модели PSF-M показывает статистически достоверную сходимость результатов вычисления с данными экспериментального определения WRC для супесчаной почвы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Моделирование гидрофизических характеристик почв // В сбор.: «Автоматизация научных исследований и проектирования АСУ ТП в мелиорации». – Фрунзе: ВНИИКАМС, 1988. – С. 82.
2. Терлеев В.В. Математическое моделирование в почвенно-гидрологических и агрохимических исследованиях: Выпуск 7 «Математика в политехническом университете». – СПб.: СПбПУ, 2005. – 104 с.

3. Терлеев В.В., Полуэктов Р.А., Бакаленко Б.И. Структура информационного обеспечения модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур // Агрофизика. – 2012.- № 2. – С. 29-36.
4. Терлеев В.В., Нарбут М.А., Топаж А.Г., Миршель В. Моделирование гидрофизических свойств почвы как капиллярно-пористого тела и усовершенствование метода Муалема-Ван Генухтена: теория // Агрофизика. – 2014. – № 2. – С. 35–44.
5. 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. – N. 91. – P. 1–14.
6. Alfaro Soto M. A., Chang H. K., van Genuchten M. Th. Fractal-based models for the unsaturated soil hydraulic functions // Geoderma. – 2017. – N. 306. – P. 144–151.
- Dian-yuan Ding, Ying Zhao, Hao Feng, Bing-cheng Si & Robert Lee Hill. A user-friendly modified pore-solid fractal model // Scientific Reports. – 2016. – N. 6. – DOI – 10.1038/srep39029.
7. 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. – СПб.: АФИ, 2013. – С. 161–166.
8. 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.
9. Моисеев К.Г., Гончаров В.Д., Зинчук Е.Г. и др. База данных почвенного покрова Меньковского филиала ГНУ АФИ Россельхозакадемии (структура почвенного покрова, геоморфологическое строение, физические и геохимические свойства почв) // Свидетельство о регистрации базы данных RU 2013620682. – Заявка № 2013620301 от 22.03.2013.
10. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 486 с.

УДК 631.452

К.Г. Моисеев¹, Е.Г. Зинчук¹, Ю.В. Волкова², Е.А. Дунаева³

¹Агрофизический научно-исследовательский институт

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

³ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

ПОПРАВКИ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ИНДЕКСА ЗЕМЕЛЬНЫХ УГОДИЙ СКЛОНОВ РАЗНЫХ ЭКСПОЗИЦИЙ

Введение. Разработанный в конце прошлого века для оценки экономической эффективности землеустройства в данных агроклиматических условиях почвенно-экологический индекс *ПЭи* многократно дополнялся новыми поправками. В настоящее время индекс *ПЭи* определяется по известному уравнению Карманова И.И. [1]:

$$ПЭи = 12,5 \cdot (2 - V) \cdot П \cdot \frac{\sum t > 10^0 \cdot (КУ - P) \cdot A}{KK + 100} \cdot Дс, \quad (1)$$

где *Дс* – величина дополнительных учитываемых поправок, 12,5 коэффициент приведения величины *ПЭи* к 100 баллам бонитета почв, (2 – *V*) – уплотнение почвы, (*КУ*–*P*) – коэффициент увлажнения, *KK* – коэффициент континентальности, *П* – полезный объем почвы; *A* – поправка на агрохимическое состояние почвы; $\sum t > 10^0$ – сумма активных температур [2, 3].

Со времени разработки индекса *ПЭи* появились многочисленные специализированные исследования в области климатологии, агрофизики, теплофизики, экологии, природообустройства [4–8]. В настоящее время назрела необходимость объединения усилий специалистов из разных научных областей в оценке качества почв. Объединяющим началом исследований, на наш взгляд, является многомасштабный учёт физических параметров почв через величину *Дс* в уравнении (1).

Цель данного исследования: разработать одну из возможных и необходимых поправок – поправку на расположение земельных угодий в рельефе местности.

Объекты и методы. В практике землепользования исходят из того, что рельеф является одним из 6 основных факторов почвообразования, следовательно, оказывает существенное влияние на бонитет почв. Это влияние при расчетах ПЭи необходимо учитывать. Тем не менее, способы учета поправок на влияние рельефа при оценке земель развиты не достаточно [9]. Под влиянием рельефа происходят изменения теплового баланса склонов. Причем, как показывает моделирование тепловых потоков при помощи метода тенеграм [10].

Величина поправки на рельеф, учитываемая при расчете ПЭи, следует из условий подобия (критерий Нуссельта) и решения уравнения теплоотдачи нагретой горизонтальной поверхности [9, 10]:

$$e^m = \frac{ctg\alpha}{A \cdot (T_w - T_\infty)}, \quad (2)$$

где m искомая поправка на рельеф, α – угол наклона нагреваемой поверхности к горизонту, $(T_w - T_\infty)$ – перепад температуры (разность температур нагретой поверхности и слоя воздуха на удалении по нормали от нее).

Функция направления определяется через натуральный логарифм косинуса угла β между направлением на север и текущим направлением, отсчитываемым по часовой стрелке (рис. 1):

$$\delta = \ln\left(\frac{\pi}{2} + \cos(\beta) + 1\right). \quad (3)$$

Таблица 1 – Некоторые вычисленные значения величины поправки на рельеф m к индексу ПЭи

Функция закрытости горизонта ψ	1,00	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,92	0,89	0,85
Угол склона α , градусы	1	3	5	7	9	11	13	15	19
Север (азимут 0° , функция направления 1,24)									
$(T_w - T_\infty)$ °C	Величина поправок m								
10	1,14	0,82	0,67	0,57	0,49	0,43	0,38	0,33	0,29
25	0,91	0,65	0,53	0,45	0,39	0,34	0,30	0,26	0,23
35	0,84	0,61	0,50	0,42	0,37	0,32	0,28	0,25	0,22
Восток (азимут 90° , функция направления 0,96)									
$(T_w - T_\infty)$ °C	Величина поправок m								
10	1,24	0,89	0,73	0,62	0,54	0,47	0,41	0,36	0,32
25	0,97	0,70	0,57	0,48	0,42	0,37	0,32	0,28	0,25
35	0,89	0,65	0,53	0,45	0,39	0,34	0,30	0,26	0,23
Юг (азимут 180° , функция направления 0,52)									
$(T_w - T_\infty)$ °C	Величина поправок m								
10	1,43	1,03	0,84	0,72	0,62	0,54	0,48	0,42	0,37
25	1,08	0,78	0,64	0,54	0,47	0,41	0,36	0,31	0,28
35	0,99	0,72	0,59	0,50	0,43	0,38	0,33	0,29	0,25
Запад (азимут 270° , функция направления 0,96)									
$(T_w - T_\infty)$ °C	Величина поправок m								
10	1,24	0,89	0,73	0,62	0,54	0,47	0,41	0,36	0,32
25	0,97	0,70	0,57	0,48	0,42	0,37	0,32	0,28	0,25
35	0,89	0,65	0,53	0,45	0,39	0,34	0,30	0,26	0,23

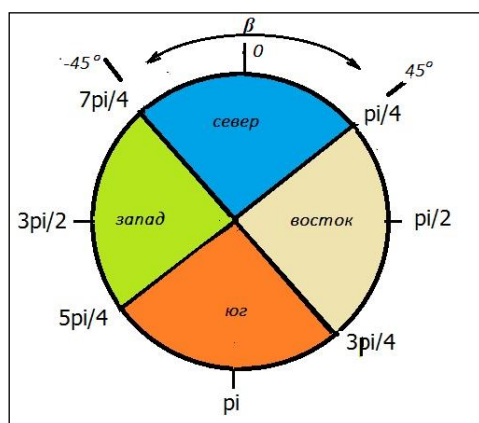


Рис. 1. Иллюстрация к определению функции направления

В рельефе главными являются два показателя: экспозиция склона и функция закрытости горизонта. Для расчета поправки на рельеф, необходимо определить функцию закрытости горизонта:

$$\psi = \frac{1}{2\pi} \cdot (2\pi \cdot (\cos \alpha)^2 - \alpha \cdot (\cos \alpha)^2), \quad (4)$$

где α – угол крутизны склона.

Результаты и обсуждение. Для малых углов уклона величина функции ψ стремится к 1, а значение ψ является поправкой величины $\ln \operatorname{ctg} \alpha$. При малых углах склона к горизонту величина функции закрытости горизонта не существенна, значение ψ следует учитывать при углах наклона поверхности к горизонту более 15° . Такие уклоны редко встречаются в практике землепользования. Пример некоторых величин поправок на рельеф (m) при разных градиентах температуры, экспозиции и функции закрытости горизонта представлены в таблице 1.

Данные таблицы 1 показывают, что только при малых уклонах поверхности почвы к горизонту ($1-3^\circ$) и небольшом градиенте температур балл бонитета почв при его расчете через величину $ПЭи$ увеличивается, почва имеет лучшее качество. Естественно, наилучшим качеством (относительно других экспозиций) обладает почвы на склонах южной ориентации.

Выводы. Предложены поправки на расположение земельных угодий в рельефе землепользования. Данные поправки следует учитывать для расчета $ПЭи$ через величину $Дс$ в уравнении (1) при оценке бонитета почв.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Карманов И.И. Плодородие почв СССР. – М.: Колос, 1980. – 224 с.
2. Шишов Л.Л., Дурманов Д.Н., Карманов И.И., Ефремов В.В. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв. – М.: Агропромиздат, 1991. – 305 с.
3. Кирюшин В. И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов. – М.: Колос, 2011. – 443 с.
4. Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Моделирование гидрофизических характеристик почв // В сбор.: «Автоматизация научных исследований и проектирования АСУ ТП в мелиорации». – Фрунзе: ВНИИКАмелиорация, 1988. – С. 82.
5. Терлеев В.В. Моделирование обмена, переноса и поглощения фосфора и калия в корнеобитаемом слое почвы: Автореф. дисс. на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. – СПб.: АФИ, 2001. – 40 с.
6. 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.

7. Терлеев В.В., Полуэктов Р.А., Бакаленко Б.И. Структура информационного обеспечения модели производственного процесса сельскохозяйственных культур // Агрофизика. – 2012.- № 2. – С. 29–36.
8. Терлеев В.В., Нарбут М.А., Топаж А.Г., Миршель В. Моделирование гидрофизических свойств почвы как капиллярно-пористого тела и усовершенствование метода Муалема-Ван Генухтена: теория // Агрофизика. – 2014. – № 2. – С. 35–44.
9. Моисеев К.Г., Зинчук Е.Г., Непримерова С.В. Рельеф: расчет поправки при определении величин почвенно-экологического индекса // В сб. Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия. – Курск, 2021. – С. 284–288.10.
10. Усков И. Б. 2019. Стохастический теплоперенос (Избранное). – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, – 212 с.

УДК 347.24

Н.В. Ковалерчик¹, В.В. Гарманов¹, А.Р. Грик¹, В.В. Терлеев^{1,2}

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ДЛЯ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТОВ

Введение. В соответствии с Градостроительным Кодексом Российской Федерации (далее – ГрК РФ) газотранспортные объекты относятся к разновидности объектов недвижимости – сооружениям [1]. Такие объекты недвижимости представляет собой объемную линейную строительную систему с наличием наземной, подземной и (или) надземной частей, состоящую из несущих, а в отдельных случаях и ограждающих конструкций. Такие объекты капитального строительства (далее – ОКС) предназначены для выполнения технологических процессов транспортной инфраструктуры [1].

Территория Российской Федерации в значительной степени покрыта подземным трубопроводами. Зачастую такие ОКС введены в эксплуатацию еще в 70-х годах прошлого века. Таким образом, по истечении такого длительного срока эксплуатации сооружений и в связи с износом конструкций требуется капитальный ремонт таких объектов (или их частей).

Капитальный ремонт газотранспортных объектов – это замена их отдельных конструкций линейной части и (или) строений – компрессорных станций, которые необходимы для непрерывной транспортировки газа от промыслов к населению РФ [1].

В соответствии с Гражданским Кодексом РФ (далее – ГК РФ), одним из признаков недвижимого имущества является его неразрывная связь с землей [2]. При этом изменение границ полос отвода и существующего местоположения трассы газопровода при выполнении капитального ремонта не предусмотрено. Соответственно, межевание земельных участков при подготовке работ по капитальному ремонту линейных сооружений чаще всего не требуется. Изложенные выше законодательные акты указывают на *актуальность темы исследования.*

Целью данной работы является описание нормативно-технологических условий предоставления земельных участков для капитального ремонта линейных сооружений. Для её достижения необходимо решить следующие *задачи*: 1) провести анализ законодательных документов, регулирующих земельные отношения, 2) изучить имеющийся опыт предоставления земельных участков для капремонта линейных сооружений, 3) дать предложения по формированию условий предоставления земельных участков для капремонта сооружений.

Таким образом, на основании информации, указанной выше, возникают сложности в предоставлении земельных участков для капитального ремонта газотранспортных объектов обусловленные следующими факторами:

1) значительная протяженность линейных сооружений, которая влечет за собой попадание обремененных земельных участков различных категорий в границы полосы отвода таких объектов;

2) недостаточная полнота и достоверность сведений, внесенных в Единый государственный реестр недвижимости (далее – ЕГРН), что затрудняет поиск землепользователей для согласования временного использования земельных участков, необходимых для проведения работ по капитальному ремонту газопроводов;

3) недостаточное обеспечение единых нормативно-правовых условий при предоставлении земельных участков в различных регионах РФ;

4) наличие значительных территорий лесных земель, заросших древесно-кустарниковой растительностью, которые находятся за пределами охранной зоны газопроводов (Данный фактор зачастую исключает возможность неиспользования таких участков под временные площадки, необходимые для строительства, и затрудняет согласование их применения с органами исполнительной власти);

5) использование особо ценных земель сельскохозяйственного назначения, если такие попадают во временный отвод, необходимый для капитального ремонта линейных объектов, что в последующем требует проведения рекультивации для восстановления, сохранения и рационального использования плодородного слоя почвы [3].

Результаты и обсуждение. Капитальный ремонт трубопроводов – обязательное мероприятие для всех собственников и арендаторов земельных участков, которые имеют такое обременение. Такое своевременное строительство является стратегической целью РФ, которое содействует ее развитию и стабильности, надежному и безопасному бесперебойному безаварийному обеспечению газоснабжения всех потребителей регионов. Таким образом, предоставление земельных участков во временное пользование собственнику трубопровода для размещения строительных площадок происходят только на правах [4]:

1) аренды на основании заключения договора аренды земельного участка из земель различных категорий на срок проведения капитального ремонта (При этом на время разработки проектной и рабочей документации на строительство трубопровода требуется предварительное согласование предоставления изымаемого земельного участка);

2) сервитута на часть земельного участка полосы отвода (Для оформления сервитута необходимо выполнить кадастровые работы и представить межевые планы для проведения кадастрового учета части полосы временного отвода, подлежащей обременению, а также представить отчет об оценке размера ежегодной платы по сервитуту, выполненный независимым оценщиком; после чего требуется государственная регистрация сервитута).

Так, на примере Ярославской области, если земельный участок с категорией земель – земли лесного фонда – под линейным сооружением находится в границах зоны с особыми условиями использования территорий (ЗООИТ), то требуется выделение дополнительной зоны ограниченного хозяйственного использования (далее – ЗОХИ) для обеспечения функционирования существующего транспортного объекта (см. рис. 1).

При этом по постановлению Администрации Ярославской области, которое является «нормативно-техническим документом в сфере охраны окружающей среды, принимаемым органом исполнительной власти субъекта РФ», предоставление земельных участков во временное пользование собственнику, содержащее требование выделения ЗОХИ, обязывает проведение государственной экологической экспертизы на ремонтируемый объект [5].

В соответствии со статьей 11, 12 Федерального закона №174 от 23.11.1995 г. «Об экологической экспертизе» [6] проектная документация по капитальному ремонту, которая является условием для получения предварительного согласования использования земельного участка, не является объектом государственной экологической экспертизы и не требует

получения положительного заключения в уполномоченных ведомствах. Выделение ЗОХИ на основании результатов данной экспертизы не регламентировано законом.

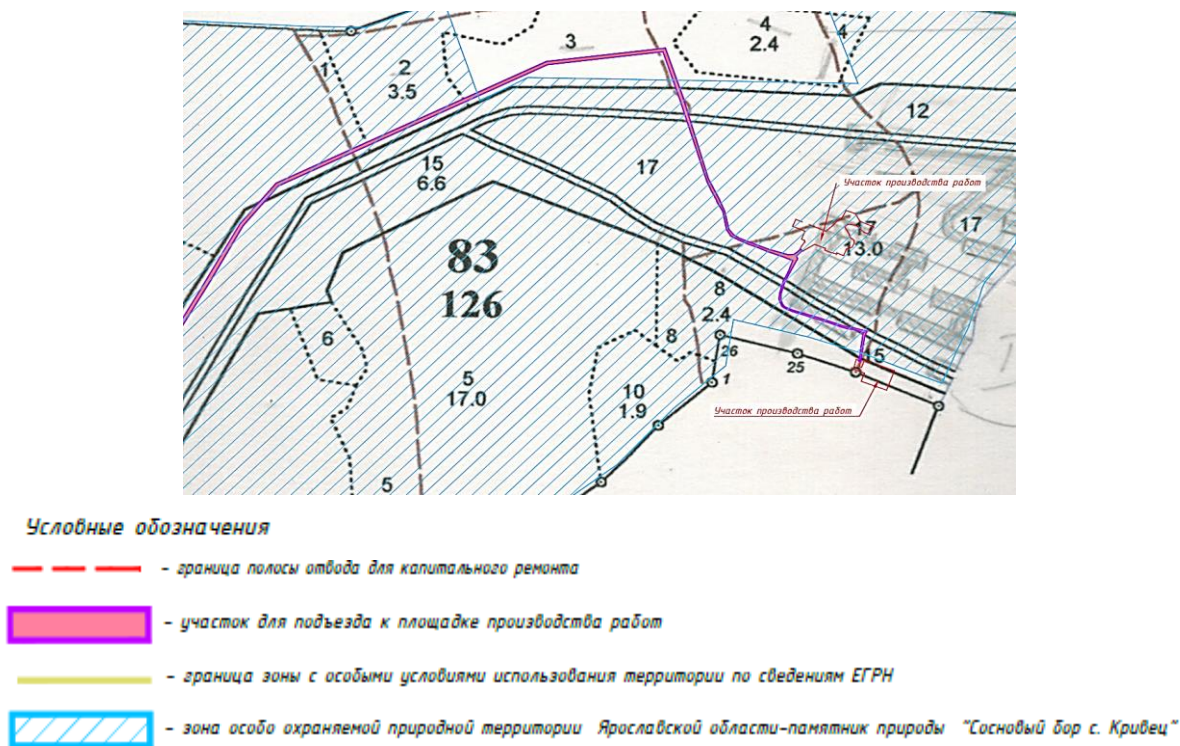


Рис. 1. Обзорный план на материалах лесоустройства объекта капитального ремонта [5]

Выводы. На основании всего вышесказанного можно сделать следующие выводы:

- Для процедуры предоставления земельных участков при капитальном ремонте газопроводов, который является стратегически важным процессом для всей газовой отрасли страны, необходимо привести нормативно-правовые условия в единое соответствие во всех регионах РФ.
- Значительную проблему составляет оценка размера возмещения собственнику земельного участка в связи с временным изъятием дополнительной, необходимой для ремонтных работ, территории [7, 8].
- Недостаточная полнота и достоверность сведений, внесенных в ЕГРН, значительно увеличивает время определения попаданий ремонтируемых линейных сооружений в границы ЗОУИТ и особо ценных земель, что влечет за собой небезопасное снабжение газом населения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ (ред. от 30.12.2021) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 16.02.2021).
2. Гражданский кодекс Российской Федерации. (часть первая) от 30.11.1994 № 51-ФЗ.
3. Постановление Правительства РФ от 10.07.2018 № 800 (ред. от 07.03.2019) "О проведении рекультивации и консервации земель" (вместе с "Правилами проведения рекультивации и консервации земель") [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 16.02.2021).
4. Земельный кодекс Российской Федерации" от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 30.12.2021) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 16.02.2021).
5. Постановление Администрации Ярославской области от 22.01.2013 №18-п «О выделении зоны ограниченного хозяйственного использования и утверждении Положения о памятнике природы

«Сосновый бор села Кривец» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/473002426> (дата обращения: 16.02.2021).

6. «Об экологической экспертизе». Федеральный закон №174 от 23.11.1995.

7. 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.

8. Гарманов В.В., Богданов В.Л. Информационное обеспечение платности землепользования сельскохозяйственного назначения // Науки о Земле. – 2015. -№ 1. – С. 63–71.

УДК 502.56

А.Э. Лурсманашвили¹, В.В. Гарманов¹, В.Л. Богданов¹, В.В. Терлеев^{1,2}

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ КАРТОГРАММ ПРИГОДНОСТИ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ АРХИВНЫХ ПОЧВЕННЫХ КАРТ

Введение. Эффективное планирование мелиорации земель может быть обеспечено на основе почвенных карт и картограмм пригодности земель к использованию в сельском хозяйстве [1]. Важным источником получения такой информации является государственный фонд данных, полученных в результате землеустройства, в котором хранятся архивные картографические материалы, включая почвенные карты. Архивные картографические материалы хранятся в фонде в виде аналоговых (бумажных) карт, созданных в условной системе координат. Это затрудняет их использование при проектировании мелиоративных мероприятий. К тому же повсеместно отсутствуют современные материалы почвенных обследований. Потому, тематика данной работы является весьма *актуальной*.

Архивные картографические материалы на бумажной основе, которые и являются источниками для создания электронных почвенных карт, не привязаны в какой-либо координатной системе. В процессе создания электронных почвенных карт эта задача решается средствами ГИС-технологий [2, 3]. Здесь авторы предлагают технологию создания в среде ГИС электронных почвенных карт на основе архивных данных. Исследование опирается на следующую гипотезу: в результате разработки технологии создания в среде ГИС электронных почвенных карт по архивным материалам и формирования на их основе картограммы пригодности земель для использования в сельскохозяйственном производстве (картограммы пригодности) будет обеспечено повышение качества информационной поддержки проектирования системы мелиорации земель.

Цель исследования – разработка методики создания электронных почвенных карт в местной системе координат, принятой для определенного субъекта РФ по аналоговым архивным картографическим материалам.

Объект исследования – информационное обеспечение мелиоративного проектирования.

Предмет исследования – преобразование аналоговых почвенных карт из условной системы координат в электронные карты в местных системах координат и построение на их основе картограмм пригодности земель, используемых при проектировании мелиоративных систем.

Методы исследования. В процессе выполнения работы применялись картографический и геоинформационный методы исследований.

Результаты и обсуждение. Предлагаемая методика, может успешно применяться при информационном обеспечении работ: 1) по формированию природно-аграрных систем; 2) по решению оптимизационных эколого-экономических задач в области аграрного использования территории; 3) по проектированию хозяйственных мелиоративных систем; 4) по разработке схем территориального планирования [4, 5].

Схема, изображенная на рис. 1, представляет основные технологические операции создания цифровой картограммы пригодности земель для сельскохозяйственного использования. Ключевым этапом создания цифровой картограммы является сканирование архивных аналоговых почвенных карт масштаба 1:10000, которое осуществляется в соответствии с общепринятыми требованиями к сканированию картографических материалов. Затем растровые почвенные карты масштаба 1:10000 привязываются в одной из доступных ГИС-систем к растровой топографической карте масштаба 1:50000 или 1:25000 (далее топографической карте) по изображению объектов местности. При этом при привязке преимущество отдается линейным объектам.

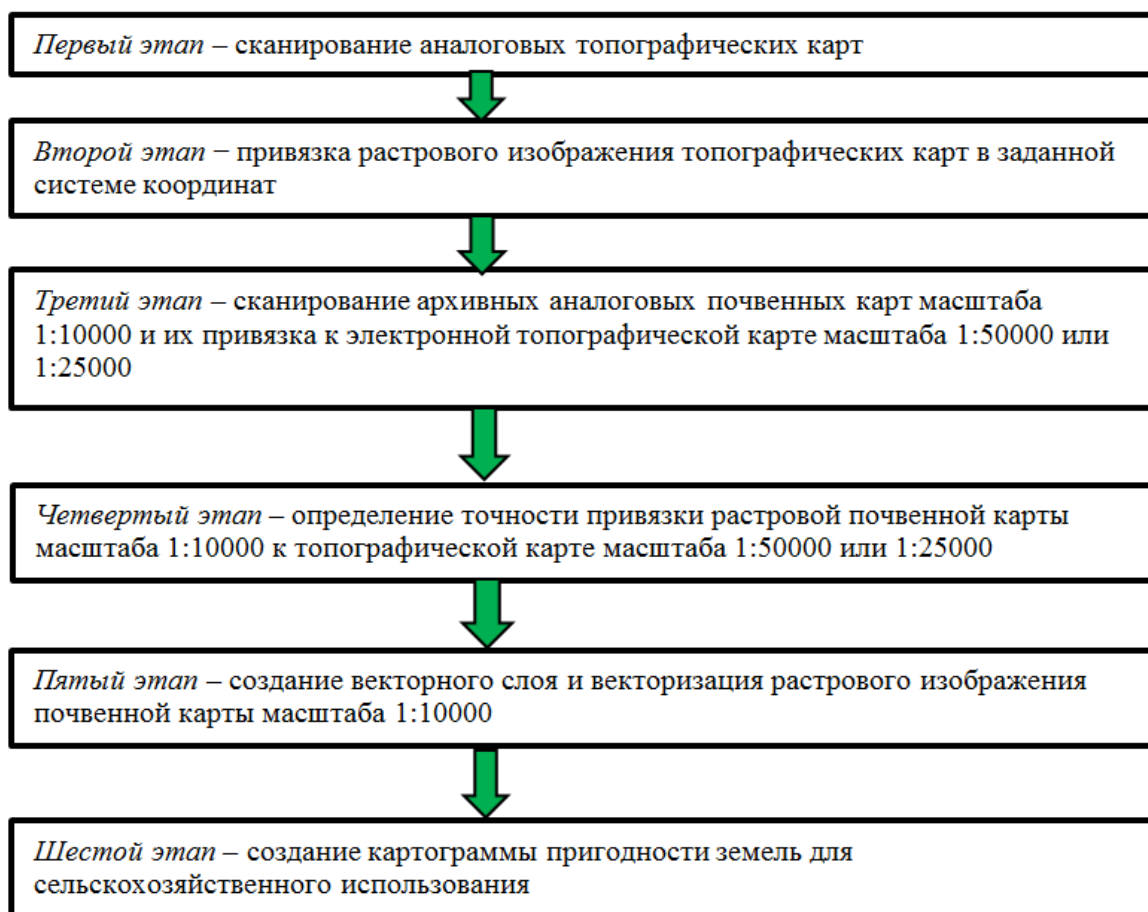


Рис. 1. Основные технологические операции создания цифровой картограммы пригодности земель для сельскохозяйственного использования

Точность привязки растровой почвенной карты масштаба 1:10000 к растровой топографической карте характеризуется отклонениями координат объектов привязанного растра от координат аналогичных объектов исходного растра. Координаты объектов на исходной топографической карте получают путем их измерения на тиражном оттиске или диапозитиве постоянного хранения, а координаты объектов на привязанном растре считывают с экрана монитора. Допустимое расхождение определяется как двойная точность масштаба исходной топографической карты ($d_{cp} \leq 2t$).

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}; \quad (1)$$

$$d_{cp} = \sum d / n, \quad (2)$$

где x_1, y_1 – координаты объекта на топографической карте; x_2, y_2 – координаты объекта на растровой почвенной карте масштаба 1:10000; d – расхождение в положении объекта.

Перед векторизацией растрового изображения почвенной карты создается структура атрибутивной таблицы, включающей в себя следующие данные о почвах: тип почвы, наименование почвы, почвообразующая порода, гранулометрический состав почвы, степень оглеения почвы, балл бонитета почвы, площадь почвенного контура и пр.. Для формирования таблицы используется информация из легенды почвенной карты, а также данные почвенных обследований хозяйств. Векторизация изображения почвенных контуров осуществляется в среде ГИС по растровой подложке с использованием инструмента «Полигон» (для ПО ГИС MapInfo).

На основе полученного векторного изображения почвенной карты (векторного слоя цифровой почвенной карты) создается цифровая картограмма пригодности земель для сельскохозяйственного использования. Например, при использовании ГИС MapInfo применяется функция «Создать тематическую карту» путем агроэкологической группировки почв по такому качественному признаку, как бонитет (в соответствии с классификацией Л. Благовидова, представленной в табл. 1).

Таблица 1 – Шкала классификации почв и земель (по Л. Благовидову)

Балл бонитета	Качественная характеристика почв и земель
71–100	Лучшие почвы и земли
41–70	Средние почвы и земли
11–40	Худшие почвы и земли
1–10	Неиспользуемые в земледелии

Заключение. Преимущества рассмотренной выше методики заключается в том, что она позволяет в короткие сроки с необходимым качеством получать информацию о почвах исследуемой территории. Ее практическое применение позволит значительно снизить трудовые и материальные затраты на создание плановой основы для проведения работ по проектированию новых и реконструкции существующих мелиоративных систем, и территориальному планированию, создаст объективную основу повышения качества проектных работ и экономии затрат [4, 5].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Управление сельскохозяйственным землепользованием. Прикладные аспекты. – Часть 1: коллективная монография / Под ред. Гарманова В.В., Шишова Д.А. – СПб: СПбГАУ, 2019. – 246 с.
2. Осипов Г.К., Гарманов В.В., Осипов А.Г. Геосистемный подход к рациональному использованию и охране земельных ресурсов при комплексном освоении территории // Региональная экология. – 2003. – № 3-4. – С. 87–90.
3. Осипов А.Г., Гарманов В.В., Генгут И.Б. Геоинформационное обеспечение эколого-мелиоративного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2016. – №1. – С. 44–49.
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. Гарманов В.В., Богданов В.Л. Информационное обеспечение платности землепользования сельскохозяйственного назначения // Науки о Земле. – 2015. – № 1. – С. 63–71.

ОСОБЕННОСТИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Введение. Для восстановления нарушенных земель естественным образом в Арктической зоне РФ уходят десятилетия, но при правильно проведенных мероприятиях по восстановлению земель уже через несколько лет происходит зарастание нарушенной почвы и восстановление растительности [1]. Рекультивация земель – это комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды [2].

Цель работы – исследование особенности рекультивации земель Арктической зоны РФ. Указанная цель достигается решением следующих задач: 1) анализ действующего законодательства в соответствующей области правового регулирования; 2) выработка рекомендаций по наиболее эффективным приемам рекультивации земель Арктической зоны.

Согласно законодательству, объекты рекультивации делятся на: нарушенные земли и загрязненные земли. Нарушенные земли – это земли, деградация которых привела к невозможности их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием. Объекты рекультивации разделяют на две группы, так как у каждого – свой порядок проведения мероприятия по восстановлению продуктивности, учитывая положения дна карьера относительно залегания подземных вод [3], из какого материала образовались нарушенные земли, а также какое будет дальнейшее хозяйственное использование территории. Рекультивация проводится в два основных этапа: технический и биологический. В техническом этапе проводят планировку работ: формирование откосов, снятие, транспортирование и нанесение почв и плодородных пород на рекультивируемые земли, устройство гидротехнических и мелиоративных сооружений, захоронение токсичных вскрышных пород, а также проведение других работ, которые создают необходимые условия для дальнейшего использования восстановленных земель. Биологический этап включает комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направленных на улучшение агрохимических, агрофизических, биохимических и иных свойств почв [4–9]. В Арктической зоне для сохранения и восстановления растительного покрова при выборе направлений хозяйственного использования нарушенных территорий, по мнению специалистов, предпочтение следует отдавать биологической рекультивации. Биологическое освоение земель Крайнего Севера связано со сложностями, которые обусловлены зонально-географическими условиями месторождений, свойствами складированных отходов, системой их разработки, недостатком плодородных грунтов для проведения работ по рекультивации, технико-экономическими показателями восстановления нарушенных земель, отсутствием адаптированных семян растений, – всё это затрудняет проведение работ по восстановлению земель.

Результаты и обсуждение. В 2020 году Федеральная служба государственной статистики (Росстат) опубликовала статистический сборник «Охрана окружающей среды в России». В сборнике указаны площади нарушенных, отработанных и рекультивированных земель Арктической зоны Российской Федерации с 2017 по 2019 год. Статистика необходима для учёта земель, восстановленных вследствие нарушения плодородного слоя [10], а также оставленных без проведения работ. Из анализа данных, которые указаны в диаграмме, изображенной на рис.1, следует, что нарушенных земель за каждый год в два раза больше, чем рекультивированных.

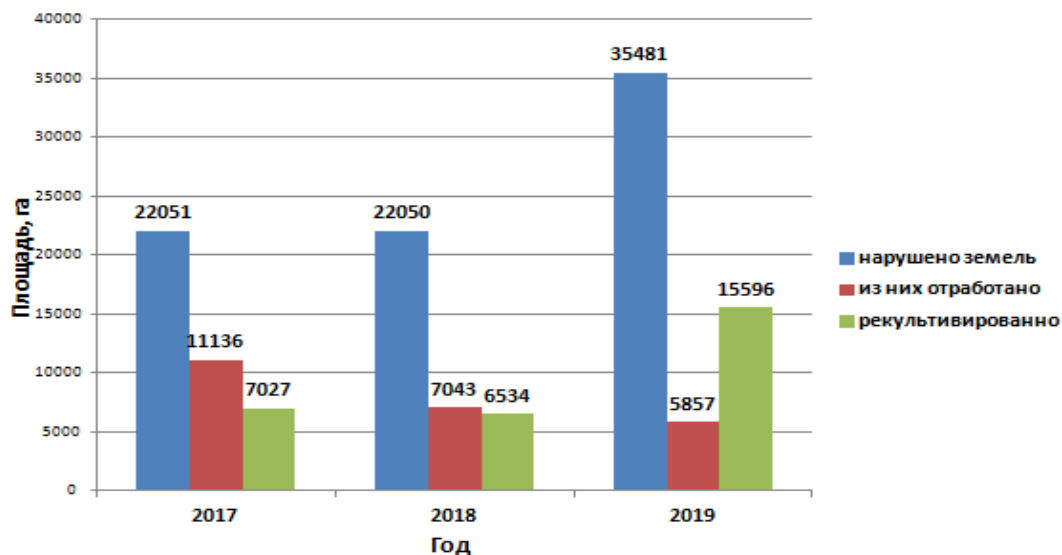


Рис. 1. Статистические данные нарушенных, отработанных и рекультивированных земель Арктической зоны РФ

Это означает, что большая часть нарушенных земель не приведена в пригодное состояние для дальнейшего использования. Также среди них есть отработанные земли, надобность в которых исчезла после окончания проведения на них определенных работ, соответственно, рекультивация на них не проведена. Всё это, чаще всего, связано с тем, что на Крайнем Севере довольно сложно проводить мероприятия по рекультивации земель. Для проведения работ по восстановлению необходимо учитывать особенности Арктической зоны. Ключевая особенность заключается в многофункциональности. Это означает, что одна и та же территория может одновременно использоваться и как охотничьи угодья, и как олени пастбища, и как угодья для сбора дикоросов, и как территория для рыболовства коренного малочисленного народа. Именно поэтому нужна универсальность проведения работ по рекультивации. Они заключаются в следующей последовательности:

Качество органического вещества. По мнению специалистов, успешное восстановление нарушенных земель заключается в обеспечении почв органическим веществом. В Арктической зоне мощность горизонта, способного удерживать органические вещества, составляет всего 2–7 см; причем вероятность его разрушения под воздействием антропогенных факторов достаточно высока. Естественные функции восстановления пригодного для произрастания растений слоя весьма низкие, поэтому необходимо искусственное насыщение органическим веществом для создания условий образования растительных остатков и только после этого использовать методы сплошного залужения.

Восстановление плодородного слоя торфованием. В качестве плодородного слоя на Крайнем Севере обычно используется торф. Однако его тоже необходимо вынимать для рекультивации, соответственно, в последующем требуется проведение работ по приведению в надлежащее состояние самих выработанных торфяников, то есть – их рекультивации. Выработанные торфяники восстанавливаются в водохозяйственном направлении, то есть образуются водоемы. Плодородный слой может покрываться полосами или равномерно по всей площади. Полосы с покрытием шириной 6–10 м каждая чередуются с такими же по размеру полосами без покрытия. Оба типа полос располагаются поперек господствующего направления ветров.

Засев участков наиболее адаптированными растениями. Основным способом восстановления нарушенных территорий Крайнего Севера является засев участков наиболее адаптированными к данным условиям видами растений. Такая растительность

должна выдерживать низкие температуры в период вегетации, причем период самой вегетации не должен быть длинным. За короткое лето растения должны успеть вырасти и вызреть. Полярный день, избыточное увлажнение почв, а весенний период – временное затопление также являются условиями, которые необходимо учитывать при выборе сортов засеваемых трав. Нередко в летний период в тундровой зоне бывают засухи и суховеи, поэтому необходим подбор трав, способных крепко удерживать почвенный слой. Успешный результат выращивания растений зависит от природно-климатических условий, а также гранулометрического состава почв. Зная особенности процессов формирования растительности, можно разработать мероприятия по ускорению процесса выращивания засеянных растений.

Послепосевное прикатывание. Выравнивание и уплотнение поверхности слоя почвы производится полевыми катками. Прикатывание улучшает распределение семян по глубине, восстанавливает капиллярность в верхнем слое почвы.

Вывод. Нарушенные территории Арктической зоны РФ наиболее требовательны к проведению восстановительных мероприятий. Для них необходима универсальность проведения работ, так как процесс восстановления может длиться продолжительное время и в дальнейшем земли могут использоваться по всем направлениям. Именно потому для получения наилучшего результата рекультивации земель необходимо учитывать все особенности данной зоны.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Павлова В.А. Концептуальные основы территориального природопользования // Инженерные и технологические исследования для устойчивого развития: труды IX Международ. симп. молодых ученых, аспирантов и студентов. Минобрнауки РФ, Европейское региональное бюро ЮНЕСКО по науке и культуре (BRESCE), Бюро ЮНЕСКО в Москве, Московский гос. ун-т инженерной экологии, . М., 2009. – С. 71–74.
2. Богданов В.Л., Баденко В.Л., Гарманов В.В., Осипов Г.К. Управление землепользованием: учебное пособие / Под ред. В.Л. Богданова. – СПб.: СПбГУ, 2017. –298 с.
3. Арефьев Н.В., Баденко В.Л., Терлеев В.В., Латышев Н.К., Крылова И.Ю., Глядченкова Н.А. Определение водно-физических свойств почв при мелиоративных изысканиях // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – № 2. – С. 18–21.
4. Павлова В.А., Уварова Е.Л. Фермерство как генезис капиталистических отношений в России // Известия СПбГАУ. – 2015. – № 40. – С. 180–186.
5. Журавлева И.А. Проблема вывода земель сельскохозяйственного назначения из производственного оборота в РФ // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения. Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции, посвященной Году науки и технологий. – Санкт-Петербург, 2021. – С. 298–300.
6. Терлеев В.В. Математическое моделирование в почвенно-гидрологических и агрохимических исследованиях. – СПб.: СПбПУ, 2005. – 104 с.
7. Полуэктов Р.А., Терлеев В.В. Компьютерная модель динамики содержания азота в корнеобитаемом слое почвы // Агрохимия. – 2010. – № 10. – С. 68–74.
8. Семенова Н.Н., Новожилов К.В., Петрова Т.М., Терлеев В.В. Детерминированные модели поведения пестицидов в почве. Методология построения, структура, принципы использования. – СПб.: ВИЗР, 1999. – 92 с.
9. Баденко В.Л., Терлеев В.В., Латышев Н.К., Крылова И.Ю., Муравьева Л.С. Агрофизические исследования почвы для технологий точного земледелия: постановка задачи и метод // Плодородие. – 2011. – № 1 (58). – С. 29–31.
10. 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 // Сб. докл. конференции XLIII Неделя науки СПбПУ. СПб.: СПбПУ, 2014. – С. 34–36.

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ
ПРИ ОБОСНОВАНИИ РЫНОЧНОЙ СТОИМОСТИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЕГМЕНТА

Введение. Под большими данными понимаются такие технологии обработки структурированных и неструктурированных данных, которые имеют постоянный прирост. В последнее время сформировалось отличие между обычными структурированными базами данных с чёткими и понятными обработками и большими данными, которые могут не иметь значительный объём информации на начальном этапе, но обладают главной отличительной чертой – умение приспосабливаться под задачу в результате использования «машинного обучения». В целом определяющими характеристиками больших данных являются объём, вариативность, скорость и ценность, чем определяется актуальность данной работы.

Нейронные сети и искусственный интеллект становятся неотъемлемыми спутниками современных исследований, они позволяют быстро и четко принимать решения. Сферы землеустройства и кадастров не является исключением. Огромный поток геоинформационных данных требует своевременного анализа, что является компетенцией специалистов в сфере землеустройства и кадастра [1, 2].

На сегодняшний момент, согласно действующему законодательству, кадастровая стоимость земельных участков приравнена к рыночной стоимости [3]. Исходя из этого, в данной работе применяется математический анализ, с помощью которого вычисляется приближенная к действительности рыночная стоимость земельных участков за 1 кв. м.

Цель работы – разработка и применение математического инструментария при обосновании рыночной стоимости земельных участков сельскохозяйственного сегмента.

Научными деятелями в области землеустройства и кадастра сформулировано понятие рыночная стоимость земельного участка [4]. Рыночная стоимость – это идеальная цена, которую может предложить потенциальный покупатель за конкретный объект недвижимости с точки зрения оценщика [5].

Процедура определения оценки рыночной стоимости земельного участка включает в себя 5 этапов: 1) определение основных вопросов оценки; 2) Сбор, проверка и анализ информации; 3) анализ наиболее эффективного использования [6, 7]; 4) расчет рыночной стоимости на основе трех подходов к оценке – затратного, сравнительного, доходного – и согласование полученных результатов; 5) подготовка отчета об оценке.

Результаты и обсуждение. Оценочная деятельность, как и другие науки, модифицируется, усовершенствуется, использует искусственный интеллект. Задача интеллектуального анализа данных уже имеет строгий алгоритм ее постановки и реализации. В сельскохозяйственной практике известны работы, посвященные интеллектуальному анализу данных и использованию сетей прямого распространения в прогнозировании. Например, специалисты СПбГАУ занимаются обоснованием возможностей и особенностями применения интеллектуального анализа данных во всех сферах АПК – в растениеводстве, животноводстве, управлении [8, 9].

В качестве источника ценообразующих факторов, используемых при вычислении как кадастровой, так и рыночной стоимостей, авторами данного исследования использован Отчет № 03/КС ЗУ/2021 «Об итогах государственной кадастровой оценки земельных участков земель населенных пунктов и земель сельскохозяйственного назначения на территории

Псковской области по состоянию на 01.01.2021 г.». Подборка объектов аналогов осуществлялась на различных торговых интернет-площадках.

Оценены земельные участки сельскохозяйственного назначения по некоторым входным параметрам: x_1 – почвенная разновидность; x_2 – содержание гумуса, %; x_3 – цены реализации сельскохозяйственных культур, руб./т; x_4 – удаленность до населенного пункта, км; x_5 – цены на удобрение, руб./т; x_6 – наличие вблизи водного объекта [10]; x_7 – наличие вблизи дорожной инфраструктуры; x_8 – затраты на ядохимикаты руб./га; y – рыночная стоимость земельного участка, руб./м².

Параметры x_6 и x_7 определены с помощью бинарных переменных, 0 –отсутствует фактор, 1 – присутствует фактор.

На первом этапе обработка данных проведена при помощи специализированного программного обеспечения «NeuralExel». Для реализации поставленной задачи подготовлена репрезентативная выборка из 20 земельных участков.

Таблица 1 – Фактическое и предсказанные значения y и соответствующие значения функции штрафа

Фактическое значение y	Предсказанное значение y в соответствии с h_01	Предсказанное значение y в соответствии с h_02
6,25	8,57	6,83
6,25	7,68	11,87
10,06	10,8	15,27
10	9,25	9,56
1	7,77	4,32
7,24	8,09	6,95
3,51	7,76	4,49
83,3	83,02	83,1
7,35	8,02	6,55
245,45	242,83	243,71
233,33	209,07	233,4
23,25	21,6	15,86
15,71	16,35	15,84
94,5	94,12	94,97
28	27,96	28,06
50	50,05	49,86
3,33	9,03	13,85
18,93	16,86	16,38
7,28	9,93	7,71
22,22	8,01	11,43
Значение функции штрафа $F_{шт}$	30,30	19,07

На втором этапе выдвинуты две гипотезы:

h_01 – нейронная сеть (однослойный перцептрон) архитектуры 8-18-10-1, у которого во входном слое 8 нейронов, в выходном слое 1 нейрон, с одним скрытым слоем, состоящим из 2 слоев нейронов по 18 и 10 в каждом;

h02 – нейронная сеть (однослойный персептрон) архитектуры 8-18-10-10-1, у которого во входном слое 8 нейронов, в выходном слое 1 нейрон, с одним скрытым слоем, состоящим из 3 слоев нейронов по 18, 10 и 10 в каждом.

На третьем и четвертом этапах интеллектуального анализа спрогнозирован результат и оценено его качество. Оценка гипотеза осуществлена по функции штрафа $F_{шт}$. В результате реализации получены следующие прогнозные значения и значения функций штрафа, которые представлены в табл. 1. Из анализа табл. 1 можно утверждать, что использование обеих нейронных сетей дает достаточно точный прогноз величины y . Однако, вторая нейронная сеть (гипотеза h02), если анализировать функцию штрафа $F_{шт}$, дает несколько более точный результат предсказания.

Заключение. Из проведения математического анализа по вычислению рыночной стоимости земельных участков вытекают следующие выводы:

- при прогнозировании рыночной стоимости земельного участка необходимо использовать интеллектуальный анализ данных и нейронные сети прямого распространения;
- нейронная сеть достаточно качественно рассчитывает объективную стоимость земельного участка, исходя из его индивидуальных характеристик;
- по мере усложнения архитектуры нейронной сети качество предсказания увеличивается (функция штрафа уменьшается);
- при увеличении качества прогноза необходимо следить за процессом обучения нейронной сети, так как можно пропустить момент начала ее переобученности;
- в связи с увеличением количества данных набор входных переменных может быть увеличен как по числу входных переменных, так и по числу наблюдений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Сулин М.А., Степанова Е.А., Уварова Е.Л. Внутрихозяйственное землеустройство. Практикум: Учебное пособие. – СПб.: Проспект Науки, 2018. – 103 с.
2. Уварова Е.Л., Терлеев В.В. Инвентаризация земель как основа мониторинга земель // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: Сборник научных трудов. – СПб., 2018. – С. 252–257.
3. Уварова Е.Л., Ласина Д.А. Категории земель в Российской Федерации: проблемы и перспективы // Вестник Студенческого научного общества. – 2013. – № 1. – С. 286–289.
4. Сулин М.А., Быкова Е.Н., Павлова В.А. Кадастр недвижимости и мониторинг земель: Уч. пособие. – СПб.: Лань, 2012. – 367 с.
5. Гарманов В.В. Богданов В.Л. Информационное обеспечение платности землепользования сельскохозяйственного назначения // Науки о Земле. – 2015. – №1. – С.63–71.
6. Уварова Е.Л. Методические проблемы внутрихозяйственного землеустройства: необходимость соответствия современным требованиям сельскохозяйственного производства // Вестник факультета землеустройства СПбГАУ. – 2009. – С. 86–89.
7. Павлова В.А., Уварова Е.Л. Фермерство как генезис капиталистических отношений в России // Известия СПбГАУ. – 2015. – №40. – С. 180–186.
- Галанина О.В. Нейронная сеть прямого распространения в исследовании экономики сельского хозяйства // Известия Международной академии аграрного образования. – 2021. – № 56. – С. 61–64.
8. Галанина О.В. Преимущества использования интеллектуальных систем прогнозирования в экономике сельского хозяйства в условиях недостатка информации // Известия Международной академии аграрного образования. – 2020. – № 51. – С. 61–64.
9. Богданов В.Л., Гарманов В.В., Грик А.Р. Основные положения агроэкологического мониторинга земель // Вестник факультета землеустройства СПбГАУ. – 2018. – № 4. – С. 10–13.
10. Арефьев Н.В., Баденко В.Л., Терлеев В.В., Латышев Н.К., Крылова И.Ю., Глядченкова Н.А. Определение водно-физических свойств почв при мелиоративных изысканиях // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – № 2. – С. 18–21.

РОЛЬ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ
В ПРОЦЕССЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЛЯМИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Введение. Технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), как инструмент, позволяющий проводить наблюдения за значительными частями земной поверхности, играют важную роль для управления землями сельскохозяйственного назначения в силу больших площадей, занимаемых ними (22,2% в структуре земельного фонда РФ по состоянию на 2020 г. [1]). Среди средств, обеспечивающих получение ДЗЗ, наиболее распространёнными и удобными для использования, являются космические, получаемые со спутников и орбитальных станций. Отличительная особенность космических снимков заключается в хороших геометрических свойствах и высоком качестве изображений [2].

Цель исследований. Определить способность совершенствования системы управления землями сельскохозяйственного назначения данными, полученными при ДЗЗ.

Материалы и методы исследований. Для корректного применения спутниковой информации в рамках тематической обработки данные ДЗЗ нуждаются в предварительной обработке с помощью компьютерных технологий: дополнении орбитальной информацией, радиометрической коррекции, географической привязке, преобразовании изображения в определённую картографическую проекцию с учётом координат опорных точек, геометрическом преобразовании изображения с учётом цифровой модели рельефа, мультиспектральной обработке [2]. Использование компьютерных технологий вызывает значительные финансовые затраты, требует специальных знаний и навыков. Поэтому целесообразнее использовать сервисы, предоставляющие первично и вторично обработанные спутниковые данные.

Земли сельскохозяйственного назначения являются основным средством производства в сфере сельского хозяйства, в этой связи они имеют особенности использования и подлежат охране, направленной на сохранение площади и предотвращение развития негативных процессов. Среди земель сельскохозяйственного назначения сельскохозяйственные угодья имеют приоритет в использовании, подлежат особой охране и составляют 52%, из которых 30,5% – пашня [1]. Управление данной категорией земель возможно как со стороны государства, так и со стороны землевладельца или землепользователя.

Логично, что государство играет главную роль и предусматривает меры контроля использования земель собственниками, осуществляя при этом государственный мониторинг земель. Государственный мониторинг земель подразделяется на мониторинг использования земель и мониторинг состояния земель [3]. Мониторинг состояния земель направлен на наблюдение за количественными и качественными характеристиками земель, что в настоящее время сложно и частично невозможно осуществлять с использованием ДЗЗ. В свою очередь, мониторинг использования земель направлен на наблюдение за использованием земель в соответствии с их целевым назначением, что возможно осуществить с использованием ДЗЗ в отношении сельскохозяйственных угодий.

Для землевладельца или землепользователя в аспекте управления землями сельскохозяйственного назначения (сельскохозяйственными угодьями) важнейшее значение имеет получение прибыли, т.е. качество и количество будущего урожая.

Осуществлять проверку использования сельскохозяйственных угодий по целевому назначению, а также проверку состояния растительного покрова с применением ДЗЗ можно

посредством обработки космических снимков, полученных в красном и ближнем инфракрасном диапазоне. Обработка проводится с целью вычисления нормализованного относительного индекса растительности (*NDVI*) – простого количественного показателя количества фотосинтетически активной биомассы (формула 1) [4].

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

где *NIR* – отображение в ближней инфракрасной области спектра; *RED* – отображение в красной области спектра.

Однако специализированные сервисы могут предоставлять готовые материалы (компонитные и спутниковые изображения), полученные посредством использования внутренних вычислительных алгоритмов, и обеспечивать эффективный поиск решения широкого диапазона задач [5–9].

Результаты и обсуждение. В результате анализа сервисов, предоставляющих спутниковую информацию, для целей совершенствования управления землями сельскохозяйственного назначения выбран информационный сервис «БЕГА-PRO» [10]. Графический интерфейс сервиса позволяет осуществить получение готовых данных и проведение действий, направленных на создание новых данных: историю использования объекта в течение любого периода времени, анализ тенденций в развитии определённой сельскохозяйственной культуры, сравнение текущего состояния *NDVI* со стандартным *NDVI*, обнаружение аномалий в развитии сельскохозяйственных культур, сравнение тенденций в развитии растительности, контроль за целевым использованием сельскохозяйственных угодий, оценка сельскохозяйственных работ в целом и т.д. Возможно получение карты *NDVI* в вариациях на определённую дату или еженедельную усреднённую, а также возможен онлайн-расчёт индексов *NDVI* для любого выбранного спутникового изображения.

Например, для определения использования по целевому назначению сельскохозяйственных угодий, расположенных в Красногвардейском районе Республики Крым, а также определения выращиваемых культур, может быть использован композит за месяц типа Sentinel-2 (beta-version) (рис.1).

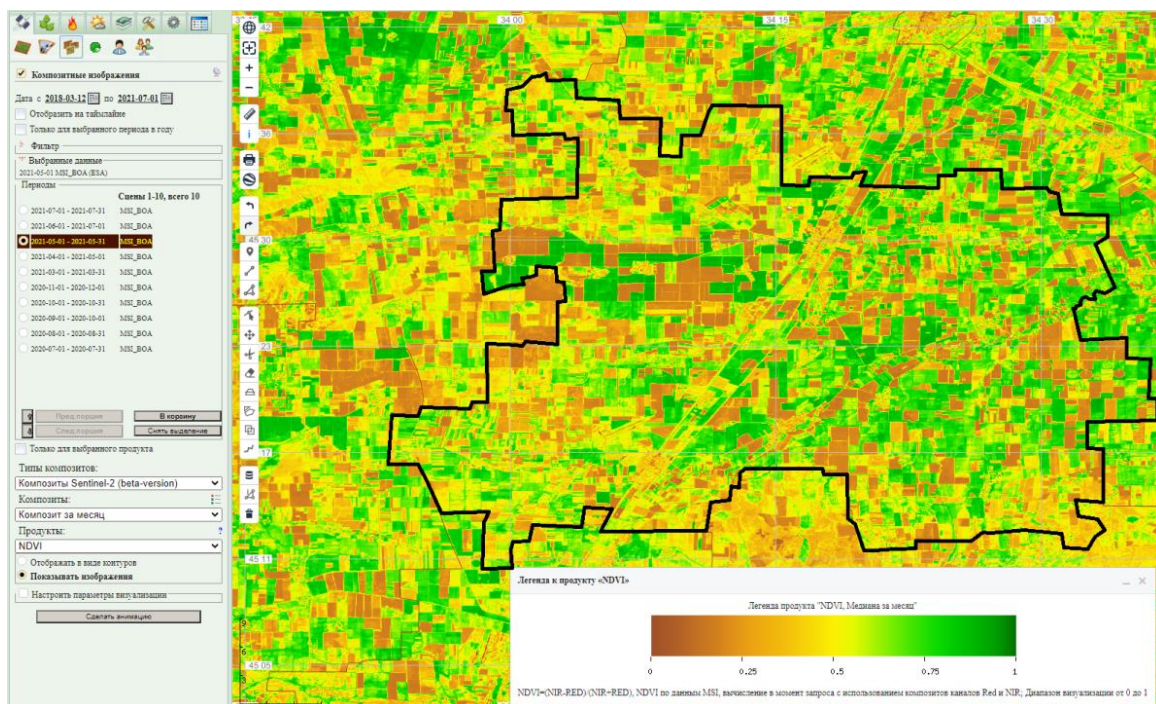


Рис. 1. Композитное изображение с автоматически рассчитанным *NDVI*

Сервис позволяет построить временную зависимость или временной ряд *NDVI* для любого выбранного сельскохозяйственного угодья.

Вывод. Таким образом, дистанционное зондирование Земли играет важную роль в процессе совершенствования управления землями сельскохозяйственного назначения. Использование спутниковых систем является наиболее эффективным методом получения информации о состоянии земельных угодий, что улучшает проведение комплекса необходимых мер в процессе управления землями.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2020 году: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Государственный%20\(национальный\)%20доклад_2020.pdf](https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Государственный%20(национальный)%20доклад_2020.pdf).
2. Дистанционное зондирование земли : учеб. пособие / Е. Н. Сутырина. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. – 165 с.
3. Земельный кодекс Российской Федерации. [Электронный ресурс]: КонсультантПлюс. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/0b2b2f4d1871a081e0da8f1ff95bab2f1fecda1a/.
4. Баширова, Ч. Ф. Индекс *NDVI* для дистанционного мониторинга растительности / Ч. Ф. Баширова. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2019. – № 31 (269). – С. 30–31. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/269/61895/>.
5. Баденко В.Л., Баденко Г.В., Терлеев В.В., Латышев Н.К. ГИС-технологии в информационном обеспечении системы имитационного моделирования *AGROTOOL* // Агрофизика. – 2011. – № 3. – С. 1-5.
6. Баденко В.Л., Терлеев В.В., Латышев Н.К., Крылова И.Ю., Муравьева Л.С. Агрофизические исследования почвы для технологий точного земледелия: постановка задачи и метод // Плодородие. – 2011. – № 1 (58). – С. 29–31.
7. Полуэктов Р.А., Опарина И.В., Терлеев В.В. Три способа расчета динамики почвенной влаги // Метеорология и гидрология. – 2003. – № 11. – С. 90–98.
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. Arefiev N., Terleev V., Badenko V. GIS-based fuzzy method for urban planning // Procedia Engineering. – 2015. – Vol. 117. – P. 39–44.
10. Vega-PRO: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pro-vega.ru/>.

УДК 556.5:628.1:628.3

Н.М. Иванютин¹, Н.Е. Волкова¹, В.В. Терлеев^{2,3}

¹ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

³Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ОРОШЕНИЕ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ: МИРОВОЙ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ

Введение. В вододефицитных регионах одним из способов повышения обеспечения сельского хозяйства дополнительными объемами воды является использование для целей орошения очищенных сточных вод. Одним из мировых лидеров по использованию сточных вод для орошения является Израиль, который очищает и повторно применяет около 90 % стоков. Это было достигнуто путем больших льгот (до 30–50 %) на водные ресурсы сельскохозяйственным товаропроизводителям при использовании очищенных стоков.

Цель работы – проанализировать опыт использования сточных вод для целей орошения в различных регионах земного шара и выделить основные проблемы их использования.

Использование очищенных сточных вод в сельском хозяйстве – сложная задача, поиском решения которой занято большое количество специалистов во всем мире. Очистка и использование стоков позволяет решить несколько актуальных экологических и экономических проблем. Во-первых, повышается водообеспеченность аграрного сектора, что дает новые рабочие места и дополнительную сельскохозяйственную продукцию. Во-вторых, уменьшается поступление поллютантов в моря и реки, что улучшает экологическое состояние территорий. В-третьих, процесс модернизации очистных сооружений может привлечь инвестиции в водохозяйственный и коммунально-бытовой сектор. В-четвертых, органические вещества, которые содержатся в очищенных стоках (фосфор, азот и др.), позволяют сократить объем вносимых удобрений, что увеличивает рентабельность агробизнеса.

Сточные воды, с точки зрения их разнообразного химического состава и степени очистки, можно отнести к ограниченно пригодным для целей орошения; поэтому при их использовании могут возникнуть проблемы с почвенным покровом, а также продукцией, выращенной с их применением. Эти проблемы в обязательном порядке необходимо контролировать.

В работе [1] отмечается необходимость регулярных почвенных исследований при использовании очищенных сточных вод для орошения. Наряду с исследованиями почвенных условий и продукции выращенной с использованием очищенных сточных вод, немало работ посвящено: а) вопросам возможного загрязнения подземных водоносных горизонтов, особенно, если они используются для централизованного водоснабжения и являются «незащищенными», то есть, не перекрыты сверху водонепроницаемыми горными породами; б) вопросам сохранения благоприятной экологической обстановки на участках использования сточных вод и поддержанию экологической безопасности территорий, а также возможному влиянию орошения на здоровье населения, посвящены работы российских ученых [2–4]; в) вопросам использования очищенных сточных вод Крыма для нужд сельского хозяйства [5–8].

Результаты и обсуждение. В Республике Крым полевые опыты по использованию очищенных сточных вод с минерализацией 1,5–3 г/дм³ для орошения, проводились в 90-х годах прошлого века, в Сакском и Симферопольском районах. В опытах по Симферопольскому району, было выявлено увеличение содержания в почве натрия более чем в 10 раз. По Сакскому району установлены процессы развития засоления и осолонцевания [9]. В 2016–2018 годах на базе ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», проводились полевые эксперименты по выращиванию семенников сахарной свеклы, а также технической свеклы на корнеплоды с использованием для орошения очищенных стоков г. Симферополь (табл. 1).

Таблица 1 – Оценка пригодности очищенных сточных вод г. Симферополь для целей орошения, согласно почвенно-мелиоративной классификации

Показатель	Общее засоление (по величине минерализации)	Хлоридное засоление (по содержанию Cl ⁻)	Натриевое осолонцевание (соотношение Na ⁺ /Ca ²⁺)	Магниевое осолонцевание (соотношение Mg ²⁺ /Ca ²⁺)	Содообразование (CO ₃ ²⁻ +HCO ₃ ⁻) – (Ca ²⁺ +Mg ²⁺)
Класс воды	II	I	I	I	I
Итоговый класс воды	II				

Очищенные сточные воды данных очистных сооружений, согласно почвенно-мелиоративной классификации, относятся ко 2 классу качества (оросительная вода не оказывает неблагоприятного влияния на плодородие почв, урожайность и качество

сельскохозяйственной продукции, поверхностные и подземные воды). Эксперименты не выявили негативного влияния орошения сточными водами на развитие и урожайность семенников сахарной свеклы (показатели качества сырья находились в пределах нормы) [10]. Ухудшения мелиоративной обстановки на опытном участке выявлено не было, содержание токсичных солей в почве практически не изменилось, почва характеризовалась как незасоленная (табл. 2).

Таблица 2 – Химический состав водной вытяжки почвы в начале и в конце вегетационного периода

Вариант опыта	Солевой состав, мг-экв./100 г почвы						«Суммарный эффект» токсичных ионов, мг-экв. Cl- на 100 г почвы
	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	
До опыта	0,615	0,161	0,021	0,399	0,148	0,249	0,183
После опыта	0,723	0,152	0,069	0,778	0,230	0,340	0,155

Выводы. В Республике Крым ежегодно формируется и сбрасывается в водные объекты более 100 млн м³ сточных вод различной степени очистки. Использование 50 % из них позволит увеличить орошаемые земли на 20–25 тыс. га и сократить поступление загрязняющих веществ в реки и моря курортного региона, повысит его экологическую безопасность и туристическую привлекательность. Очистные сооружения городов Симферополь, Ялта, Феодосия, Керчь, Евпатория, Алушта, Саки являются наиболее перспективными в отношении использования очищенных вод Крыма для нужд сельского хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Копытовский В.В. Влияние длительного орошения животноводческими стоками на свойства почвы // Мелиорация. – 2014. – №1 (71). – С. 45-52.
2. Герасимов А.С., Мельников А.А. Нормативное содержание нефтепродуктов и фенолов в сточных водах очистных сооружений Северной железной дороги // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2019. – № 2. – С. 73-76.
3. Имангазинова Ж.С., Мукашева Д.М., Джетимов М.А. Использование сточных вод в производстве кормовых культур // Естественные и математические науки в современном мире. – 2015. – № 36–37. – С. 207–217.
4. Макарычев С.В., Алешина Н.И. Экологические особенности орошения многолетних трав городскими сточными водами // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. – №9 (131). – С. 53–57.
5. Захаров Р.Ю., Волкова Н.Е. Динамика качественных показателей очищенных сточных вод в крымском регионе // Строительство и техногенная безопасность. – 2017. – № 7 (59). – С. 141–145.
6. Иванютин Н.М., Подовалова С.В. Оценка минерального состава и токсичности очищенных сточных вод Крыма как альтернативного источника воды для орошения // Таврический вестник аграрной науки. – 2018. – № 1 (13). – С. 53-64. DOI: 10.25637/TVAN2018.01.04
7. Иванютин Н.М., Волкова Н.Е. Использование сточных вод – экологическая безопасность Крыма // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2021. – № 4. – С. 69-76.
8. Ляшевский В.И., Вердыш М.В., Кременской В.И. Изучение возможностей использования очищенных сточных вод для орошения в Крыму // Таврический вестник аграрной науки. – 2016.- №4 (8). – С. 121–129.
9. Волкова Н.Е., Захаров Р.Ю. Использование очищенных сточных вод в Крыму: опыт прошлого, реалии настоящего // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2017. – № 3 (27). – С. 144–159.
10. Боровой Е.П., Ходяков Е.А., Кременской В.И., Джапарова А.М. Получение семян сахарной свеклы из штеклингов с использованием очищенных сточных вод в Крыму // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 3 (55). – С. 42–50.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РУЧНЫХ БУРОВ ДЛЯ ОТБОРА ПОЧВЕННЫХ ПРОБ

Введение. Вода играет важную роль в обмене веществ между атмосферой, почвой и почвообразующей породой (грунтом), растениями и животными. Почвенная влага является основным источником воды для растений и оказывает большое влияние на формирование урожая [1–5]. Изучению водного режима почвы и влагообеспеченности сельскохозяйственных культур посвящены работы многих почвоведов и физиологов растений: М. Th. van Genuchten (2021), Wong J.T.F. (2022), Muallem Y. (2018), Смагин А.В. (2021), Salvestro A.C. (2013); Шеин Е.В. (2006), Н.А. Максимов (1941), С.И. Долгов (1948), Н.А. Гусев (1949), А.А. Роде (1965), А.Д. Воронин (1966), Н.А. Качинский (1970), Б.Н. Мичурин (1975), И.И. Судницын (1979), Х. Пенман (1982), Н.А. Семенов (2005) и др. [6]. Вопросы моделирования гидрофизических свойств почвы и динамики почвенной влаги рассмотрены в [7–9].

Наиболее распространенный метод определения влажности почвы до настоящего времени является весовой метод. Его можно применять в очень широком диапазоне влажности. Суть метода заключается в том, что с помощью бура из почвы послойно извлекаются образцы. Некоторая часть образца почвы помещается в бюксы с известной массой и закрывается плотной крышкой, после чего бюкс с сырой почвой взвешивается на весах с точностью до 0,01 г, а затем выдерживается в сушильном шкафу при температуре 100–105°C до постоянного веса. Далее бюксы охлаждаются и снова взвешиваются. Влажность почвы характеризуется отношением массы, содержащейся в почвенном образце влаги, к массе подготовленного и высушенного образца и выражается обычно в процентах. Самым популярным видом грунтового пробоотборника является обычный ручной бур. Актуален он по нескольким причинам: мобильность, высокая надежность, низкая стоимость и отсутствие необходимости использования источников энергии, что делает его незаменимым в «полевых» условиях. В современных условиях (в связи с потребностью выделения наиболее приемлемых способов отбора почвенных проб с наименьшими энергетическими затратами, а также низкой стоимостью проведения работ и возможностью бурения в труднодоступных местах) преимущественно применяются именно ручные буры. Так Бутаков Е.И., Кулик Н.Ф., Уталиев А.А., Рзаев Р.А., Стрелков С.П., Петров Р.А. занимаются разработкой почвенных буров для различных типов почв [10].

Цель работы: определить оптимальное конструктивное решение формы режущей части почвенного бура и формы стакана для почвенных разностей засушливой Крымского полуострова в условиях багорного земледелия при различной влажности почвы.

Существует большое количество различных систем почвоотборников. В зависимости от почвенных условий, типа обработки почвы, почвообразующей породы и другого, для отбора почвенных образцов целесообразно выбирать определенный вариант конструкции. Сравнение применения различных конструктивных решений пробоотборников для почвенных условий Крымского полуострова (черноземы щебнистые, черноземы намытые и др.) приведено ниже.

На рис. 1–3 изображены «стаканы» гидрологических буров, которые представляют собой цилиндр из листовой стали высотой 250 мм, диаметром 45–50 мм, с прорезью с двух сторон, имеющую ширину 15–22 мм; режущая часть бура представлена в виде «ласточкиного хвоста». Одним из недостатков такой режущей части конструкции «ласточкин хвост» является повреждение при бурении каменистой почвы. Это видно на рис. 1 и 2: справа находится бур с отломанной частью лезвия (чернозем щебнистый, предгорная зона Крымского полуострова).



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

В ходе проведения полевых исследований и отбора образцов на определение влажности почвы, стакан почвоотборника был модифицирован. Так, на рис. 3 показан центрирующий элемент (наконечник) и усиленную режущую часть, которая при отборе проб позволяет определить наличие препятствия (камень или включения), способное повредить бур. Недостатком такого стакана является трудная очистка от почвы, особенно если проба влажная и глинистая. Рассмотрим почвоотборники другой конструкции. Так, на рис. 4 и 5 изображены буры винтовые, у которых стакан представлен в виде двух изогнутых пластин из листовой стали, высотой 130-140 мм и диаметром 35-40 мм с прорезью с двух сторон 25-30 мм для извлечения почвенной пробы, режущая часть изготовлена в виде винта. Этот вид почвоотборников хорошо зарекомендовал себя на всех почвах и грунтах (кроме песчаных). Особенности этого бура заключается в том, что отбор проб может вестись только при влажности почвы не менее 70% от наименьшей влагоемкости. Его большим достоинством является легкость и быстрота очистки. Бур такой конструкции обеспечивает высокую производительность работы при малой затрате физических сил.

Результаты. В рамках научно-производственных опытов и ведения банка данных о сельскохозяйственных полях сотрудниками отдела цифрового мониторинга и моделирования агроэкосистем ФГБУН «НИИСХ Крыма» проведена работа по отбору почвенных проб для определения влажности почвы, содержания в почве элементов питания, гранулометрического состава почвы и др. с использованием ручных буров. Полученные данные позволяют оценивать запасы влаги в почве на момент посева, а также во время вегетации, благодаря чему возможна корректировка сроков сева, а также применение агротехнических мероприятий, количество внесения удобрений и прогнозирование формирования урожая. На рис. 6 изображены точки отбора образцов почвы по районам на сельскохозяйственных полях различными пробоотборниками.



Рис. 4



Рис. 5

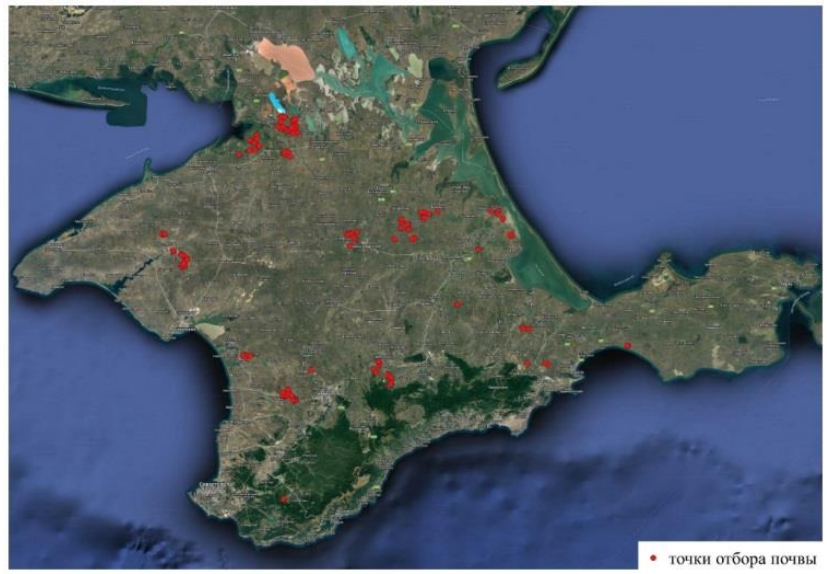


Рис. 6

Вывод. Сравнение различных почвоотборников показало, что для почв каменистых и щебнистых в предгорной зоне необходимо применение бура с усиленной наплавкой во избежание повреждения режущей кромки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге. – Л., 1969. – 952 с.
2. Судницын И.И. Движение почвенной влаги и водопотребление растений. – М.: МГУ, 1979. – 255 с.
3. Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Моделирование гидрофизических характеристик почв // В сбор.: «Автоматизация научных исследований и проектирования АСУ ТП в мелиорации». – Фрунзе: ВНИИКАмелиорация, 1988. – С. 82.
4. Терлеев В.В. Моделирование обмена, переноса и поглощения фосфора и калия в корнеобитаемом слое почвы: Автореф. дисс. на соискание уч. степени доктора с.-х. наук. – СПб.: АФИ, 2001. – 40 с.
5. Терлеев В.В. Математическое моделирование в почвенно-гидрологических и агрохимических исследованиях. – СПб.: СПбПУ, 2005. – 104 с.
6. Теории и методы физики почв / коллективная монография под ред. Е. В. Шеина и Л. О. Карпачевского. – М.: Гриф и К, 2007. – 616 с.
7. Полуэктов Р.А., Опарина И.В., Терлеев В.В. Три способа расчета динамики почвенной влаги // Метеорология и гидрология. – 2003. – № 11. – С. 90–98.
8. Терлеев В.В., Нарбут М.А., Топаж А.Г., Миршель В. Моделирование гидрофизических свойств почвы как капиллярно-пористого тела и усовершенствование метода Муалема-Ван Генухтена: теория // Агрофизика. – 2014. – № 2. – С. 35–44.
9. Терлеев В.В., Полуэктов Р.А., Бакаленко Б.И. Структура информационного обеспечения модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур // Агрофизика. – 2012.- № 2. – С. 29–36.
10. Половицкий И.Я., Гусев П.Г. Почвы Крыма и повышение их плодородия. – Симферополь: «Таврия», 1987. – 151 с.

С.Р. Абдураимов, Н.Г. Бойко, Е.А. Дунаева
ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРА SIEMENS

Цель работы – проанализировать опыт программирования логического контроллера Simatic S7-1200 для цифрового контроля скорости вращения центрифуги ЦУМ-1 при определении основной гидрофизической характеристики (ОГХ) почвы.

Материалы и методы исследований. В качестве базового оборудования использован учебный лабораторный стенд ГалСен® АТПП6-Н-К и центрифуга ЦУМ-1. Угловая малогабаритная центрифуга ЦУМ 1 [1] имеет ротор, который позволит одновременно центрифугировать образцы почвы в четырех пробирках вместимостью по 25 мл или четырех по 10 мл. Частота вращения ротора от 2000–8000 об/мин регулируется ступенчато с фактором разделения равным 6000. Время разгона ротора составляет 8–10 мин. Центрифуга имеет электрические часы, позволяющие устанавливать время центрифугирования от 0 до 60 мин, с последующим автоматическим торможением. Наряду с Simatic S7-1200 применяются такие контроллеры, как Rockwell Automation / Allen Bradley, Mitsubishi Electric, Schneider Electric, Honeywell Process, Omron, Hitachi Industrial Equipment Systems, IDEC, Koyo Electronics Industries, Delta, Eaton, Phoenix Contact, WAGO Kontakttechnik, Yokogawa Electric.

ОГХ представляет собой количественную характеристику водоудерживающей способности почвы и в настоящее время является главной составляющей прогнозных и оптимизационных расчетов переноса и удерживания влаги почвой. Водоудерживание можно определить как способность почвы удерживать влагу капиллярно-сорбционными силами; это выражается в величине влажности почвы при определенном давлении [2–7]. Чем выше влажность почвы при одном и том же давлении, тем выше водоудерживающая способность почвы.

В методе центрифугирования удаление влаги из образца почвы происходит под действием центробежной силы. Образцы почвы, поступающие на анализ, доводят до воздушно-сухого состояния, измельчают, пропускают через сито с круглыми отверстиями

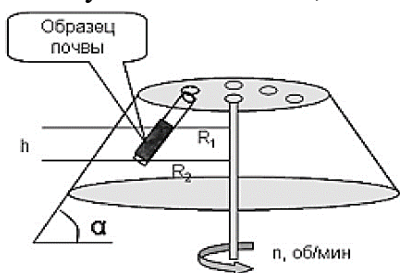


Рис. 1. Схема метода равновесного центрифугирования

диаметром 1 мм. Пробирки с почвой устанавливаются в емкость (стаканчик), на дне которого налита дистиллированная вода. После насыщения образец в пробирке взвешивается, измеряется высота почвы, пробирка закрывается пробкой (крышкой) и устанавливается в ячейку центрифуги (рис. 1): шаг центрифуги 100 об/мин. Время центрифугирования на каждой стадии 60 мин. После центрифугирования на одной стадии (достижения равновесия) производится измерение высот почвы в пробирке и взвешивание.

Устанавливается очередная скорость вращения:

рекомендуемые скорости от 100 до максимальной скорости 12000 об/мин. Шаг центрифуги до 1000 об/мин будет составлять 100 об/мин, после 1000 об/мин шаг составит 500 об/мин.

Результаты и их обсуждение. Для задания необходимо шага центрифугирования в 100 об/мин был проведен контроль скорости вращения с переменным заданным значением. Скорость вращения была измерена с помощью инициатора и проверена на соблюдение переменного диапазона скоростей. В качестве альтернативы эти импульсы генерируются также через программу имитации, для чего проведено соединение выхода DO+0.2 с

измерительным входом DI+0.0. Для включения контроля скорости вращения установлен и активизирован параметр START = 1. Таким образом, были определены текущие фактические значения, рассчитанные граничные значения и биты состояния [8, 9].

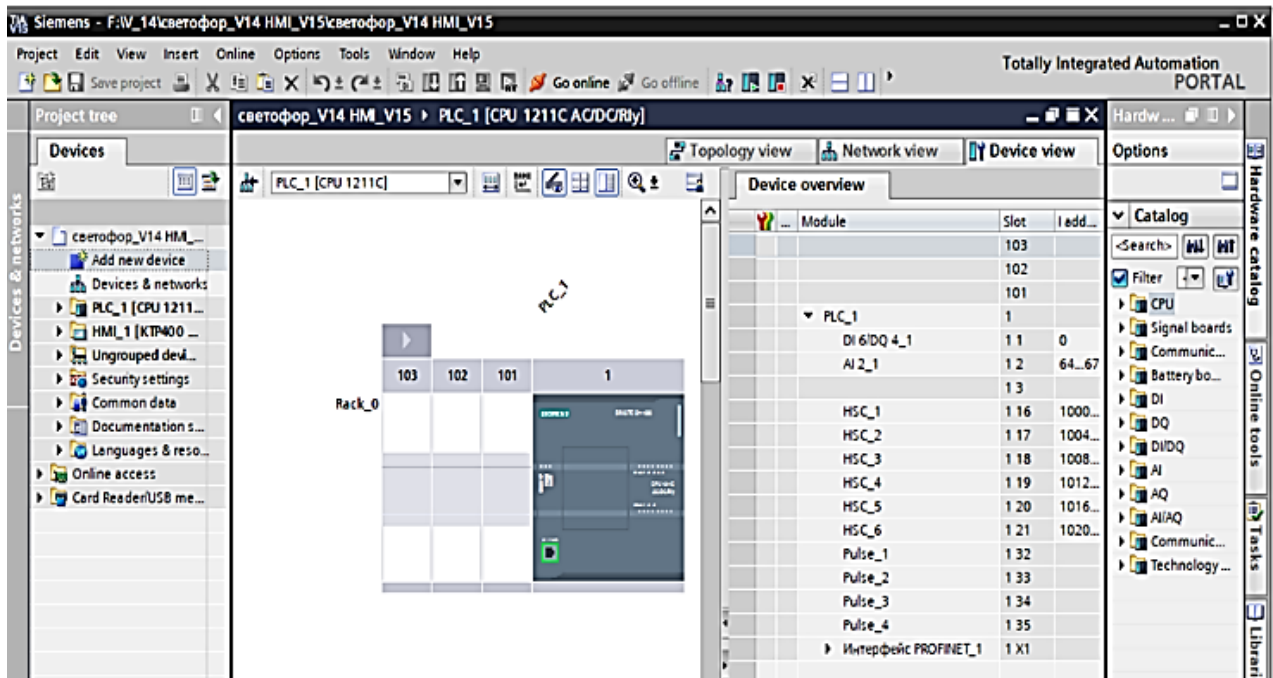


Рис. 2. Внешний вид программы

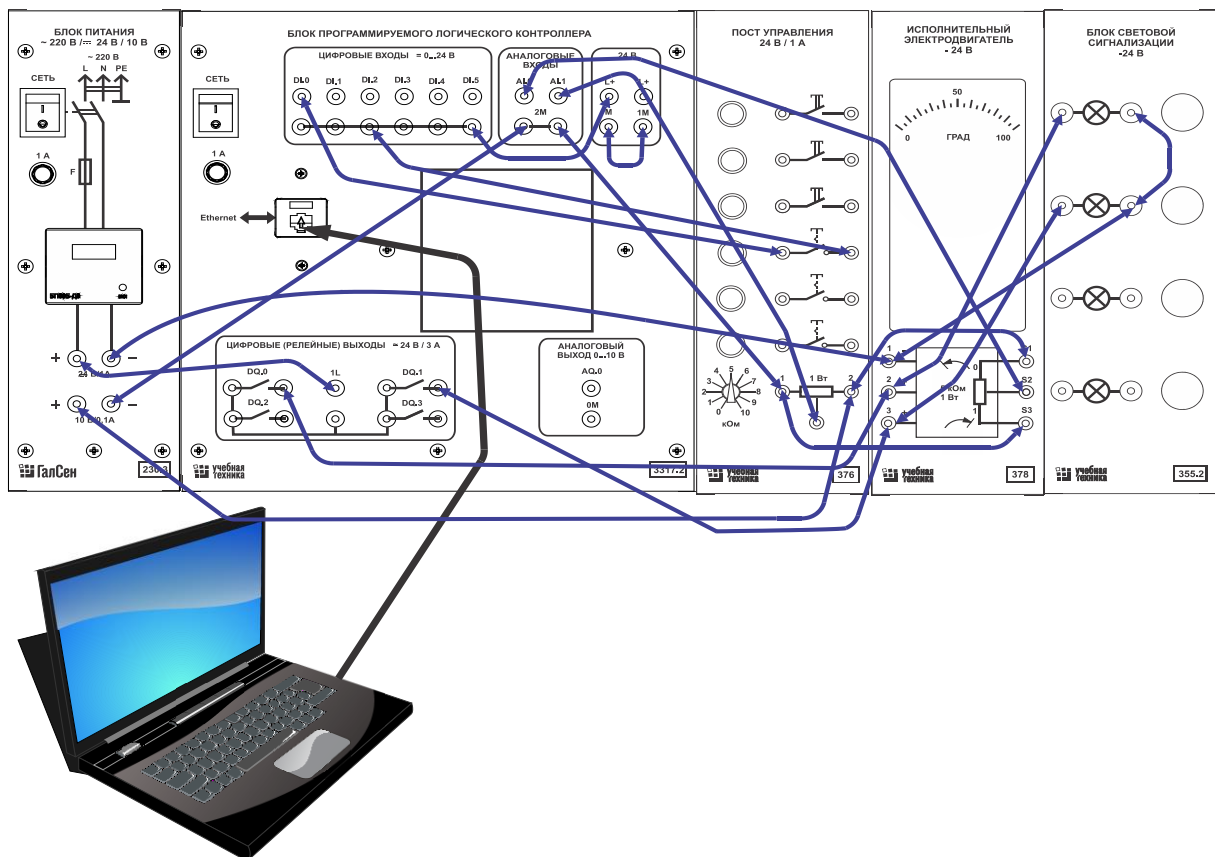


Рис. 3. Схема сборки

В соответствии с заданием создана система управления исполнительным ротором. Вращение ротора контролируется встроенным потенциометром. Логика программы достаточно проста: она представлена ниже на рис. 2 [10]. Для включения ротора используется кнопка «Пуск». Для реализации программы необходимы: один дискретный вход кнопка «Пуск», переменная *pusk*; два дискретных выхода вращение вправо и влево, переменные *prav* и *lev*; два аналоговых входа и значение скорости вращения (который должен быть, достигнут двигателем) *ust*.

Следует отметить, что может происходить хаотическое включение выходов, т.к. в районе датчика положения возможны флуктуации, связанные с нестабильностью блока аналоговых входов. Для исключения этого явления создается «коридор», в котором не будет происходить переключения, изменив значение установки на некоторую (в нашем случае 100) вращение ротора. Аналоговые входы имеют значение *INT*, и реальному значению входа от 0 до 12 В соответствует значение этого числа в пределах от 0 до 8000 об/мин.

Проведено сравнение значений установки и реального положения ротора. Составлена таблица симуляции, в которую внесены переменные программы. Для этого создан проект в PLCSIM. Значение вращения ротора, а также значение пуск заданы равными единице. В результате получены выбранные нами значения вращения ротора. На рис. 3 изображена автоматизированная система управления технологическими процессами на базе контроллера Siemens.

Выводы: В ходе работы выявлены функциональные возможности контроллера SIMATIC S7-1200, описаны конструкция и принцип действия центрифуги, произведён расчет уравнения движения рабочего органа, асинхронного двигателя и надёжности центрифуги, обеспечивающий непрерывный контроль и автоматическое отключение центрифуги в случае отклонения от рабочих характеристики.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Зыков Д.Д., Деревицкая В.А. Общая химическая технология органических веществ. – М.: 1966, 606 с.
2. Умарова А.Б., Шеин Е.В., Кухарук Н.С. Основная гидрофизическая характеристика агросерых почв: влияние анизотропии и масштабного фактора // Почвоведение. – 2014. – С. 1460–1466.
3. Смагин А.В., Садовникова Н.Б., Назарова Т.В., Кирюшова А.Б., Машика А.В., Еремина А.М. Влияние органического вещества на водоудерживающую способность почв // Почвоведение. – 2004. – № 3. – С. 312–321.
4. Арефьев Н.В., Баденко В.Л., Терлеев В.В., Латышев Н.К., Крылова И.Ю., Глядченкова Н.А. Определение водно-физических свойств почв при мелиоративных изысканиях // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – № 2. – С. 18–21.
5. Баденко В.Л., Терлеев В.В., Латышев Н.К., Крылова И.Ю., Муравьева Л.С. Агрофизические исследования почвы для технологий точного земледелия: постановка задачи и метод // Плодородие. – 2011. – № 1 (58). – С. 29–31.
6. Arefiev N., Terleev V., Badenko V. GIS-based fuzzy method for urban planning // Procedia Engineering. – 2015. – Vol. 117. – P. 39–44.
7. Баденко В.Л., Баденко Г.В., Терлеев В.В., Латышев Н.К. ГИС-технологии в информационном обеспечении системы имитационного моделирования AGROTOOL // Агрофизика. – 2011. – № 3. – С. 1–5.
8. SIMATIC. Примеры программ для технологических функций. https://www.siemens.ru.com/doc/Primeri_programm.pdf. Стр. 19–22.
9. Базовое системное руководство 11/2015 Руководство по программированию S7-1200/S7-1500 STEP 7 (TIA Portal) и STEP 7 Safety в TIA Portal <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:6f74436a53942bf8f1c7b6ed34d2ae72e92ed8a8/programming-guideline-v14-rus.pdf>
10. <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=516150>

МЕТОД НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ НАЛИЧИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ В СТОКАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В настоящее время пользователям водных ресурсов и особенно предприятиям, осуществляющим сброс стоков в водные объекты, приходится решать сложные экологические проблемы [1]. Активными пользователями водных ресурсов являются теплоэнергоцентры (ТЭЦ) с прямоточной системой охлаждения.

Для обеспечения непрерывного контроля стоков системы охлаждения, авторами разработана и введена в эксплуатацию система экологического мониторинга, обеспечивающая контроль стоков системы охлаждения ТЭЦ по показателю «нефтепродукты» [2]. Данная система позволяет осуществлять непрерывный контроль стоков как по концентрации растворенных нефтепродуктов, так и по нефтепродуктам, находящимся в виде эмульсии или масляных пленок. Контроль и измерение концентрации растворенных нефтепродуктов осуществляется через косвенный показатель – ПАУ (полициклические ароматические углеводороды). Для обеспечения должного контроля стоков, отводимых в водный объект, применяется разработанный авторами алгоритм, обеспечивающий пересчет концентрации ПАУ на концентрацию нефтепродукта.

Точки контроля стока в рассматриваемой системе устроены согласно схеме, представленной на рис. 1.

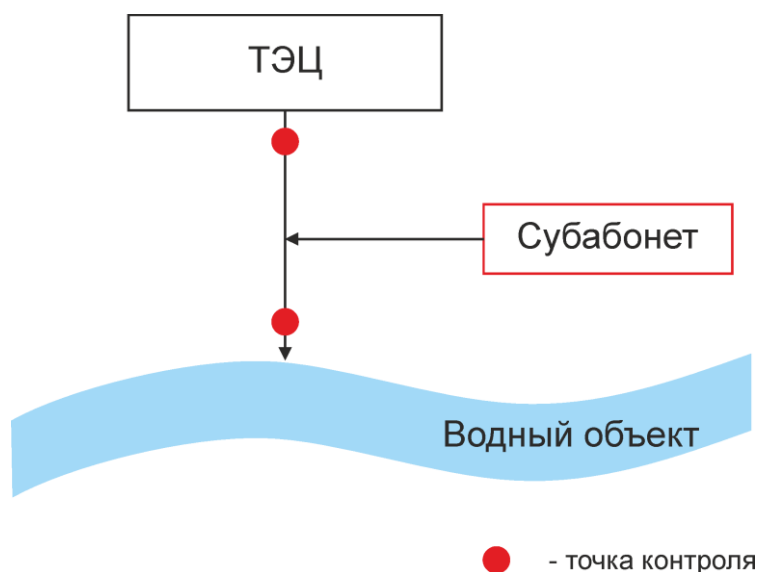


Рис. 1. Схема расположения точек контроля

Устройство контрольных точек системы осуществлено таким образом, что при утечке нефтепродуктов имеется возможность определить, от какой организации происходит поступление загрязнения в сбрасываемые воды, а также выявить, какая группа оборудования является первоисточником возникновения загрязнения.

На каждой из контрольных точек системы, устроен узел, в который входит регистратор нефтяных пленок, успокоитель потока жидкости [3], датчик определения концентрации растворенных нефтепродуктов и шкаф полевого уровня. Далее, информация передается на блок диспетчеризации, где происходит пересчет косвенного параметра (ПАУ) в

концентрацию нефтепродукта (масла ТП-22С) а также, осуществляется вторичное архивирование данных, и их интеграция в существующую систему АСУ ТП. Доступ к информации о состоянии системы и непосредственно, показателям системы осуществляется как в локальной общестанционной сети, так и на рабочем месте оператора, устроенного на пульте управления начальника смены КТЦ.

Ввиду высокой турбулентности потока, исключающей возможность формирования нефтяной пленки на поверхности воды, в состав узла входит успокоитель потока, обеспечивающий формирование нефтяных пленок. Для их дальнейшей регистрации применяется отечественный прибор «Краб» [4].

Контроль растворенной формы нефтепродуктов осуществляется путем измерения косвенного параметра – ПАУ [5], основанного на методе флуоресценции. Измерение датчика проводится 1 раз в 10 с.

В рамках использования датчиков-измерителей ПАУ для определения концентрации нефтепродуктов необходимо учитывать две важные особенности, описанные ниже:

- анализируемые стоки являются природными стоками р. Нева и как следствие, в них имеется фоновая концентрация ПАУ [6].
- эффект флуоресценции, на котором строится измерение датчика, имеет зависимость от температуры измеряемой жидкости [6].

Минимальная концентрация нефтепродуктов, требуемая для определения, составляет 0,05 мг/дм³ для объектов рыбохозяйственного назначения [7]. Поскольку колебание фоновых концентраций больше значения, соответствующего ПДК по нефтепродуктам, то исключена возможность работы датчика по принципу превышения уставки.

Для решения поставленной задачи создан алгоритм, в котором сравнение концентрации ПАУ происходит между двумя суммами последовательных измерений в течение трех минут (исходя из оптимального количества измерений), формируя два трехминутных массива. Сравнение двух массивов показаний позволяет нивелировать фоновые концентрации ПАУ и минимизировать влияние температуры измеряемого потока.

Представленная система экологического мониторинга, обеспечивает непрерывный и легитимный контроль технологических стоков промышленного предприятия по параметру «нефтепродукты». Контроль наличия нефтепродуктов осуществляется по двум показателям, резервирующим друг друга: нефтяная пленка и концентрация растворенных нефтепродуктов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гордей Д.А., Терлеев В.В. Эколого-экономическая оценка технологии восстановления нефтезагрязненных почв Санкт-Петербурга // XXXVIII Неделя науки СПбГПУ, Материалы Международной НПК. 2009. С. 356–357.
2. На Выборгской ТЭЦ ПАО «ТГК-1» введена в опытную эксплуатацию система экомониторинга [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tgc1.ru/press-center/news/i/full/na-vyborgskoi-tehc-pao-tgk-1-vvedena-v-opytuju-ehksplua/> (дата обращения: 10.11.2019).
3. Tarasevsky P.G., Badenko V.L., Goryunov I.V. The open flow damper in effluent control system. Magazine of Civil Engineering. No. 07
4. Оптический регистратор нефтяных пленок «КРАБ-1» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.lumex.ru/catalog/krab-1.php> (дата обращения: 08.11.2019).
5. Чайковская О.Н., Нечаев Л.В. Взаимодействие полициклических ароматических углеводородов с органическим веществом почв и водных осадков. – Томск: Издательский Дом ТГУ, 2017. – 124 с.
6. Эмануэль Н.М., Кузьмин М.Г. Экспериментальные методы химической люминесценции. – Москва: Издательство Московского университета, 1985 г.
7. Копыльцова А.Б., Тарасов Б.П., Проблемы поточного контроля нефтепродуктов в воде. Контроль качества продукции № 2. – 2020 г.

УДК 628.35

И.А. Левченко, Н.А. Политаева, Н.В. Зибарев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

**ИЗМЕНЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА АММОНИЯ И ФОСФАТ-ИОНОВ ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ
ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ПИВОВАРЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ *CHLORELLA KESSLERI***

Микроводоросли – это одноклеточные организмы, которые можно найти в различных водных средах. На них приходится более 40 % глобальной фиксации углерода, и в настоящее время они становятся все более интересными из-за их потенциала в биотехнологии [1]. Микроводоросли играют важную роль в процессах очистки промышленных сточных вод. Они повышают эффективность удаления биогенных элементов, тяжелых металлов, а также уничтожают патогенную микрофлору. В то же время в последние годы получило развитие новое направление удаления органических и неорганических веществ из сточных вод путем накопления их в биомассе водорослей, что считается экономически эффективным методом очистки [1, 2]. Количественное содержание азота и фосфора в сточных водах пивоваренного завода позволяет проводить их эффективную биологическую очистку без специального добавления химических реагентов. Соотношение БПК₅/азот во всех сточных водах пивоваренного завода составляет 60-100, а БПК₅/ХПК составляет приблизительно 0,6-0,7. Эти значения благоприятны для процессов биологической очистки сточных вод, основанных на механизмах удаления питательных веществ [3].

Цель работы – изучить скорость изменения концентрации ионов аммония и фосфат-ионов в сточных водах ООО «Пивоваренная компания Балтика» при биологической доочистке с помощью микроводорослей *Chlorella kessleri*.

Методы исследования. Первым объектом исследования был штамм одноклеточной зеленой водоросли *Chlorella kessleri* ВКПМ А1-11 ARW [4]. Микроводоросли предварительно выращивали в питательной среде [5], образуя суспензию хлореллы (ХЛ), затем ее смешивали со сточными водами (СВ) в следующих объемных соотношениях: СВ:ХЛ – 3:7 (3,5 л микроводорослей к 1,5 л сточной воды); СВ:ХЛ – 1:1 (2,5 л к 2,5 л). Процесс очистки осуществляли в цилиндрах объемом 5 литров при освещении погружной люминесцентной лампой мощностью 6 Вт (красно-синий спектр) и температуре 26±1 °С. Аэрацию суспензии осуществляли аэратором Xilong AP-003 с интенсивностью аэрации 5 л/мин. Перед измерениями состава воды клетки осаждали из нее на центрифуге ПЭ-6900 в течение 10 мин при скорости вращения 3000 об/мин. Содержание ионов аммония определяли с помощью реактива Несслера в соответствии с процедурами, описанными в работе [6]. Определение концентрации фосфат-ионов проводили колориметрически при 750 нм с использованием смешанного реактива как описано в ПНД Ф 14.1:2:4.248-07 [7]. Ежесуточный прирост биомассы водорослей оценивали по оптической плотности и подсчету в камере Горяева. Оптическую плотность суспензии микроводорослей измеряли на спектрофотометре КФК-3 при длине волны 750 нм. Все измерения проводили на 1, 2, 3, 5, 6 сутки.

Результаты и их обсуждение. Азот и фосфор поглощаются микроводорослями для роста и являются макроэлементами. Содержание аммонийного азота в сточной воде было равно 20 мг/л, фосфатов – 6,8 мг/л. В питательной среде азот содержится в виде нитрата калия KNO₃ (1 мг N/л), фосфор в виде калия фосфорного кислого KH₂PO₄ (10 мг PO₄/л).

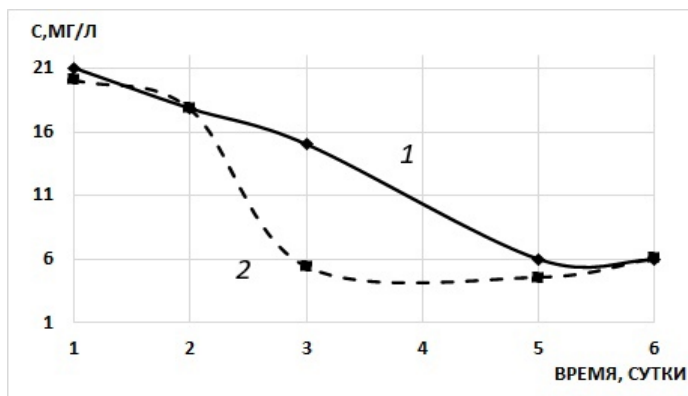


Рис. 1. Изменение содержания аммония:
(1 – СВ:ХЛ – 1:1; 2 – СВ: ХЛ – 3:7)

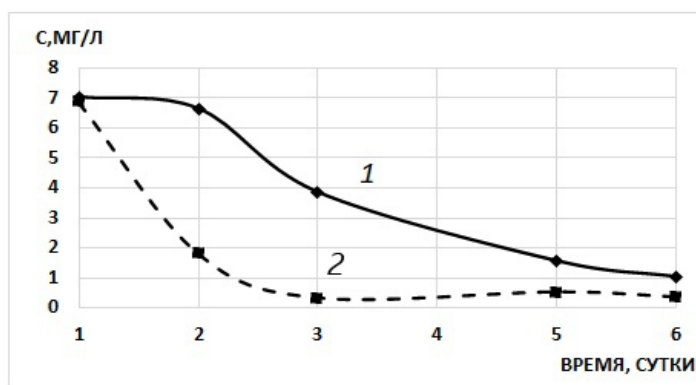


Рис. 2. Изменение содержания фосфат-ионов:
(1 – СВ:ХЛ – 1:1; 2 – СВ: ХЛ – 3:7)

концентрации фосфат-ионов для всех разбавлений. Эффективность очистки для соотношения 1:1 равна 85%, для 3:7 – 95%.

На рис. 3 видно, что на протяжении всего эксперимента микроводоросли не достигают фазы отмирания, рост хлореллы увеличивается экспоненциально с первых суток. В целом использованный в работе штамм *C. kessleri* демонстрирует хорошую способность к адаптации к сточным водам и поддерживает высокие темпы роста в течение 6 суток.

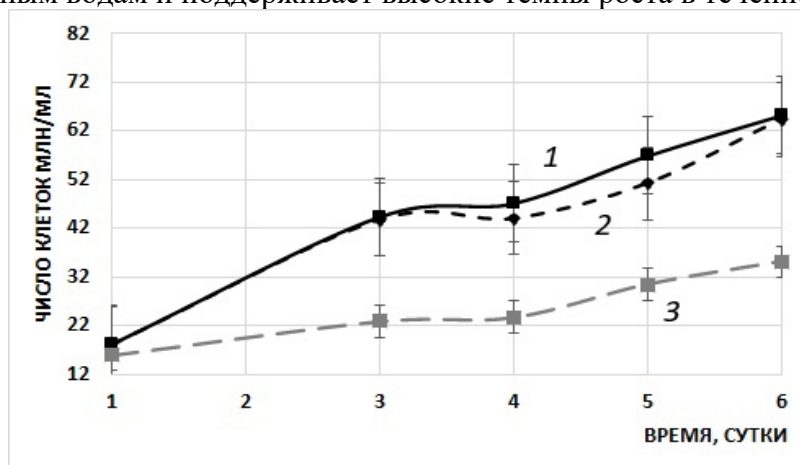


Рис. 3. Изменение числа клеток микроводорослей в процессе культивирования в смеси со сточными водами ООО «Балтика» в сравнении с контролем роста культуры *Chlorella kessleri*:
1 – СВ:ХЛ – 1:1; 2 – СВ: ХЛ – 3:7; 3 – график роста микроводорослей в питательной среде

На рис. 1 показано, что количество аммонийного азота снижается во всех образцах. Эффективность удаления для соотношения 1:1 составила 72%, для 3:7 – 70%. На 6-е сутки культивирования концентрация NH_4^+ немного увеличилась, что может быть связано со старением и повреждением клеток водорослей и растворением азотсодержащих веществ, что привело к увеличению концентрации аммония в среде. Удаление аммония микроводорослями основано на его ассимиляции, тогда как очистка воды от фосфатов происходит как за счет ассимиляции, так и за счет другого процесса – опосредованного химического удаления фосфатов. При интенсивном потреблении CO_2 микроводорослями значение pH увеличивается (до 9,0 – 10,5), что ведет к образованию малорастворимых солей фосфатов.

Соответственно, одновременно происходит как биологическое, так и опосредованное химико-биологическое удаление фосфатов [8].

На рис. 2 мы видим снижение

Выводы. В ходе работы было изучено насколько эффективно штамм ВКПМ А1–11 ARW микроводоросли *Chlorella kessleri* способен снизить концентрации аммонийного азота и фосфат-ионов в сточной воде пивоваренного производства. По результатам проведенных исследований показано, что при объемных соотношениях сточных вод и культуры хлореллы СВ:ХЛ 1:1 и 3:7 эффективность очистки составила: для аммония 72% и 70%; для фосфат-ионов 85% и 95%, соответственно.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Laliberte G., Proulx D., Niels De Pauw, J. De La Noue. Algal technology in waste water treatment. Chapt. 11, Algae and water pollution, Rai L.C., Gaur J.P., Soeder C.J. (Eds.), E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart, p. 283–302, 1994.
2. Oswald W.J. Micro-algae and wastewater treatment. Micro-algal Biotechnology, Borowitzka M.A., Borowitzka L.J. (Eds.), Cambridge University Press, p. 305–328, 1988.
3. Kalantaryan N. K. et al. Comparative Assessment of Brewery Wastewater Treatment Potential by Microalgae *Parachlorella kessleri* and *Chlorella vulgaris* // *Հայաստանի կենսաբանական համալս. – 2020. – Т. 72. – №. 4. – С. 72–79.*
4. Богданов Н.И. Описание Изобретения к патенту планктонный штамм *Chlorella kessleri* для предотвращения «цветения» водоёмов синезелеными водорослями. ООО НПО «Альгобиотехнология». Патент № 2 585 523(13) С1 РФ; Заявка: 2015111746/10; Опубл. 27.05.2016 Бюл. № 15. Режим доступа: <https://patentimages.storage.googleapis.com/aa/43/b1/fe1a18bfbe752c/RU2585523C1.pdf> (дата обращения 07.03.2022).
5. Политаева, Н.А. Культивирование и использование микроводорослей *Chlorella* и высших водных растений ряска *Lemna*: монография / Н.А. Политаева, Ю.А. Смятская, Т.А. Кузнецова, Л.Н. Ольшанская, Р.Ш. Валиев. – Саратов: ИЦ «Наука», 2017. – 125 с. ISBN 978–5–9999–2883–2.
6. ПНД Ф 14.1:2:4.262–10. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации ионов аммония в питьевых, поверхностных (в том числе морских) и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера. М., 2012 г. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293807/4293807043.pdf> (дата обращения 01.03.2022).
7. ПНД Ф 14.1:2:4.248–07. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций ортофосфатов, полифосфатов и фосфора общего в питьевых, природных и сточных водах фотометрическим методом. М., 2007 г. Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293773/4293773265.pdf> (дата обращения 29.10.2021).
8. Щеголькова, Н.М. Фотобиореактор для очистки сточной воды от биогенных элементов и обеззараживания / Н.М. Щеголькова, О.В. Мойжес, П.С. Шишкина // *Вода: химия и экология. – 2010. – № 1(19). – С. 9–16.*

УДК 502:504

В.А. Мех, Л.М. Молодкина

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

УРОВНИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ НА КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ ООО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ УХТА»

Цель работы состояла в изучении уровней проведения производственного экологического контроля (ПЭК) на компрессорной станции газотранспортного филиала ООО «Газпром трансгаз Ухта». Работа выполнена в результате прохождения практики на предприятии Приводинское линейное производственное управление магистральных газопроводов ЛПУМГ ООО «Газпром трансгаз Ухта».

Основная задача линейного производственного управления магистральных газопроводов – транспортирование газа с заданными параметрами по магистральным газопроводам. В состав линейного производственного управления магистрального газопровода входят три площадки компрессорных станций, на которых размещены шесть

компрессорных цехов (КЦ) (рис.1). Компрессорная станция представляет собой комплекс сооружений и вспомогательного оборудования для компримирования (сжатия) природного газа при его транспортировании и хранении.



Рис. 1. Площадки компрессорных станций

Хозяйственная деятельность практически любого предприятия, а в особенности, относящегося к нефтегазовой промышленности, оказывает вредное воздействие на природную среду в целом и на ее отдельные компоненты. Контроль за соблюдением норм экологического законодательства на предприятии называется производственным экологическим контролем [1].

Согласно ФЗ «Об охране окружающей среды» (от 10.01.2002 №7-ФЗ, ред. от 30.12.2021) целью осуществления ПЭК является «обеспечение выполнения в процессе хозяйственной деятельности мероприятий по охране окружающей среды (ОС), рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов», а также «соблюдение требований в области охраны ОС, установленных законодательством в области охраны ОС» [2]. К субъектам ПЭК относятся юридические лица и индивидуальные предприниматели, которые осуществляют деятельность на объектах I, II и III категорий (на объектах IV категории проводить ПЭК не требуется) [3]. Требования к программе производственного экологического контроля отражены в действующем ГОСТ 3 56061-2014 [4].

Как следует из отчета [5], предприятие ООО «Газпром трансгаз Ухта» осуществляет ПЭК, а его результаты представляются в органы федерального экологического контроля.

В результате изучения системы организации производственного экологического контроля на компрессорной станции газотранспортного филиала предприятия было выявлено, что ПЭК осуществляется на четырех уровнях:

- на *первом уровне* каждым работником на своем рабочем месте, руководителем и работниками структурного подразделения ежедневно перед началом работы и в течение рабочего дня (смены);
- на *втором уровне* – руководителями и специалистами структурных подразделений не реже 1 раза в 10 календарных дней на каждом объекте подразделения филиала и не менее, чем 1 раз в квартал на всех объектах и направлениях деятельности подразделения;
- на *третьем уровне* инженером (ответственным) по охране окружающей среды филиала согласно утвержденному в филиале плану-графику производственного экологического контроля (инспекционного);
- на *четвертом уровне* – Обществом (ООО «Газпром трансгаз Ухта»), в соответствии с утвержденным порядком планирования и проведения ПЭК.

На *первом уровне* на закрепленной территории (1) необходимо контролировать отсутствие несанкционированных мест накопления отходов, а также отсутствие загрязнений грунта, почв, асфальтобетонного покрытия, нефтепродуктами и другими веществами. На рабочих местах и в производственных помещениях (2) необходимо проводить их обследование, состояние оборудования, инструментов, необходимо проверять содержание производственных помещений в чистоте, наличие ветоши и других средств ликвидации проливов нефтепродуктов. При обращении с отходами производства и потребления (3) необходимо контролировать селективность при накоплении отходов, использование контейнеров и емкостей, регулярность их освобождения от отходов. При ведении документации (4) необходимо контролировать ведение журналов первичного учета. В водоохранной деятельности (5) необходимо контролировать параметры работы канализационно-очистных сооружений (КОС), работоспособность приборов учета водопотребления и водоотведения, чистоту и порядок помещений КОС, канализационно-напорной станции (КНС).

На *втором уровне* осуществляется ПЭК во всех областях применения первого уровня (1–5), а также при охране атмосферного воздуха (6). Так, в области (1) необходимо контролировать хранение материалов, предназначенных для вторичного использования, своевременность и качество уборки территории, наличие в подразделении достаточного количества средств и материалов для ликвидации последствий возможного негативного воздействия. В области (2) контролируется наличие раздельных контейнеров и емкостей для суточного накопления отходов, наличие маркировки, обозначений и указателей на них, содержание производственных помещений в чистоте. В области (3) – соблюдение принципа селективности при накоплении отходов, достаточность количества емкостей для каждой группы отхода, герметичность емкостей для жидких отходов, наличие и доступность первичных средств пожаротушения и т.п. В области (4), кроме ведения журналов первичного учета, контролируется также выполнение планов природоохранных мероприятий и выполнение режимно-наладочных работ. В области (5) – состояние выпуска сточных вод, состояние водоохранной зоны, ведение первичной документации по учету водоотведения и водопотребления, а также записей о контроле за работой КОС, наличие графика проведения техосмотра водных коммуникаций и КОС. В области (6) проводится контроль эффективности работы газоочистной установки (ГОУ), а также контроль точек выбросов.

На *третьем уровне* инженер (ответственный) по охране окружающей среды филиала в течение календарного года поводит проверку ПЭК всех структурных подразделений филиала, деятельность которых оказывает или может оказать негативное воздействие на окружающую среду (НВОС).

На *четвертом уровне* (уровне Общества) проводится инспекционный ПЭК, который планируется и может проводиться отделом охраны окружающей среды и энергосбережения (ОООСнЭ) Общества совместно с внутренним аудитом системы экологического менеджмента (СЭМ), проверкой готовности филиала к работе в осенне-зимний период и проверкой административно-производственного контроля (АПК).

На других предприятиях, также относящихся к нефтегазовому комплексу, количество уровней ПЭК может быть иным. Так, например, в компании ПАО «Сургутнефтегаз» существует двухуровневая система ПЭК, который является составной частью экологического менеджмента [6]. Первый заместитель генерального директора ПАО «Сургутнефтегаз» осуществляет общее руководство системой экологического менеджмента. Двухуровневая система ПЭК в компании является вертикально интегрированной.

На *первом уровне* в структурных подразделениях акционерного общества, в их организационных единицах контролируется соблюдение норм и требований законодательства и локальных нормативно-технических документов. Такой же контроль

осуществляется в привлекаемых организациях. Приказом руководителя структурного подразделения назначается ответственный за организацию и проведение контроля на первом уровне (сюда же относится контроль за обращением отходов).

На *втором уровне* в структурных подразделениях компании и в привлекаемых организациях контролируется соблюдение природоохранного законодательства, лицензионных требований и условий при обращении с отходами. Ответственным является начальник управления экологической безопасности и природопользования ПАО.

На совете руководителей структурных подразделений, председателем которого является генеральный директор, и на совещаниях по вопросам соблюдения природоохранного законодательства, докладываются и обсуждаются результаты анализа выявленных нарушений [6].

Приведенное сравнение показывает, что на предприятии Приводинское ЛПУМГ производственный экологический контроль проводится более обстоятельно и в нем задействованы все работники предприятия.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бринчук М.М., Саморукова О.И. Производственный экологический контроль // Экология и промышленность России, 2008, февраль, С. 50–53.
2. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 30.12.2021) "Об охране окружающей среды" Статья 67. Производственный контроль в области охраны окружающей среды (производственный экологический контроль).
3. Мужайло Д.В., Потес Т.А. Производственный экологический контроль // В сборнике: Студенческая наука – взгляд в будущее. Материалы XV Всероссийской студенческой научной конференции. 2020. С. 56-58.
4. ГОСТ Р 56061-2014. Производственный экологический контроль. Требования к программе производственного экологического контроля.
5. Отчет о социально-экологической ответственности за 2013 год. ООО "ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ УХТА" URL: <http://media.rspp.ru/document/1/f/1/f1377e3eb2702c6f530b0c999cdc8b55.pdf> (дата обращения 20.02.2022)
6. Производственный экологический контроль. URL: https://www.surgutneftegas.ru/responsibility/ecology/prirodookhrannye-meropriyatiya/proizvodstvennyy-ekologicheskiy-kontrol/?utm_source=google.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=google.ru&utm_referrer=google.ru (дата обращения 22.02.2022)

УДК 504.054

А.П. Востриков
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ АВАРИЙНОГО РАЗЛИВА НЕФТЕПРОДУКТОВ С ТАНКЕРА «НАДЕЖДА»

С начала глобальной индустриализации по настоящее время существует широкомасштабная проблема аварийных разливов нефти и нефтепродуктов в различных областях земной поверхности. Неоспорима тенденция к снижению количества разливов. Но, не стоит забывать о том, что часть информации не документируется, а в некоторых странах количество и объем сбросов наоборот увеличиваются. В подтверждение к этому можно привести в пример инцидент с разгерметизацией резервуара с нефтепродуктами на ТЭЦ-3 в г. Норильске, произошедший в 2020 году.

База данных в сфере аварийных разливов нефти относительно невелика. Исходя из инцидентов, которые происходили в мировой истории, можно сказать, что лишь небольшое количество разливов было подробно задокументировано. Это является одной из причин неполноты расчетов экономического ущерба. Важно использовать всю базу данных и

признать, что из некоторых аварий можно было изъять гораздо больше информации. В табл. 1 представлены крупнейшие разливы нефти с водного транспорта, зарегистрированного в РФ, а также со стационарных источников [1].

Таблица 1

Год	Географическое положение	Масса разлитой нефти, т	Экономический ущерб
2020	г. Норильск	21 000	148 млрд рублей
2012	Ненецкий автономный округ	2 200	13,5 млн рублей
2007	Керченский пролив	10 000	30 млрд рублей
2004	Иркутская область	4 500	40 млн рублей
2003	Пензенская область	10 000	50 млн рублей
1997	Японское море	19 000	76 млн долларов
1994	Республика Коми	94 000	311 млрд рублей

Деятельность, связанная с нефтью и нефтепродуктами (разведывательные работы, бурение, добыча, хранение и транспортировка), сопряжена с риском значительных финансовых потерь в случае возникновения неблагоприятного события. Поэтому также проанализирована статистическая информация, которая включает в себя динамику добычи нефти и газового конденсата в период с 2011 по 2019 гг. [2]. Рис. 1 иллюстрирует суммарное количество добытой нефти и газа в конкретные годы. Видно, что добыча нефти в Российской Федерации увеличивается из года в год, хотя в период с 2016 по 2017 г. показатели незначительно снижались, но в целом тенденция сохранялась. Если говорить про экономическое развитие, то такая динамика может пойти на пользу, но если затрагивать сферу обеспечения безопасности, то могут увеличиваться риски возникновения аварийных ситуаций. В данном случае необходимо обозначить правильные приоритеты в соответствии с экономическими, экологическими и социальными рисками.

Для понимания этих процессов были рассмотрены методологические основы, которые включают в себя расчет экономического ущерба при загрязнении нефтью морской среды:

1. Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства [3];

2. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах, утвержденная Минтопэнерго РФ 01.11.1995 [4].

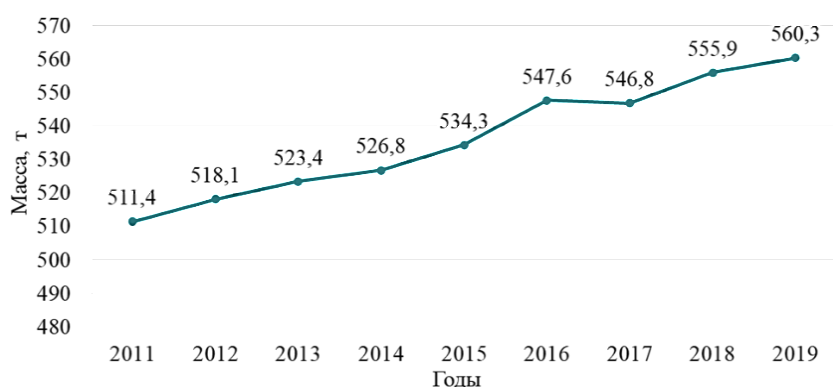


Рис. 1. Динамика добычи нефти и газового конденсата с 2011 по 2019 годы

Цель работы – расчет экономического ущерба от разлива нефтепродуктов с танкера «Надежда» с применением методических подходов, используемых в российской практике.

Рассматриваемая аварийная ситуация произошла в г. Невельске утром 28 ноября 2015 года из-за сильного шторма. Для исчисления размера ущерба, причиненного Японскому

морю вследствие крушения танкера «Надежда», были отобраны две вышеуказанные методики, поскольку их применение позволяет рассчитать общий экономический ущерб, причиненный морской экосистеме, а не только оценить затраты на ликвидацию и локализацию аварии.

В рамках данного исследования расчет массы разлитых нефтепродуктов не проводился из-за ограниченности по ряду данных в открытых источниках: нет информации о средней концентрации растворенных или эмульгированных в воде нефтепродуктов, которая определяется исходя из анализов в 4–6 местах разлива; также отсутствует средняя глубина загрязненной воды нефтепродуктами.

По данным МЧС и Морспасслужбы при аварии вытекло около 81–88 т дизельного топлива (ДТ) и около 258 т мазута [5]. Исходные данные для расчета по методике № 1:

- коэффициент, который учитывает природно-климатические условия ($K_{ВГ}$) – 1,15;
- коэффициент, учитывающий экологические факторы окружающей среды ($K_{В}$) – 1,15;
- коэффициент, учитывающий время воздействия ВВ на водоем ($K_{ДЛ}$) – 1,1 [3];
- масса разлитого дизельного топлива ($M_{ДТ}$) – 84,5 т.;
- масса разлитого мазута ($M_{М}$) – 258 т. [5].

По результатам линейной интерполяции такса для исчисления размера вреда от ДТ) составила 57 527 300 руб., а от мазута 168 363 600 руб., соответственно.

Коэффициент индексации, учитывающий инфляционную составляющую развития экономики, рассчитывался с учетом того, что авария произошла в 2015 году. Его вычисление осуществляется путем перемножения индекс-дефляторов с 2007 по 2015 год [5, 6]:

$$K_{ИН} = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_9,$$

где K_1, K_2, \dots, K_9 – коэффициенты, учитывающие инфляционную составляющую.

$$K_{ИН} = 1,194 \cdot 1,050 \cdot 1,080 \cdot 1,088 \cdot 1,068 \cdot 1,060 \cdot 1,049 \cdot 1,143 \cdot 1,081 = 2,162.$$

Следующим шагом определяется экономический ущерб от разлива ДТ по формуле:

$$У = K_{ВГ} \cdot K_{В} \cdot K_{ИН} \cdot K_{ДЛ} \sum_{i=1}^n H_i,$$

где H_i – такса, применяемая для исчисления размера ущерба в млн рублей.

$$У_{ДТ} = 1,15 \cdot 1,15 \cdot 2,162 \cdot 1,1 \cdot 57\,527\,300 = 180\,933\,109 \text{ руб.}$$

Затем идет расчет экономического ущерба от разлива мазута по этой же формуле:

$$У_{М} = 1,15 \cdot 1,15 \cdot 2,162 \cdot 1,1 \cdot 168\,363\,600 = 529\,532\,060 \text{ руб.}$$

Общий экономический ущерб экосистеме в виде Японского моря:

$$У_{О} = 180\,933\,109 + 529\,532\,060 = 710\,465\,169 \text{ руб.}$$

Методика № 2 включает в себя расчет ущерба, который был нанесен окружающей природной среде вследствие аварий на нефтепроводах. При возникновении инцидентов с разливами нефти с танкеров и нефтепроводов ее распространение происходит примерно одним и тем же образом. Дополнительные исходные данные для исчисления размера ущерба:

- базовый норматив платы за разлив 1 т нефти ($H_{б.в.}$) – 221 750 руб./т;
- коэффициент, учитывающий экологическую значимость водного объекта ($K_{э.в.}$) – 1,01.

Для расчета ущерба необходима ставка платы, определяемая по формуле:

$$C_{(В)} = H_{(б.в.)} \cdot K_{(э.в.)}.$$

$$C_{(В)} = 221\,750 \text{ руб./т.} \cdot 1,01 = 223\,967,5 \text{ руб./т.}$$

Экономический ущерб, который был нанесен морской среде в результате разлива ДТ:

$$У_{(к.в.)} = 5 \cdot K_{(и)} \cdot C_{(В)} \cdot M_{(ДТ)}.$$

$$У_{(к.в.)} = 5 \cdot 2,162 \cdot 223\,967,5 \text{ руб./т} \cdot 84,5 \text{ т} = 204\,581\,993 \text{ руб.}$$

Экономический ущерб морской среде в результате разлива мазута:

$$У_{(к.в.)} = 5 \cdot 2,162 \cdot 223\,967,5 \text{ руб./т} \cdot 258 \text{ т.} = 624\,640\,878 \text{ руб.}$$

Общие финансовые убытки, возникшие в результате инцидента:

$$U_0 = 204\,581\,993 \text{ руб.} + 624\,640\,878 \text{ руб.} = 829\,222\,871 \text{ руб.}$$

Таким образом, расчет по методикам 1 и 2 при учете одинаковых масс дает сходные величины ущерба: по методике 1 – 710 465 169 руб., по методике 2 – 829 222 871 руб., разница между значениями составила 118 757 702 рубля.

Полученные в расчете числа расходятся с официальными более чем в 2 раза. Решением арбитражного суда № А59-2764/2016 Сахалинской области ущерб, рассчитанный ТМУ (Тихоокеанское морское управление Федеральной службы по надзору в сфере природопользования) по методике № 1, составил 329 124 722 руб. в соответствии с ценами на 2015 год [5]. По мнению автора данной работы, отличие обуславливается расхождением масс разлившейся нефти, которые были приняты для расчета. Сам расчет ущерба отсутствует в открытых источниках, поэтому нельзя точно определить причины расхождений.

Также необходимо отметить, что на территории РФ применяется недостаточное количество методических подходов к оценке экономического ущерба от подобных инцидентов. Некоторые методики не актуализируются десятилетиями в соответствии с экономической, территориальной и экологической обстановкой в стране. Поэтому необходима разработка новых методик с использованием соответствующего программного обеспечения, связанного с моделированием аварийного разлива нефти и количественных характеристик факторов, которые влияют на его последствия.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Хронология крупнейших случаев разлива нефти и нефтепродуктов в России. ТАСС [Электронный ресурс] – URL: <https://tass.ru/info/8641491> (дата обращения: 15.02.2022).
2. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2019 году». Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации [Электронный ресурс] – URL: <https://www.mnr.gov.ru/docs/> (дата обращения: 15.02.2022).
3. Приказ Минприроды России от 13.04.2009 N 87 «Об утверждении методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства». Консультант [Электронный ресурс] – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_88197/ (дата обращения: 13.02.2022).
4. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах (утв. Минтопэнерго РФ 01.11.1995). Консультант [Электронный ресурс] – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_97008/ (дата обращения: 13.01.2022).
5. Доклад «Чему научит нас «Надежда»?». Экологическая вахта Сахалина [Электронный ресурс] – URL: <https://ecosakh.ru/2017/04/19/doklad-chemu-nauchit-nas-nadezhda/> (дата обращения: 12.02.2022).
6. Письмо Росприроднадзора от 25.01.2019 N РН-03-02-31/2865 "О коэффициенте $K_{ин}$ при расчете размера вреда" [Электронный ресурс] URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_316813/ (дата обращения: 13.02.2022).

УДК 539(2+3); 541.64

Н.А. Политаева, Аль-Фради Фалих Хасан Абдулхуссэйн, В.П. Чельшева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СОРБЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА-ГРАФЕНА-БЕТУЛИНА- ЛИСТЬЕВ ФИНИКОВОЙ ПАЛЬМЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОКОВ

На данный момент остро стоит проблема очистки воды от различных загрязнителей, так как запасы пресной воды в мире с каждым годом истощаются, а потребление воды человеком увеличивается. Перспективным способом очистки воды считается сорбционный, так как он удаляет большой перечень опасных веществ. Сорбционная очистка используется на многих очистных сооружениях и неоднократно доказывала свою эффективность, тем не менее не все сорбенты обладают высокой эффективностью и безопасностью. Чаще

применяются сорбционные материалы из органических компонентов, что способствует их более экологичной утилизации по окончании использования сорбента.

Известно применение сорбционного материала на основе восстановленного оксида графита и наночастиц золота. В ходе испытаний сорбционных свойств показано, что данный материал способен эффективно сорбировать ($\text{Э} > 80\%$) молекулы красителя (метиленового голубого) [1].

В статье [2] описано применение оксида графена для извлечения металлов из водных растворов и показана высокая эффективность очистки от ионов кобальта при различных значениях pH.

Авторами [3] рассмотрено применение сорбента из отходов подсолнечной лузги для очистки сточных вод от тяжелых металлов. Лучший результат достигнут при использовании лузги – отхода производства меланина. При обработке достигается практически полное извлечение ионов Cu^{2+} в течение двух часов и ионов Fe^{2+} в течение полутора часов. Сорбционный материал, изготовленный на основе отхода производства меланина, не только эффективно очищает воду от опасных видов загрязнителей, но еще и способствует вторичному использованию отходного материала [3].

Целью данной работы является изготовление сорбционного материала на основе хитозана-графена-бетулина-листьев финиковой пальмы и применение для очистки стоков.

Для приготовления сорбционного материала использовали:

- 1) графен полученный электрохимическим методом при интеркаляции серной кислотой с последующим вспениванием при $T = 750\text{ }^{\circ}\text{C}$, данный материал обладает высокой сорбционной способностью;
- 2) бетулин – белое смолистое вещество, полученное из бересты, обладает обеззараживающим действием;
- 3) хитозан – биополимер полученный при переработки промышленных ракообразных (панциря ходильных конечностей камчатского королевского краба).
- 4) листья финиковой пальмы, отход обрезки деревьев пальмы.

Материалы графен и бетулин являются легколетучими компонентами, и их использование для очистки стоков технически сложно. Для решения данной проблемы предлагается использовать хитозан. Данный материал обладает высокой сорбционной емкостью по отношению к ионам тяжелых и радиоактивных металлов [4–5].

Для приготовления сорбента листья финиковой пальмы замачивали в растворах HNO_3 и NaOH на 24 часа, после чего промывали до нейтрального значения pH и подвергали термической обработке при $300\text{--}500\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 20 минут. Получали черный порошкообразный материал. Хитозан растворяли в 3% уксусной кислоте, перемешивали в течение часа и оставляли растворяться на 24 часа. В полученную смесь вносили сыпучие материалы (графен, бетулин, обработанные листья пальмы), перемешивали и получали гранулированный сорбент по методу покапельного гранулирования [6]. Вид полученных материалов представлен на рис. 1, состав прописан в табл. 1.

Эффективность очистки сорбентами проверялась на модельных сточных водах, содержащие ионы тяжелых металлов: медь, цинк и кадмий. В колбах на 50 мл смешивали 25 мл модельных сточных вод и 1 грамм сорбента, смесь оставлялась на сутки, и сорбент извлекали с помощью фильтровальной бумаги. Исследование содержания тяжелых металлов в очищенной воде проводилось помощью вольтамперометрического анализатора TA-Lab. Результаты исследования представлены в таблице 1.

Из полученных результатов видно, что наиболее эффективными сорбентами для очистки воды от ионов тяжелых металлов оказались сорбенты, в состав которых входит бетулин, хитозан и листья финиковой пальмы. Самую высокую эффективность показал сорбент под номером 2-2, следовательно такое сочетание оптимальное для сорбционного материала.

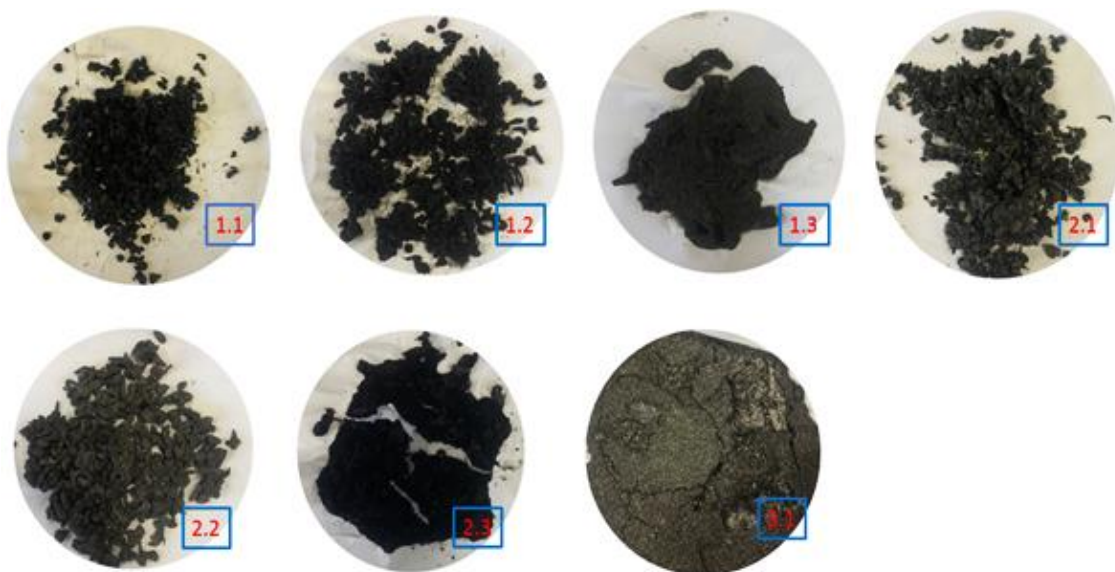


Рис. 1. Полученные сорбционные материалы

Таблица 1 – Зависимость эффективности очистки ионов тяжёлых металлов от состава сорбционного материала

.№ образца	Состав				Э, % C _{начCu+2} =5мг/л
	П (м, мг)	Х (V, мл)	Б (м, мг)	Г (м, мг)	
1-1	5	100	-	-	80%
1-2	10	100	-	-	75%
1-3	20	100	-	-	78%
2-1	5	100	5	-	95%
2-2	5	50	5	-	99%
2-3	5	25	5	-	90%
3-1	5	100	5	5	88%
3-2	5	50	5	5	85%

П – пальмовые листья; Х – хитозан; Б – бетулин; Г – графен

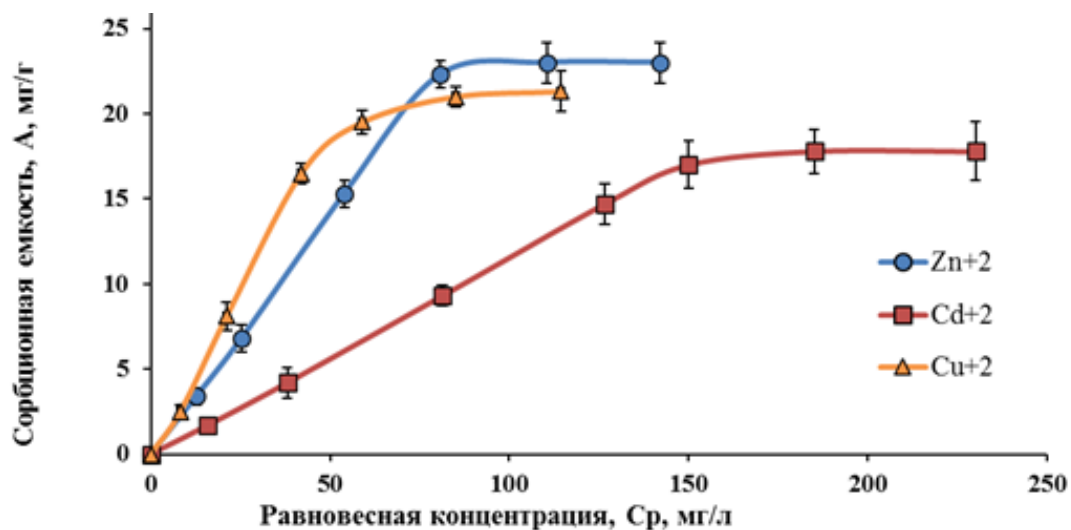


Рис. 2. Изотермы сорбции ионов тяжелых металлов на экспериментальных образцах сорбционного материала № 2-2

Для лучшего образца № 2-2 проводили анализ по очистки сточных вод в смеси нескольких металлов (суммарно по Zn^{+2} , Cd^{+2} , Cu^{+2}) вольтамперометрическим методом. В результате испытаний максимальная суммарная сорбционная емкость для сорбента 2-2 достигает 62,1 мг/г. По рассчитанным значениям сорбционной емкости и равновесным концентрациям были построены изотермы сорбции, представленные на рисунке 2.

Формы изотерм построенных на образцах сорбционных материалов, являются все выпуклыми и относятся к 1 классификации по теории БЭТ, характерной для микропористых сорбентов. По классификации Гильса, построенные изотермы относятся к L типу (класс Ленгмюра), для которых характерны параллельная ориентация молекул адсорбата и слабые взаимодействия в адсорбционных слоях.

Таким образом, сорбционный материал, изготовленный из хитозана, графена, бетулина и листьев финиковой пальмы, целесообразнее готовить в соотношениях, аналогично образцу № 2-2 (таблица 1). Данный сорбционный материал в ходе испытаний, показал свою высокую эффективность в очистке воды от таких тяжелых металлов, как медь, цинк и кадмий. Сорбционная емкость данного образца составила 62,1 мг/г.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Еремина, Е.А. 3d-структуры на основе восстановленного оксида графита и наночастиц золота и их сорбционные свойства / Еремина Е.А., Добровольский А.А., Лемеш И.А., Еремин В.В., Григорьева А.В., Гудилин Е.А. // Российские нанотехнологии. – т.14. – № 9-10. – 2019. – С.35–42
2. Маринин, С.Д. Получение углеродных сорбентов для извлечения металлов из растворов их солей / С.Д. Маринин, Г.Т. Африкян // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 4. – С. 33–43.
3. Жашуева, К.А. Очистка воды от ионов тяжелых металлов адсорбентами на основе растительных отходов / К.А. Жашуева, Н.О. Сиволобова Н.В. Грачева, А.В. Сикарская // Вестник технологического университета. – т. 20. – № 7. – 2017. – С. 142–43
4. Гладкая, О.К. Перспективы использования хитозана в очистке производственных стоков от формальдегида / Гладкая О.К. и Трусова М.М. // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств. Гродно. – 2019. – С. 394–396
5. Самойлова, Н.А. Хитин (хитозан)-содержащие композиты для сорбции тяжелых металлов / Н.А.Самойлова, М.А. Краюхина // Известия уфимского научного центра РАН. – №3-2. – 2018. – С.80–83.
6. Politaeva N.A., Slugin V.V., Taranovskaya E.A., Alferov I.N., Soloviev M.A., Zakharevich A.M. (2017). Granulated sorption materials for waste waters purufucation from zink ions (Zn^{2+}). Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii khimiya i khimicheskaya tekhnologiya, 60(7), P. 85-90. DOI: 10.6060/tcct.2017607.5575

УДК 504.054

К.А. Вельможина, Н.А. Политаева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ *CHLORELLA*

Виды *Chlorella* представляют собой высокоспециализированную группу зеленых микроводорослей. Многие штаммы хлореллы могут быстро расти и достигать высокой плотности клеток в контролируемых условиях [1]. Различные виды микроводорослей успешно удаляют большое количество органических загрязнителей из сточных вод пищевой промышленности перед сбросом в окружающую среду. Инновации в выращивании микроводорослей в сточных водах пищевой промышленности значительно снизили стоимость очистки сточных вод по сравнению с традиционным подходом. Это связано с тем, что данная система очистки снижает выбросы углекислого газа, а также сводит к минимуму

потребление энергии и использование химических веществ при производстве биомассы микроводорослей. Также данная биомасса может принести пользу при использовании недорогих удобрений и изготовлении биопластиков [2]. Микроводоросли существуют в природных водных системах в различных формах и концентрациях, однако именно массовое культивирование микроводорослей делает их пригодными к использованию для очистки сточных вод. Культивирование микроводорослей в сточных водах может внести существенный вклад в процесс регулирования водных экосистем, предлагая недорогую и экологически приемлемую технологию, дополняющую или заменяющую традиционные энергоемкие водоочистные системы. Актуальность данной работы заключается в снижении негативного воздействия на окружающую среду при использовании микроводорослей в процессе очистки сточных вод предприятия.

Цель работы – определение наиболее активного вида микроводоросли *Chlorella* в процессе очистки сточных вод пивоваренного завода «Балтика».

Методика исследований. Было выбрано 2 вида микроводоросли *Chlorella kessleri* (X1) и *Chlorella vulgaris* (X2). Микроводоросли культивировали в фотобиореакторах, состав питательной среды представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Состав среды для культивирования микроводорослей

№	Компонент	Концентрация, мкг/л
1	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	100
2	CuSO ₄ ·5H ₂ O	10
3	CoSO ₄ ·7H ₂ O	100
4	MnCl ₂ ·4H ₂ O	500
5	H ₃ BO ₃ ·WF	50
5	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	100
7	FeCl ₃ ·6H ₂ O	4,000
8	Na ₂ EDTA·2H ₂ O	6,000
9	KNO ₃	1000
10	KH ₂ PO ₄	100 000
11	MgSO ₄ ·7H ₂ O	240 000

Для освещения использовались: разрядная лампа с рассеивателем (энергосберегающая, 15 Вт, 220 В, 800 лм, 2700 К) – лампа №1, лампа накаливания с матовым рассеивателем (75 Вт, 230 В, 935 лм, 2700 К) – лампа №2; светодиодные лампы (5 Вт, 220 В, 4000 К, 450 лм; 20 Вт, 230 В, 4000 К) – лампа №3. Аэрация проводилась с помощью барботирующего устройства *Xilong AP-003*, интенсивность аэрации смеси – 2х2,5 л/мин. Температура культивирования составляла (24±1) °С. Для сравнения под каждую лампу было установлено по 4 фотобиореактора со суспензией хлореллы каждого штамма без сточных и со сточными водами в соотношении: 30% сточных вод и 70% суспензии. Конструкция фотобиореакторов и условия для культивирования микроводорослей подробно описаны в источниках [3, 4].

Культивация длилась 7 суток. Анализ воды проводился на 1-е, 3-и, 4-е, 5-е, 7-е сутки по следующим показателям: рН; оптическая плотность (при длине волны 750 нм, длина оптического пути l=5 см для оценки концентрации клеток хлореллы), концентрация нитрит-ионов (с фотометрическим окончанием при длине волны 540 нм, кювете l=3 см). Для отделения клеток от воды перед анализом на ионы использовали центрифугу ПЭ-6900.

Результаты и их обсуждение. На рис. 1 представлено изменение оптической плотности среды культивирования, ее увеличение означает рост числа клеток хлореллы. Данные показывают, что X1 (*Chlorella kessleri*) развивалась активнее, чем X2 (*Chlorella vulgaris*).

Нитрит-ионы (NO₂⁻) в большом количестве содержатся в сточных водах пивоваренного завода «Балтика» (см. состав сточных вод в таблице 2).

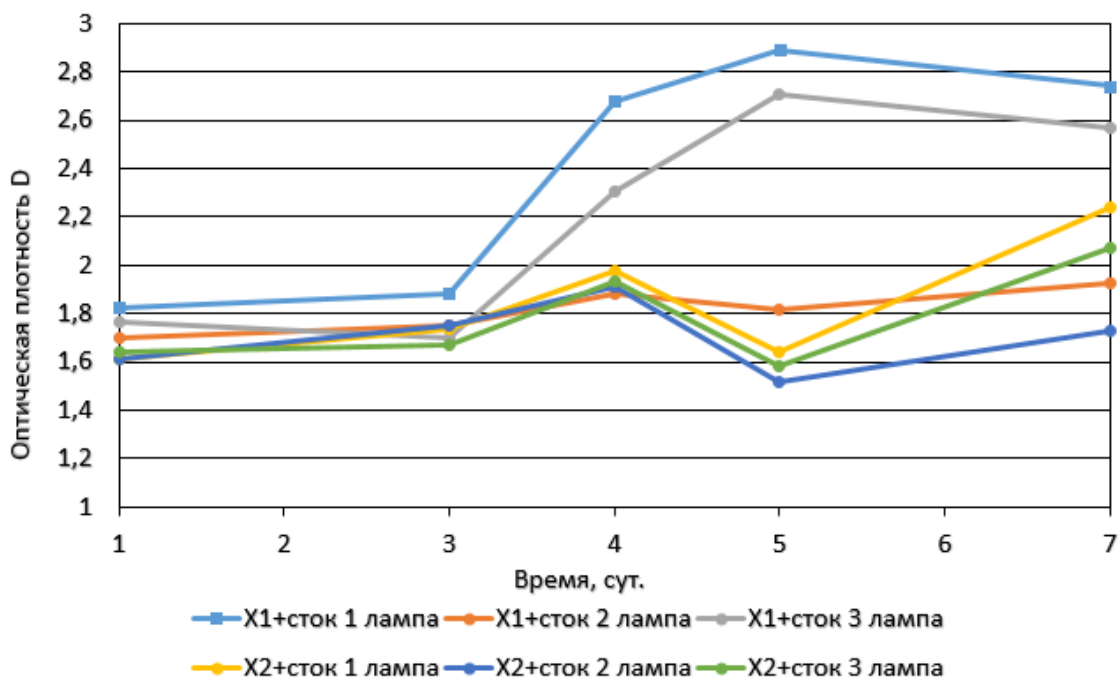


Рис. 1. Сравнение оптической плотности суспензии клеток

Таблица 2 – Состав сточных вод ООО «Пивоваренная компания «Балтика»

рН, ПДК 6,5<рН<7,5	ХПК ПДК <5500	№ _{общ} ПДК <120	NH ⁴ -N МГ/Л	NO ² -N МГ/Л	NO ³ -N МГ/Л	Р _{общ} ПДК <12	PO ⁴ -P, ПДК <15	SO ⁴ , ПДК <300	Са ПДК <150
ед.	МГ/Л	МГ/Л	МГ/Л	МГ/Л	МГ/Л	МГ/Л	МГ/Л	МГ/Л	МГ/Л
6,9	5650	43,77	20,85	0,022	1,6	11,85	25,86	207,2	22,3

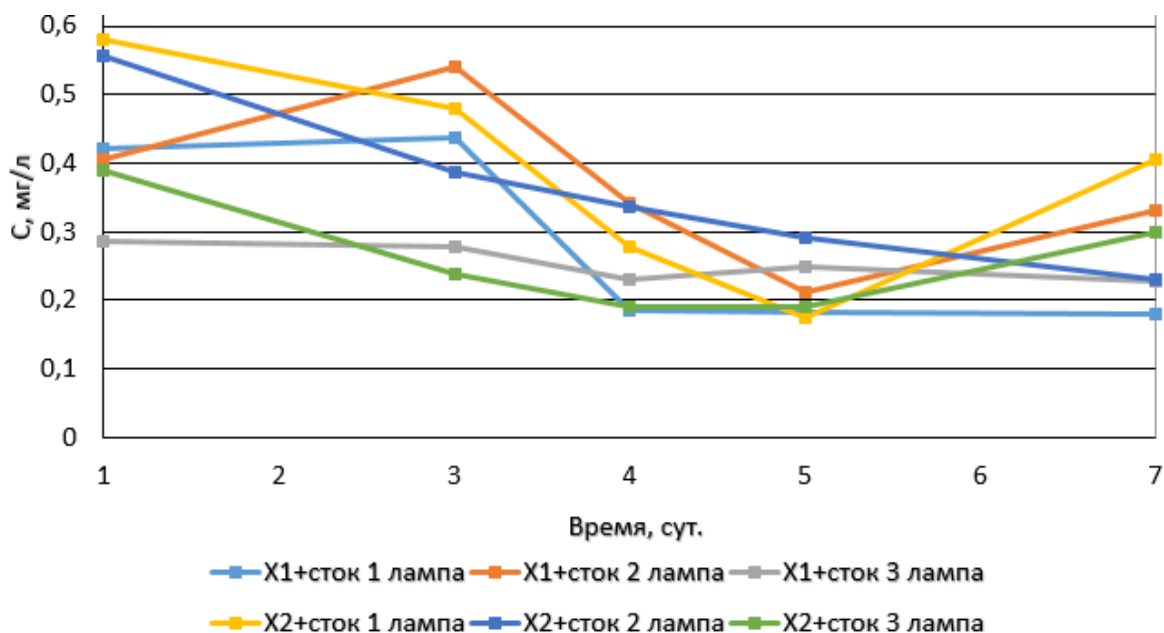


Рис. 2. Изменение содержания нитрит-ионов, мг/л

В результате эксперимента было установлено, что концентрация нитрит-ионов в стоке без добавления микроводорослей со временем уменьшается, однако незначительно (с 1,603

мг/л до 1,126 мг/л). В суспензии микроводорослей *Chlorella kessleri* при наибольшей начальной концентрации 0,704 мг/л произошло уменьшение до 0,011 мг/л, в *Chlorella vulgaris* при наибольшей начальной концентрации 0,346 мг/л на 7-й день измерений содержание нитрит-ионов сократилось до 0,093 мг/л.

Изменение содержания нитрит-ионов в сточной воде с добавлением суспензии микроводорослей представлено на рис. 2.

По динамике их сокращения было установлено, что *Chlorella kessleri* является наиболее активным видом для очистки сточных вод завода «Балтика». Резкий подъем концентрации на 7-й день обусловлен процессами нитрификации.

Заклучение. По результатам проведенных исследований установлено, что *Chlorella kessleri* очистила сточные воды пивоваренного завода «Балтика» от нитритов лучше, чем *Chlorella vulgaris*. Таким образом, *Chlorella kessleri* целесообразно использовать при очистке сточных вод пивоваренных заводов. В ходе эксперимента было установлено, что тип лампы не влияет на скорость культивирования микроводорослей и качество очистки сточных вод.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Yang, B., Liu, J., Jiang, Y., & Chen, F. (2016). *Chlorella* species as hosts for genetic engineering and expression of heterologous proteins: Progress, challenge and perspective. *Biotechnology Journal*, 11(10), 1244-1261. doi:10.1002/biot.201500617.
2. Chong, J.W.R., Khoo, K.S., Yew, G.Y., Leong, W.H., Lim, J.W., Lam, M.K., Show, P.L. (2021). Advances in production of bioplastics by microalgae using food waste hydrolysate and wastewater: A review. *Bioresource Technology*, 342 doi:10.1016/j.biortech.2021.125947.
3. Смятская Ю.А., Политаева Н.А., Собгайда В.С. Фотофотобиореакторы для культивирования микроводоросли *Chlorella sorokiniana*. Изд-во: Вестник Технологического университета. 2018. – № 2. – С. 224–227.
4. Politaeva, N.A., Kuznetsova, T.A., Smyatskaya, Y.A., Trukhina, E.V., Atamanyuk, I. Energy Production from *Chlorella* Algae Biomass Under St. Petersburg Climatic Conditions. *Chemical and Petroleum Engineering*, 2018. – V. 53, № 11. – P. 801–805. DOI: 10.1007/s10556-018-0425-z.
5. Политаева Н.А., Базарнова Ю.Г., Смятская Ю.А., Кузнецова Т.А., Трухина Е.В. Способ культивирования микроводоросли *Chlorella*. Изд-во: Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2017. № 12. С. 29–32.

УДК 628.166, 628.316.6

А.А. Егорова, Чишти Мухаммад Мудассар, М.Ю. Андрианова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОБЕЗЗАРАЖИВАЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ РАЗРЯДОВ НА ВОДУ

В современном мире существует потребность применения новых технологий очистки воды. Традиционные методы не способны удалять из природных и сточных вод такие микропримеси как лекарственные препараты, пестициды, токсины водорослей. Кроме того актуально внедрение новых технологий дезинфекции вместо хлорирования, которое приводит к образованию мутагенных побочных продуктов. Одной из таких новых технологий является плазменная обработка. Она разрушает примеси воды и обладает дезинфицирующим действием благодаря ряду эффектов, производимых плазмой: ультрафиолетовому излучению, потоку электронов, электромагнитным полям, ударным волнам, образовавшимся химически активным веществам [1–3].

Цель работы состояла в исследовании дезинфицирующего действия плазменной обработки воды на опытной установке, созданной в ФТИ им. Иоффе. Конструкция и принципы работы установки подробно описаны в [3]. Плазма образуется на поверхности пузырьков воздуха в воде под действием искрового разряда между электродами в разрядной

камере объемом около 1 л. Разряд возникает под действием высоковольтного импульса от генератора. Амплитуда электрического потенциала между электродами составляет до 33 кВ, нарастание импульса тока после пробоя разрядного промежутка около 150 нс, амплитуда тока после пробоя до 400 А, частота импульсов 500 Гц [3].

Дезинфицирующее действие изучали на модельных растворах лабораторного штамма бактерии *Escherichia coli*, устойчивого к хлорамфениколу. Клетки штамма культивировали в жидкой и агаризованной среде LB с хлорамфениколом [4]. Приготовление сред и культивирование бактерий выполняли с использованием оборудования ЦКП «Аналитический центр нано- и биотехнологий «СПбПУ» на базе ФГАОУ ВО «СПбПУ».

Для опыта по плазменной обработке модельной воды использовали культуру штамма *E.coli* в жидкой среде LB (свежую или хранившуюся до 1–2 месяцев при +8 °С после стерильной фасовки по пробиркам Эппендорф). К воде (около 1 л) перед плазменной обработкой добавляли несколько капель жидкой культуры штамма из только что открытой пробирки. Для оценки количества микроорганизмов небольшой объем (0,2 мл) приготовленной таким образом модельной воды (до или после плазменной обработки) высевали на чашку Петри с агаризованной средой LB с хлорамфениколом. Количество бактериальных колоний на чашках считали после 8–14 часов инкубации при 32...35 °С.

В опытах было получено различное количество клеток в исходной модельной воде до плазменной обработки. Это связано с варьированием дозы клеток при их добавлении в разных опытах в разные дни, а также снижением жизнеспособности клеток при хранении культуры. В каждой серии опытов с разной длительностью плазменной обработки объем воды, посеянной на чашку Петри, был одинаковым.

Результаты первых опытов показали, что обработка модельной воды со штаммом *E. coli* в течение 3-5 минут приводит к полной гибели бактерий: количество колоний на чашке Петри в обработанной воде – 0, в воде до обработки 74...94 тысяч КОЕ/мл.

Кроме того, было показано ингибирующее действие обработанной воды на штамм *E.coli*. Бактерии были добавлены в воду сразу после ее 3-минутной плазменной обработки, и после перемешивания немедленно был выполнен посев из этой модельной воды. Посев показал содержание клеток 260 КОЕ/мл, при исходной концентрации клеток штамма (до обработки воды) около 90 тысяч КОЕ/мл. В другой день был выполнен аналогичный опыт, отличавшийся тем, что бактерии добавляли в воду спустя 30...40 минут после ее плазменной обработки (посев выполнили сразу после перемешивания воды). Количество бактерий в данном опыте составило около 150 тыс. КОЕ/мл. В контроле (вода без добавления бактерий) не выросло ничего, что показывает соответствие воды требованиям СанПиН 2.1.3684-21 [6]. В воде без плазменной обработки (к которой было добавлено то же количество бактерий) выросло 130...180 тыс. КОЕ/мл (а на чашке, залитой без добавления антибиотика – 305 тыс. КОЕ/мл, что указывает на некоторые «затраты» бактерий для выживания в присутствии антибиотика). Таким образом, на «несвежей» плазменной воде ингибирующий эффект не подтвердился.

Гибель микроорганизмов в плазменной воде может происходить под действием различных факторов. Окислительно-восстановительный потенциал воды максимален в течение первого часа [3], а после короткоживущие активные соединения разрушаются. К числу долгосрочных последствий относится изменение рН воды. Показано (в данной работе и ранее в [5]), что обработка в течение 3 минут снижает рН воды с 6,8 до 3,5. Кроме того, нельзя исключать влияние температуры воды. В каналах электрических разрядов температура достигает высоких значений, однако этот нагрев является локальным и не охватывает весь объем обрабатываемой воды, так что в целом вода может нагреться недостаточно для гибели всех бактерий.

Результаты измерения температуры воды после обработки с полуминутным интервалом приведены на рис. 1. Из них видно, что обработка в течение 90 сек не нагревает воду в целом выше 35 °С. Температура теплового шока бактерий (выше 40°С) достигается при длительности обработки от 2,5 мин. Таким образом, описанное выше снижение количества бактерий, добавленных в воду сразу после ее 3-минутной обработки, объясняется, скорее всего, нагревом воды и действием короткоживущих продуктов плазмохимических реакций.

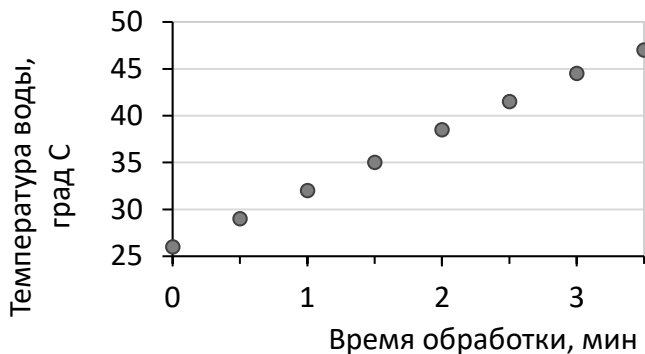


Рис. 1. Изменение температуры воды при плазменной обработке

Последующие опыты по обработке модельной воды с бактериями показали, что их гибель происходит в течение первой минуты обработки. Для уточнения минимально необходимого для дезинфекции времени была выполнена серия опытов, где время обработки менялось с шагом в несколько секунд. Их результаты представлены на рис. 2. Значение 0,1 соответствует отсутствию колоний на чашке (нулевое значение невозможно отобразить на графике из-за особенностей логарифмической шкалы). Исходные концентрации в опыте 3а были специально сделаны ниже обычных путем предварительного разведения модельной воды перед обработкой.

Из данных рис. 2 видно, что в течение 5 секунд обработки содержание бактерий *E.coli* в модельной воде снижалось на 1-3 порядка. В течение 10...20 секунд наблюдалась полная гибель бактерий, причем для более высокого исходного содержания бактерий требовалась более длительная обработка.

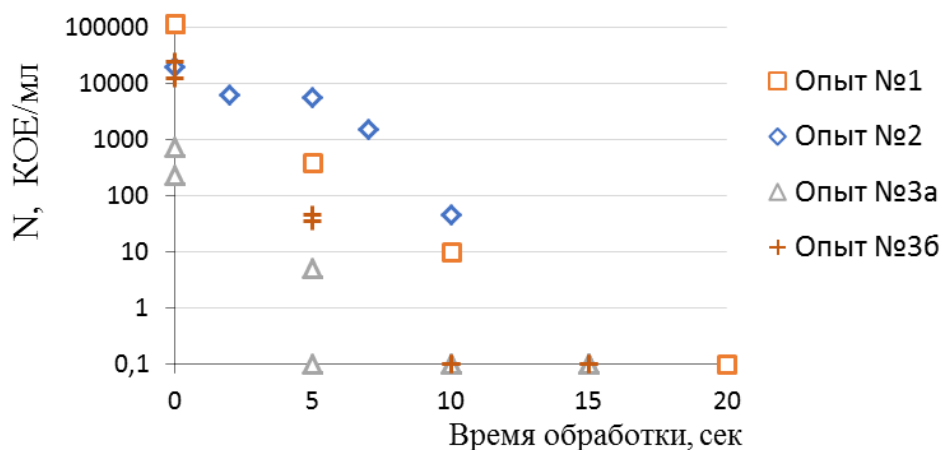


Рис. 2. Количество клеток штамма *E.coli* (в КОЕ/мл), выживших при плазменной обработке модельной воды

Таким образом, на модельной воде с содержанием бактерий лабораторного штамма *E.coli* от 200 до 114 000 КОЕ/мл показано, что при ее плазменной обработке на опытной установке, созданной в ФТИ [3], полная гибель бактерий происходит за 20 секунд и менее. Такая длительность обработки не приводит к существенному изменению химического состава воды [4], что позволяет рассчитывать на применимость метода в ее дезинфекции.

При организации проточного варианта работы опытной установки расход воды при обработке для полного уничтожения бактерий должен составить около 2 л/мин (0,1 м³/час), для 3-4 log инактивации – около 4...8 л/мин (0,2...0,5 м³/час).

Благодарности. Выражаем благодарность сотрудникам:

- Лаборатории прикладных проблем сильноточной электроники ФТИ им. А.Ф. Иоффе за представление возможности использования уникальной установки и помощь в работе.
- ЦКП «Аналитический центр нано- и биотехнологий «СПБПУ» на базе ФГАОУ ВО «СПБПУ» за возможность использования оборудования, материалов и помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ghernaout, D. and Elboughdiri, N. (2020) Disinfecting Water: Plasma Discharge for Removing Coronaviruses. Open Access Library Journal, 7: e6314
2. Якушин Р.В, Колесников В.А., Бабусенко Е.С., Бродский В.А., Чистолинов А.В. Применение электроразрядной плазмы искрового и барьерного разрядов в целях обеззараживания воды. Вода: химия и экология. – 2016. № 9(99). С. 89–193
3. Andrianova M.Ju., Korotkov D.A., Korotkov S.V., Spichkin G.L. The use of high voltage discharge in treatment of water saturated with air bubbles//Advantages and Trends in Engineering Sciences and Technologies III, 2019, pp.275-280.
4. Maniatis T., Fritsch E.F. and Sambrook J. Molecular cloning: A laboratory manual. Cold Spring Harbor Laboratory, New York. 1982, pp. 545.
5. Коротков С.В., Андрианова М.Ю., Козлов А.К., Коротков Д.А., Спичкин Г.Л. Устройство электроразрядной обработки воды для проведения биологических исследований. Приборы и техника эксперимента, 2019, № 4, с. 109–113.
6. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий

УДК 504.45.058:504.064.3

Е.А. Овчинникова, Л.М. Молодкина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОДЫ ИЗ ВОДОИСТОЧНИКА Г. НИЖНИЙ ТАГИЛ

Проблема загрязнения городских водных объектов сине-зелеными водорослями (цианобактериями) актуальна для ряда городов Российской Федерации, в том числе для города Нижний Тагил [1]. Цианобактерии выделяют в воду ряд токсинов, некоторые из которых относятся к сильным ядам [2]. Это обуславливает высокие риски при работе с ними в лабораториях с целью моделирования процессов очистки загрязненных цианотоксинами природных вод. В работе [3] были подобраны и изучены методами спектрофотометрии и спектрофлуориметрии доступные и нетоксичные препараты, имеющие функциональные группы, близкие к группам, входящим в состав анатоксина-*a(c)* и сакситоксина. В работе [4] показано, что спектры регистрации и возбуждения флуоресценции проб природной воды Волгоградского водохранилища (г. Саратов), а также спектры, полученные на их основе, имеют особенности, характерные для функциональных групп, входящих в состав сакситоксина.

Цель данной работы состояла в получении спектральных характеристик природной воды из г. Нижний Тагил и их сравнении с характеристиками, представленными в работе [4], для выявления функциональных групп, принадлежащих сакситоксинам.

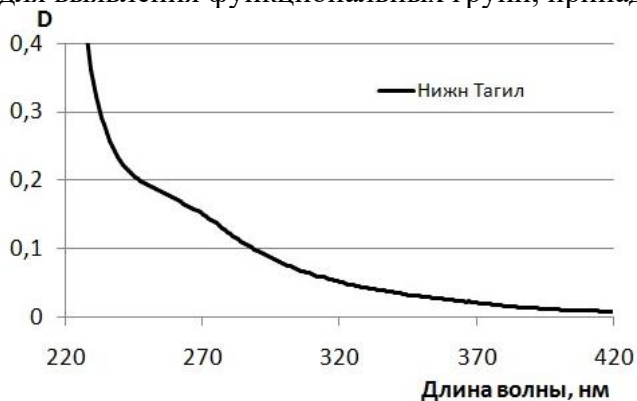


Рис. 1

На рис. 1 представлена зависимость оптической плотности (D) от длины волны, полученная с помощью спектрофотометра СФ56 (ОКБ Спектр, Россия). Заметное изменение поведения кривой в диапазоне длин волн $\sim 250\text{--}290$ нм указывает на наличие в воде органических примесей.

Спектры регистрации и возбуждения флуоресценции, полученные на анализаторе Флюорат-02-Панорама (Люмэкс, Россия), представлены на рис. 2, а, б.

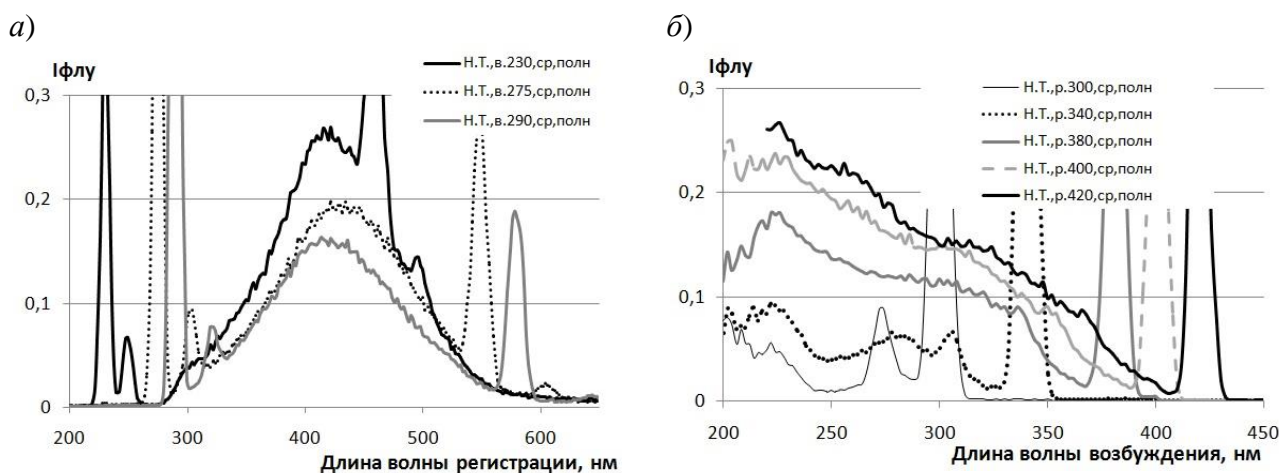


Рис. 2

Как видно из рис. 2, а, на спектрах регистрации флуоресценции, кроме полос Релеевского и Рамановского светорассеяния, присутствуют полосы флуоресценции белкового типа (с максимумами при длинах волн 300 нм и ~ 340 нм, а также полоса флуоресценции гуминового типа, максимум которой смещается в длинноволновую область при переходе от длины волны возбуждения 230 нм к длине волны возбуждения 275 нм, а затем в коротковолновую область при переходе к длине волны возбуждения 290 нм. Такое смещение для полос гуминового типа было показано, например, в работах [5, 6] для ряда природных вод, содержащих примеси гуминовой природы.

Спектры возбуждения флуоресценции (рис. 2, б), полученные при длинах волн регистрации 300 и 340 нм, подтверждают белковую природу двух полос на спектрах регистрации флуоресценции. Спектры возбуждения, полученные при длинах волн регистрации 380, 400 и 420 нм, с одной стороны, подтверждают их гуминовое происхождение. С другой стороны, их сближение в интервале длин волн 290–310 нм позволяет предположить наличие в воде других компонентов-флуорофоров. Такие же спектры, «сходящиеся» в этом диапазоне длин волн, были получены в работе [4] для пробы «цветущей» воды из волгоградского водохранилища.

С помощью спектров, представленных на рис. 2, б, были построены разностные (рис. 3, а) а также «частные» (рис. 3, б) спектры (полученные путем деления одного спектра на другой). Сравнение полученных спектров с данными работы [4] показывает их близкий характер, а именно наличие заметных максимумов на кривых вблизи длин волн 230–240 нм и 290–310 нм.

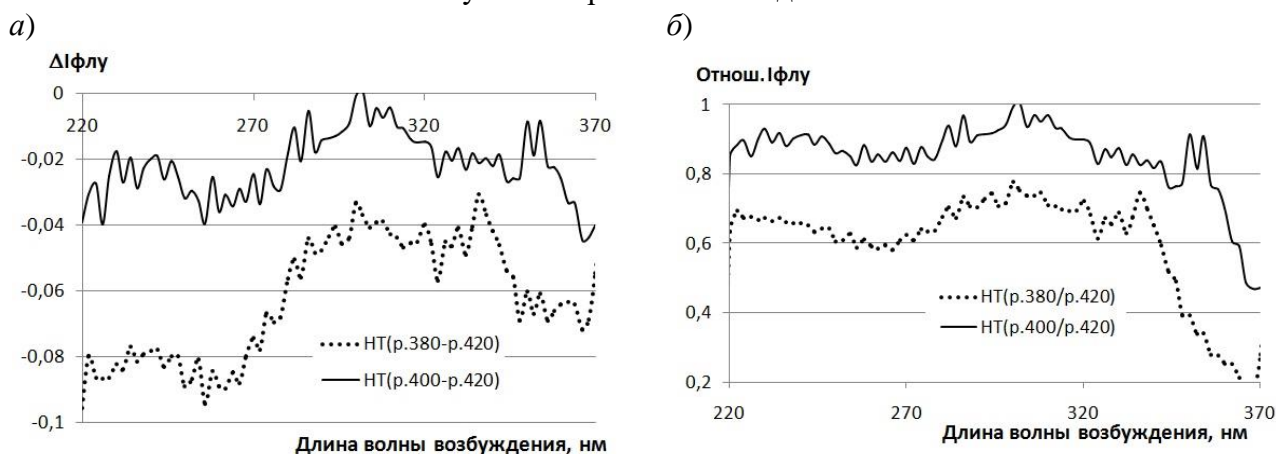


Рис. 3

В работе [4] был сделан вывод о присутствии в воде компонентов, флуоресценция которых возбуждается при данных длинах волн. В той же работе показано, что такими свойствами обладает водный раствор АТФ (флуоресценция, регистрируемая при длинах волн 380 и 400 нм возбуждается излучением с длиной волны 230-240 и 290-300 нм). АТФ содержит 6-аминопурин (сопряженные пяти- и шестичленные ароматические кольца с азотом в 1, 3, 7 и 9-ом положении и аминогруппу в 6-ом), который входит в состав сакситоксина.

Сделанное на основании полученных результатов предположение о присутствии сакситоксина в анализируемой природной воде из Нижнего Тагила, конечно, требует подтверждения. При положительном результате предложенный прием обработки спектров возбуждения флуоресценции поможет проводить анализ эффективности разных методов удаления (деструкции) сакситоксина из «цветущей» природной воды при водоподготовке.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Без чистой воды жизни нет. URL: <https://xn--80afcdbalict6afooklqi5o.xn--p1ai/public/application/item?id=FD4EA445-832F-4653-8B64-DB82DFEE2114> (дата обращения 18.02.2022).
2. Волошко Л.Н., Пиневиц А.В. Разнообразие токсинов цианобактерий // Астраханский вестник экологического образования. 2014. №1 (27). С.68–80.
3. Зибарев Н.В., Молодкина Л.М. Спектральный анализ препаратов, моделирующих токсины сине-зеленых водорослей, с целью их удаления при водоподготовке // Неделя науки СПбПУ. материалы научной конференции с международным участием, ИСИ: В 3 частях. 2019. С. 97–99.
4. Зибарев Н.В. Обоснование технических решений для системы водоподготовки г. Саратова в период цианобактериального цветения водоисточника // ВКР магистра. СПб, 2020. 98 с.
5. Андрианова М.Ю., Молодкина Л.М., Данилов В.М. Спектрофлуориметрический анализ природных и питьевых // Научно-технические ведомости СПбГПУ, 2007. №1. С.141–146.
6. Patsaeva S., Khundzhua D., Trubetskoj O., Trubetskaya O. Excitation-Dependent Fluorescence Quantum Yield for Freshwater Chromophoric Dissolved Organic Matter from Northern Russian Lakes. *Journal of Spectroscopy*, 2018, Article ID 3168320, 7 pages

ОЦЕНКА БИОГАЗОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ПИВНОЙ ДРОБИНЫ

Истощение запасов ископаемого топлива и соблюдение экологических требований в отношении сокращения выбросов парниковых газов привлекают все больший интерес к получению и использованию нетрадиционного топлива из биоресурсов и отходов [1].

Анаэробное сбраживание отходов обеспечивает их эффективную переработку в энергетический ресурс – биогаз. Использование биометана отвечает принципам циркулярной экономики, так как это качественный и возобновляемый энергоресурс [2].

Учитывая большую потребность в производстве биогаза, крайне важным вопросом является выбор доступных видов органосодержащих отходов для анаэробного сбраживания.

В России отходы пивоваренного производства обладают относительно значительным ресурсом, из них основную массу составляет пивная дробина – гуща светло-коричневого цвета со специфическим запахом. Доля пивной дробины в отходах пивоваренного производства доходит до 80%. Пивную дробину применяют как в свежем, так и в сушеном виде для приготовления корма для животных и рыб, для очистки почв при загрязнении нефтепродуктами, как пищевую добавку в производстве продуктов питания [3].

Пивную дробину можно использовать для энергетических целей путем производства биогаза и его использовании в когенерационных установках, а также при прямом сжигании [4]. Пивная дробина является одним из наиболее эффективных видов органосодержащих отходов для анаэробного сбраживания с целью получения биогаза. При этом применяют ее предварительную обработку, что позволяет повысить биоразлагаемость субстрата и увеличить выход биогаза.

С целью уточнения биогазового потенциала пивной дробины были выполнены расчеты его объема и состава, а также проанализированы приведенные в литературных источниках возможные объемы биогаза при утилизации дробины.

1. Теоретический объем биогаза и содержания метана, при анаэробном разложении дробины по стехиометрической модели Boyle [5].

$$C_c H_h O_o N_n S_s + \left(C - \frac{H}{4} - \frac{O}{2} + \frac{3N}{4} + \frac{S}{2} \right) H_2O = \left(\frac{C}{2} - \frac{H}{8} + \frac{O}{4} + \frac{3N}{8} + \frac{S}{4} \right) CO_2 + \left(\frac{C}{2} + \frac{H}{8} - \frac{O}{4} - \frac{3N}{8} - \frac{S}{4} \right) CH_4 + n NH_3 + s H_2S. \quad (1)$$

Элементный состав пивной дробины (масса %, сух. вещество): углерод – 49,15; кислород – 37,48; сера – 0,31; азот – 3,2; водород – 6,86; остальное – 3. Соответствующий химический состав дробины может быть представлен следующей формулой: $C_{4,09}H_{6,86}O_{2,34}N_{0,23}S_{0,01}$.

Согласно расчету по приведенной модели при разложении дробины образуется биогаз, содержащий углекислый газ, метан, аммиак и сероводород в следующих соотношениях:

$$C_{4,09}H_{6,86}O_{2,34}N_{0,23}S_{0,01} + 1,38H_2O = 1,85CO_2 + 2,23CH_4 + 0,23NH_3 + 0,01H_2S \quad (2)$$

Максимальный теоретический удельный объем биогаза составит 797 мл/г сбраживаемого субстрата (реальный потенциал будет меньше т.к. необходимо учесть содержание лигнина и целлюлозы, практически не поддающихся бактериальной деградации, и частичное бактериальное потребление доступного органического углерода). Расчетный состав биогаза (%об.): CO_2 – 42,7; метан – 51,4; аммиак – 5,7; сероводород – 0,023.

2. Определение биогазового потенциала по Baserga [6]. Объем биогаза и его состав предлагается определять по содержанию в субстрате углеводов, белков и жиров. Для расчета

биогазового потенциала пивной дробины примем ориентировочный состав ее компонентов (%) [2]: белки – 21; жиры – 5,1 углеводы – 50. При таком составе объем биогаза составит 608 л/кг сухой массы, содержание метана – 56% (реальный потенциал меньше, так как не учитывается вещества, плохо поддающихся биодegradации).

3. Проанализируем данные литературных источников по возможным объемам биогаза, который можно получить из пивной дробины: в работе [3] – выход биогаза из 1 тонны пивной дробины оценивается в 160-180 м³; в [7] – выход биогаза из пивной дробины составляет 118 м³ на тонну субстрата (около 0,5 м³/кг сухого вещества).

Данные по биогазовому потенциалу пивной дробины значительно различаются, что определяется составом сырья, технологиями производства основного продукта и переработки отходов. Таким образом, существует необходимость проведения лабораторных экспериментов для изучения процессов биоразложения образцов отходов, образующихся на конкретном производстве, уточнения их биогазового потенциала, и оптимизации параметров биогазовых установок. С этой целью предполагается проведения исследований возможного биогазового потенциала образцов пивной дробины ряда пивоваренных заводов г. Санкт-Петербурга, выпускающих различные виды продукции. Для этого будет использовано, имеющееся лабораторное и аналитическое оборудование в Санкт-Петербургском политехническом университете, а также методики организации проведения экспериментов с органосодержащими отходами и анализа полученных результатов [8–10].

Выводы:

1. Пивная дробина является одним из наиболее доступных видов органосодержащих отходов для анаэробного сбраживания с целью получения биогаза.

2. Имеющиеся оценки биогазового потенциала пивной дробины существенно различаются, что требует его уточнения при проведении лабораторных экспериментов с образцами отходов конкретных пивоваренных заводов. Предлагается провести оценку биогазового потенциала пивной дробины ряда заводов с использованием лабораторного и аналитического оборудования, имеющегося в Санкт-Петербургском политехническом университете.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Назаров В.И., Бичев М.А. Разработка процессов утилизации отходов пивоварения с получением гранулированного продукта// Пиво и напитки 3, 2011, С.32-35.
2. Волотка Ф.Б., Богданов В.Д. Технологическая и химическая характеристика пивной дробины// Вестник ТГЭУ, №1, 2013. С.114–123.
3. Орлов А.И., Резниченко И.Ю. Применение отходов пивоварения в ресурсосберегающих технологиях// Ползуновский вестник. 2021. № 2, С. 146–152.
4. Житков В.В., Федоренко Б.Н., Яблоков А.Е., Мачнев А.В. Пивная дробина как источник альтернативной энергии// Современные научные исследования: тенденции и перспективы 02. 2020, С.34-41.
5. Boyle W. Energy recovery from sanitary landfills – a review/ A seminar held in Gottingen 1976/ Microbial Energy Conversion, 119-138. Pergamon Press Oxford.
6. Baserga U. Landwirtschaftliche Co-Vergarungs-Biogasanlagen- Biogas aus organischen Reststoffen und Energiegras. FAT – Berichte Nr.512, 1–11.
7. Leitfaden biogas. Von der Gewinnung zur Nutzung. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Abteilung Öffentlichkeitsarbeit. 2016. s. 248.
8. Maslikov, V., Korablev, V., Molodtsov, D., Chusov, A., Badenko, V., Ryzhakova, M. Organization of Organic Waste Samples Tests for Biogas Potential Assessment // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2019. – 983, pp. 440–448.
9. Chusov, A., Maslikov, V., Zhazhkov, V., Pavlushkina, Y. Determination of biogas potential of residual biomass of microalgae Chlorella Sorokiniana. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019, 403(1).
10. Chusov, A., Maslikov, V., Badenko, V., Molodtsov, D., Pavlushkina, Y. Biogas potential assessment of the composite mixture from duckweed biomass. Sustainability (Switzerland), 2022, 14(1), 351.

SEASONAL VARIATIONS OF WATER QUALITY OF THE NEVA RIVER

Environmental engineers study effects of technological advances on the environment and human health, addressing environmental problems locally and worldwide. Water pollution and water treatment technologies are important issues for analysis and development in nowadays. When a large amount of data on water objects is available, comparative analysis allows making forecasts and finding relationships between water quality indicators and environmental factors.

The goal of the work is to analyze seasonal changes of raw water quality at several waterworks in St. Petersburg and describe dependencies between indicators. The source of drinking water in St. Petersburg is River Neva. It is the only watercourse that flows from Lake Ladoga. It flows along three small towns (Shlisselburg, Kirovsk and Otradnoye) and dozens of settlements, and finally enters the city of St. Petersburg where its delta is located. The Neva is a part of the Volga–Baltic Waterway and White Sea-Baltic Canal. Therefore, the Neva is a subject of pollution from dwelled areas, agricultural areas and river transport.

In this study, water monitoring data on chemical indicators for year 2011 provided by the St. Petersburg Vodokanal were analyzed. The dataset characterizes raw water on five intakes of drinking water treatment stations located along the different Neva River in St. Petersburg. The monthly average values of each indicator in all 5 waterworks together were calculated [1].

Turbidity and aluminium demonstrated close pattern of changing during the year (see Fig.1) suggesting connection between them. These indicators showed increase in April with the spring floods then decrease in summer and next increase in October till December with autumn rains.

Alkalinity showed relatively stable values during the year. Oil showed several irregular peaks on January (up to 0.19 mg/dm³) and June (up to 0.26 mg/dm³) which were higher than MAC (0.1 mg/L [2]). They could be explained by oil spills from transport or pollution from stationary sources.

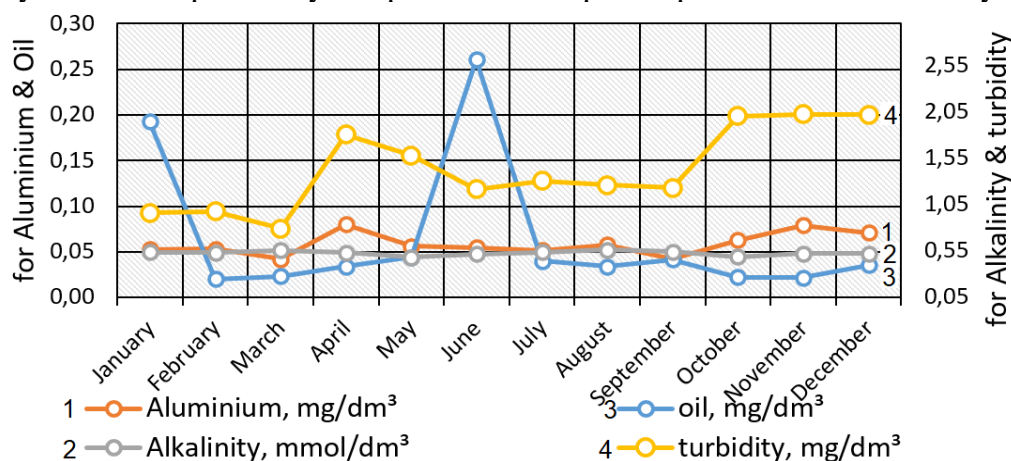


Fig. 1. Month average data of the Neva water (average for all intakes)

Color and turbidity showed close patterns of changing during the year (see Fig. 2). They both have increase during the April and October floods (up to 39 deg. in April and 35 deg. in December for color, also 1.81 mg/dm³ in April and 2.02 mg/dm³ in December for turbidity). Decrease of these indicators was observed in summer and could be explained by constant conditions of the feed of the Neva source (the Lake Ladoga). However, color and turbidity mainly represent natural processes in the river and are not informative for anthropogenic pollution detection [3].

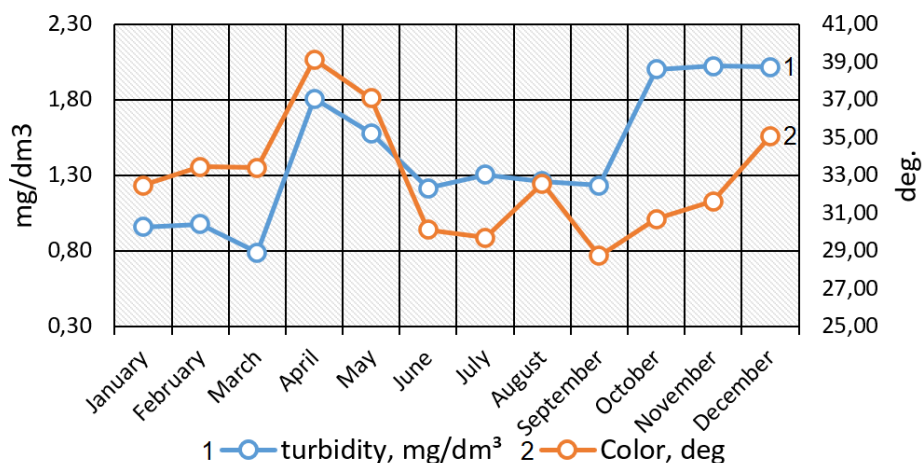


Fig. 2. Month average data of Turbidity & Color in Neva water (average for all intakes)

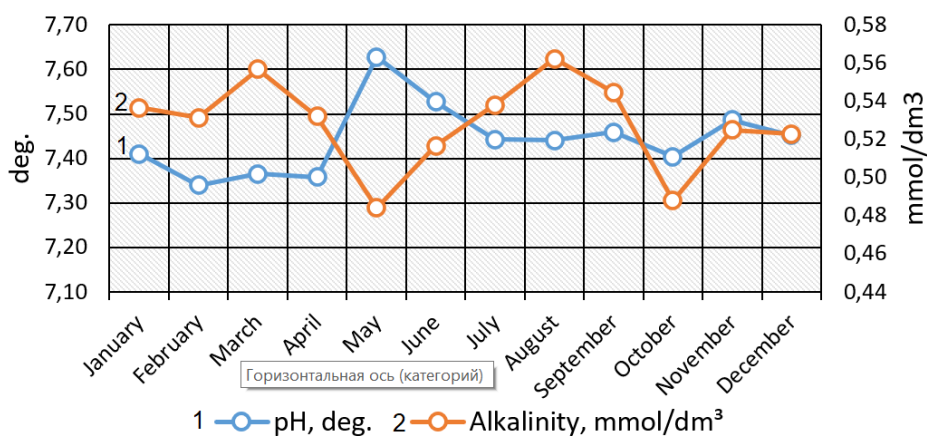


Fig. 3. Month average data of pH & Alkalinity in Neva water (average for all intakes)

With Fig. 3 it can be concluded that the pH indicator variables always reverse to the alkalinity indicator variables. The pH value increased from April to May and at the same time the Alkalinity going decrease up to 0.48 mmol-eq/dm³, the same thing also happened in June to August. The pH value increased sharply to 7.63 in May and this phenomenon occurred till the end of the spring after which the pH value fell to 7.44 in July.

From the results of this study, several dependences between turbidity and aluminum content, turbidity and color, pH and alkalinity were observed. More detailed statistical analysis including correlation analysis and factor analysis could be recommended.

REFERENCES:

1. SUE «Vodokanal of St. Petersburg». Water supply system. URL: http://www.vodokanal.spb.ru/en/vodosnabzhenie/struktura_vodosnabzheniya/ (Accessed on 03 March 2022).
2. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. URL: <https://raww.ru/assets/modckeditor/default/0/postanovlenie-rosпотреbnadzor.pdf> (Дата обращения 03.03. 2022).
3. Bondarenko E.A., Mikhailova A.S., Lednova J.A., Andrianova M.J. Photometric and fluorimetric data for pollution monitoring in river waters. 4th IEEE International Forum on Research and Technologies for Society and Industry, RTSI 2018, Palermo, 10–13 Sept. 2018

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА
ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПОМЕЩЕНИЯ

Земная жизнь построена на углероде, который в виде различных соединений постоянно мигрирует из одной части биосферы в другую. При этом основное количество углерода, вовлеченного в глобальный цикл, приходится на соединения, находящиеся в атмосфере, и растворенные в воде мирового океана [1].

На сегодняшний день важной проблемой является низкое качество воздушной среды в помещениях. Вентиляционные системы ненадлежащего качества не справляются с созданием необходимого воздушного потока для обеспечения людей достаточным количеством кислорода и удалением излишков углекислого газа. При этом недостаточное количество кислорода и высокое количество углекислого газа в производственных или жилых зданиях могут приводить к головной боли, головокружению, сонливости и низкой работоспособности. При длительном нахождении в помещениях с низким качеством воздуха могут появляться мигрень, хроническая усталость, стресс, апатия [2].

В последнее время мировое сообщество озаботилось проблемой повышения содержания диоксида углерода в атмосфере. Начались процессы внедрения технологий по улавливанию, утилизации и хранению углерода (Carbon Capture, Utilization and Storage – CCUS). Они подразумевают использование методов адсорбции, абсорбции, мембранного отделения CO₂, формирования гидратов, дистилляции при очень низких температурах. Получают развитие и гибридные технологии, основанные на сочетании различных подходов. Фиксация CO₂, образующегося после сжигания топлива, микроводорослями имеет целый ряд преимуществ, которые обеспечиваются высокой фотосинтетической эффективностью, высокой скоростью роста водорослей, их хорошей адаптируемостью к окружающей среде. Кроме этого, данные организмы способны трансформировать поглощенный углекислый газ в липиды, белки, пигменты, углеводы. Эти вещества могут быть использованы в качестве источников для получения биотоплива, продуктов питания для человека и животных [3, 4].

Фиксация углекислого газа в процессе фотосинтеза идет в хлоропластах клетки. На первом этапе (световой фазе фотосинтеза) происходит накопление энергии Солнца в виде химических связей молекул аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) и восстановленного никотинамидадениндинуклеотидфосфата (НАДФН). На втором этапе (темной фазе фотосинтеза), энергия АТФ и НАДФН используется для синтеза глюкозы; начальным этапом является присоединение молекулы CO₂ к рибулозо-1,5-бисфосфату. Реакцию катализирует фермент рибулозобисфосфаткарбоксилаза [5]. Сухая масса микроводорослей примерно на 50% состоит из углерода. Источник этого углерода CO₂. По литературным данным 1 т микроводорослей может поглотить за период роста (8-10 дней) около 1,83 т углекислого газа. Эта величина будет варьироваться в зависимости от многих факторов (температура, конструкция культиватора, способа подачи CO₂, вида микроводорослей и др.) [6].

Цель работы – определение эффективности поглощения углекислого газа микроводорослями и возможности использования их для улучшения воздушной среды помещений.

Для достижения данной цели проводили серию экспериментов в закрытом помещении. В течение 6 часов в комнате находился человек, для увеличения выработки углекислого газа была использована горящая свеча. Для поглощения углекислого газа использовались микроводоросли рода *Chlorella* вида *Chlorella kessleri*.

Водоросли помещали в открытый аквариум с аэрацией (рис. 1). Для аэрации использовали воздух из помещения (максимальная производительность компрессора 150 л/ч). Объем помещения 32 м³, объем аквариума 1,5 м³. В качестве контрольного опыта был проведен эксперимент без использования микроводорослей. В ходе экспериментов измеряли концентрацию CO₂ в воздухе, влажность и температуру. Полученные результаты представлены в таблице 1.

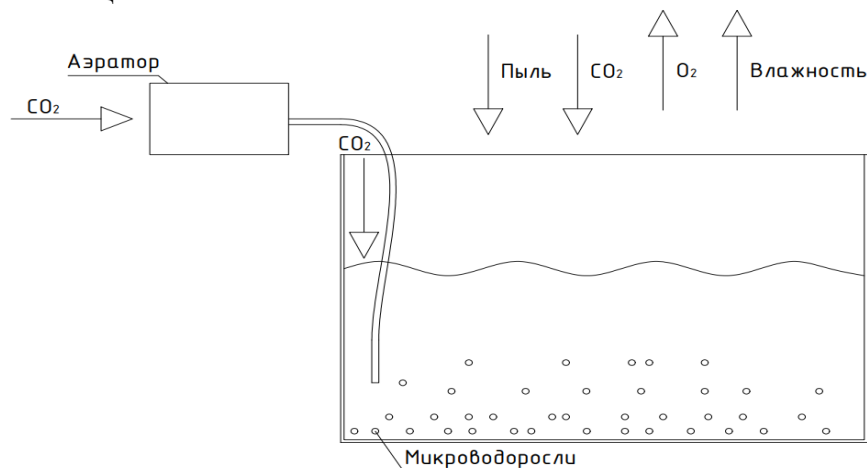


Рис. 1. Схема использования микроводорослей для улучшения качества воздуха в помещении

Таблица 1 – Качество воздуха в помещении без и с использованием микроводорослей

Время, ч	Без водорослей		С водорослями		Температура, °С
	CO ₂ , %	Влажность, %	CO ₂ , %	Влажность, %	
0:00	0,07	20	0,07	20	23,9
0:30	0,07	20	0,07	20	24,0
1:00	0,08	20	0,08	20	24,0
1:30	0,09	20	0,09	20	23,9
2:00	0,10	20	0,10	20	24,0
2:30	0,11	20	0,10	20	24,1
3:00	0,12	20	0,11	21	24,1
3:30	0,14	20	0,13	21	24,1
4:00	0,15	20	0,14	21	24,1
4:30	0,16	21	0,15	21	24,1
5:00	0,16	21	0,15	22	24,2
5:30	0,17	21	0,16	23	24,2
6:00	0,17	21	0,16	23	24,2

Из данных таблицы 1 видно, что количество углекислого газа увеличивается медленнее в помещении с использованием микроводорослей. Улучшения воздушной среды происходит в связи с тем, что микроводоросли поглощают углекислый газ и перерабатывают его в кислород. Так же происходит незначительное увеличение влажности (на 1%) через 3 часа после использования аквариума с микроводорослями. Это можно использовать для уменьшения количества CO₂ и увеличения влажности в учебных аудиториях, офисных помещениях и других, где наблюдается длительное пребывание большого количества людей. При длительном использовании, более 7 дней, необходимо половину объема суспензии микроводорослями отобрать и долить в аквариум с оставшейся частью питательную среду. Отобранную суспензию водорослей можно использовать как корм для рыб или для полива комнатный растений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Андрианова М.Ю. Физко-химические основы природных и антропогенных процессов в техносфере. 2010. СПб. 192 с.
2. Чирков В.Г. Проблема кислородного истощения атмосферы и концепция ее решения // J. Energy Bulletin (ISSN 20975-2318)]. №19.- 2015. – С. 64–72.
3. Кулабухов, В. Ю. Перспективы использования микроводорослей для поглощения CO₂ из дымовых газов промышленных предприятий / В. Ю. Кулабухов, Д. О. Карякин, Н. В. Мальцевская // Экология и промышленность России. – 2016. – Т. 20. – № 9. – С. 4-8. – DOI 10.18412/1816-0395-2016-9-4-8.
4. Using K. Du, X. Wen, Z. Wang, F. Liang, L. Luo, X. Peng, Y. Xu, Y. Geng, Y. Li, «Integrated lipid production, CO₂ fixation, and removal of SO₂ and NO from simulated flue gas by ole-aginous *Chlorella pyrenoidosa*», Bioresource technology. V.5, 2020. – p. 306–308.
5. Mudimu O., Rybalka N., Schulz R., Friedl T., Bauersachs T. Influence of different CO₂ concentrations on microalgae growth, α -tocopherol content and fatty acid composition. Geomicrobiology journal. – V. 32, 2015. p. 291–303.
6. Ильючик, И.А. Влияние неорганического ортофосфата на динамику накопления хлорофиллов микроводорослью *Chlorella vulgaris* / И.А. Ильючик, А.И. Лакишик, В.Н. Никандров // Биотехнология: взгляд в будущее: материалы VI международной научно-практической конференции, Ставрополь, 16 апреля 2020 г. / Ставропольский государственный медицинский университет; ответственный редактор: В.И. Кошель. – Ставрополь: СтГМУ, 2020. – С. 230–233.

UDC 620.95

Raza Irfan

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

METHODS OF METHANE EMISSION CALCULATION FOR LANDFILL IN DELHI (INDIA)

Each day, the local municipal bodies in Delhi are able to clear roughly 5500 tons of waste [1]. Municipal solid wastes (MSW) are mostly made up of biodegradable materials that decompose anaerobically in landfills, producing landfill gas (LFG), which is made up of around 60% methane (CH₄) and 40% carbon dioxide (CO₂), as well as minor amounts of non-methane organic compounds and other trace gases [2]. CO₂ and CH₄ are both greenhouse gases (GHGs). The global warming potential (GWP) of CH₄ is 25 times that of CO₂ over a 100-year period, and it has a 12-year atmospheric residence time [3]. The current contribution of CH₄ to the effects of climate change is 18% of the total irradiance of all long-lived GHGs [4].

Evaluation estimates of CH₄ emissions from landfills in developing countries such as India are very unclear due to the lack of data on MSW management and emissions. In this article, site-specific CH₄ emission factors (EFs) developed using on-site measurements carried out at landfill site in Okhla (Delhi).

In Delhi, three municipal corporations, the Delhi Municipal Corporation (MCD), the New Delhi Municipal Corporation (NDMC), and the Delhi Cantonment, are responsible for the disposal of MSW. To establish reliable estimates of CH₄ emissions with lower uncertainty from the Delhi landfills, in situ measurements of the CH₄ flux were performed at three landfills. Two methods were used for estimations: the default method (DM) and modified triangular method (MTM).

Bingemer and Crutzen [6] created technique based on a mass balance approach, and the IPCC [7] approved it as the default method (DM) for calculating CH₄ emissions from landfills. The total production of CH₄ from all trash deposited up to year is calculated [7]. IPCC-provided empirical constants such as the methane correction factor (MCF) and the dissimilated organic percentage transformed into LFG were employed. Based on characteristics of waste reaching landfills and IPCC default values for corresponding DOC concentrations, the DOC values for Okhla were calculated using the total organic carbon of garbage that reached the landfill. The calculations by DM are done as described below.

Table 1 – Salient features of Delhi’s (Okhla) landfills [5]

Characteristics	Okhla (OK)
Location	28° 30' 42" N, 77° 16' 59" E
Starting year	1996
Area (ha)	16.89
Slops (°)	80°
Average height (m)	27-40
Dumping quantity (TPD)	1200
Waste management facility	Regular covering with C&D waste and compaction
LFG collection system	Currently not operational, only composting plant
Type of waste	Mainly household with C&D waste
Zones supplying waste	Central, Najafgarh, South and Cantonment Board
Depression, below ground level (m)	4

$$\text{CH}_4 \text{ emissions (Gg/y)} = \{ \text{MSW}_T * \text{MSW}_F * \text{MCF} * \text{DOC}_F * F * x(16/12 - \text{R} - \text{OX}) \},$$

where: MSW_T = Total MSW generated (Gg y^{-1}); MSW_F = Fraction of MSW disposed to solid waste disposal sites (80%); MCF = Methane correction factor (0.4, < 5 m depth); DOC = Degradable organic carbon (0.14 for Okhla); DOC_F = Fraction DOC Dissimilated (0.77); F = Fraction of CH_4 in landfill gas (0.5 (50% of LFG)); R = Recovered CH_4 Gg y^{-1} (default 0); OX = Oxidation factor (default is 0).

MTM is a modified triangulation technique that can be used when there is not enough information about the waste characteristics. This approach has been used by Kumar et al. [8] on the Okhla dump in Delhi. There are two steps in this process. In typical cases, the first period begins after a year of deposition and peaks during the first 36 years, after which the rate of gas production slows down until it reaches zero by year 16. The calculations by MTM are done as describe below.

CH_4 generation is calculated as follows: X (Gg y^{-1}) = CH_4 emission estimated as above for DM. CH_4 emission by volume ($\text{m}^3 \text{y}^{-1}$)

$$V = X \times 106 / D,$$

where V = Volume of CH_4 ($\text{m}^3 \text{y}^{-1}$); X = CH_4 generated by DM (Gg); D = Density of CH_4 (0.714 kg m^{-3}). Height calculation of triangle $H = V \times 2 / 15$, where H = height of the triangle (m).

The amount of MSW on the Okhla landfill are shown in Table 2. Results of calculations based on the data of total annual waste quantity for Okhla landfill during the period of 1990-2008 are shown in Table 3.

Table 2 – Total annual waste quantity for Okhla landfill during the period of 1990-2008

Waste (metric tons)	-	-	-	-	-	-	247,734	429,146	570,944	491,676	609,382	615,163	422,833	521,590	579,293	396,281	521,430	366,978	366,978
Year	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008

Table 3 – Methane emission estimation using different methodologies

Landfill	Reported CH_4 emission		Present CH_4 estimations for 2008-09 period			
	Methodology	Estimate (Gg y^{-1})	In-situ method		DM (Gg CH_4)	MTM (Gg CH_4)
			CH_4 EF (g kg^{-1} of waste)	CH_4 emission (Gg)		
Okhla	MTM [9]	7.67	5.5 ± 1.7	1.4 ± 0.4	7.5	10.7

In general, it can be concluded that the IPCC 1996 default methodology (DM) resulted in the CH₄ emission estimated for Okhla is 7.5 Gg y⁻¹ and the MTM resulted in the CH₄ emission from Okhla is 10.7 Gg y⁻¹ for the year 2008.

REFERENCES:

1. ESD (Economic Survey of Delhi), 2008-2009. Planning Department Government of National Capital Territory of Delhi, 6th Level, B-Wing, Delhi Secretariat, I. P. Estate, New Delhi (India).
2. Hegde, U., Chang, T.C., Yang, S.S., 2003. Methane and carbon dioxide emissions from Shan-chu-ku landfill site in northern Taiwan. *Chemosphere* 52, 1275-1285.
3. IPCC, 2007. Climate change 2007: the physical science basis. In: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. and New York, NY, USA.
4. Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P. et al, 2007. Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
5. Municipal Corporation of Delhi (2008), observation and personal communication
6. Bingemer, H.G., Crutzen, P.J., 1987. The production of methane from solid wastes. *J. Geophys. Res.* 92, 2181-2187.
7. IPCC, 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. In: Task Force on National Greenhouse Gas Inventories Cambridge, vol. 5 U.K. and New York, NY, USA.
8. Kumar, S., Gaikwad, S.A., Shekdar, A.V., Kshirsagar, P.S., Singh, R.N., 2004a. Estimation method for national methane emission from solid waste landfills. *Atmos. Environ.* 38, 3481-3487.

UDC 620.95

Berkay Han
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

THE IMPACT OF POPULATION ON CO₂ EMISSIONS IN TURKEY IN LAST 30 YEARS (1990 – 2019)

Population size and growth are widely recognized as primary drivers of national-level anthropogenic carbon dioxide emissions, other greenhouse gas emissions, and environmental degradation outcomes, including ground-level air pollutants, deforestation, and the overall consumption of natural resources [1, 2]. Indeed, the scientific and policy communities as well as governmental and intergovernmental agencies throughout the world place great emphasis on the role of population when considering the human dimensions of global climate change and other global and regional ecological disruptions [2-4]. Turkey's announcement of its goal of carbon neutrality has increased the practical significance of research on carbon dioxide (CO₂) emissions that result from urbanization.

Objective of the present work – to determine relations between CO₂ emission value and population characteristics in Turkey. The data were taken from the Turkey Statistical Institute (TURKSTAT) in the yearbooks from 1990 to 2019 [5]. Graphs and dependencies were created and analyzed in MTALAB.

Total population counts all residents regardless of legal status or citizenship, except for refugees not permanently settled in the country of asylum. Total population for Turkey increased from 55.3 million persons in 1990 to 85 million persons in 2021 growing at an average annual rate of 1.74%. Carbon dioxide emissions were calculated based on 'production' or 'territorial' emissions (i.e. emissions from the burning of fossil fuels, or cement production within a country's borders). They did not consider the emissions of traded goods (consumption-based emissions) and did not consider other greenhouse gas emissions. The data showed that carbon dioxide emissions increased from 150 mln tons in 1990 to 400 mln tons in 2019 (see Fig 1 and 2). In general these data show clear relation between these two parameters.

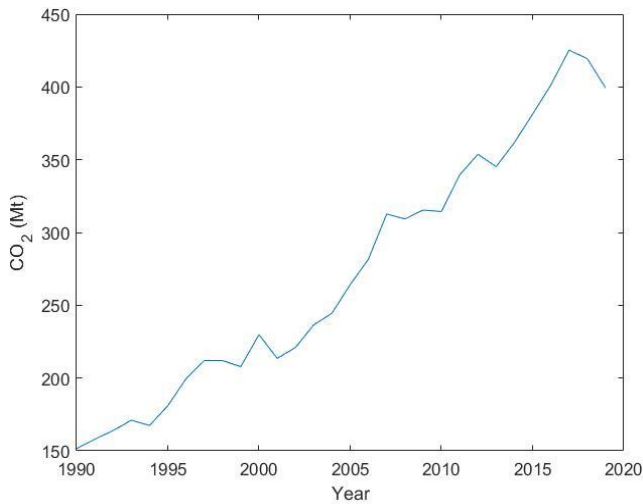


Fig. 1. CO₂ emissions in Turkey for 30 years

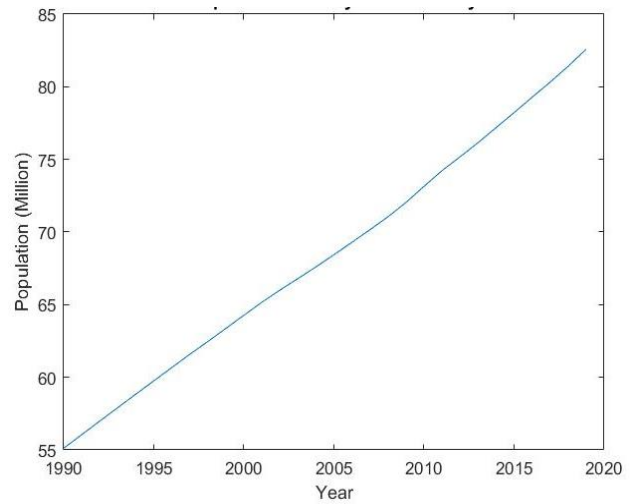


Fig. 2. Population in Turkey for 30 years

Then a focus was put on observations in 8 cities of Turkey: 4 cities were from industrial zone (Istanbul, Ankara, Kocaeli, Bursa) and 4 cities were from natural zone which has forest area (Ardahan, Artvin, Kars, Erzurum) (see table 1).

Table 1

Province in Turkey	Annual average population growth, %	CO ₂ emissions (mln ton)
Istanbul	13.6	84.89
Bursa	15.9	21.82
Ankara	17.8	31.54
Kocaeli	27.1	42.12
Artvin	-5.3	0.84
Kars	-10.9	1.4
Erzurum	-2.2	3.91
Ardahan	-14.1	0.41

Data in table 1 show that overall population size is a primary driver of total carbon emissions in cross-cities contexts. Industrial zone has manufacturing activities, these activities create need to have manpower. Work opportunities conduce towards increase immigration. After migration, population growth gives cause for energy needs. And in the last step of this circle, CO₂ emission increase by human activities. The data suggest different behaviors for different populations in Turkey: CO₂ emissions rate not only is shifting from household consumption to industrial processes and product use sector, but is also accompanied by an increased population growth rate. The population growth rate is implicitly affecting Turkey's CO₂ emissions rate because of supply and demand equilibrium.

Diagram on Fig. 3 was made in MATLAB. It showed that dependence between population and CO₂ emissions could be approximated by linear dependence. Correlation between these parameters is strong (correlation coefficient is 0.941).

The data of the study allowed calculating forecast using the average rate of population growth and dependence between CO₂ emissions and population. CO₂ emissions for year 2025 are forecasted as 482,14 mln tons.

Overall, while population size continues to be the primary driver of total national-level anthropogenic carbon dioxide emissions, the findings for this study highlight the need for future research and policies to recognize that the actual impacts of population size on national-level carbon emissions differ across both time and region.

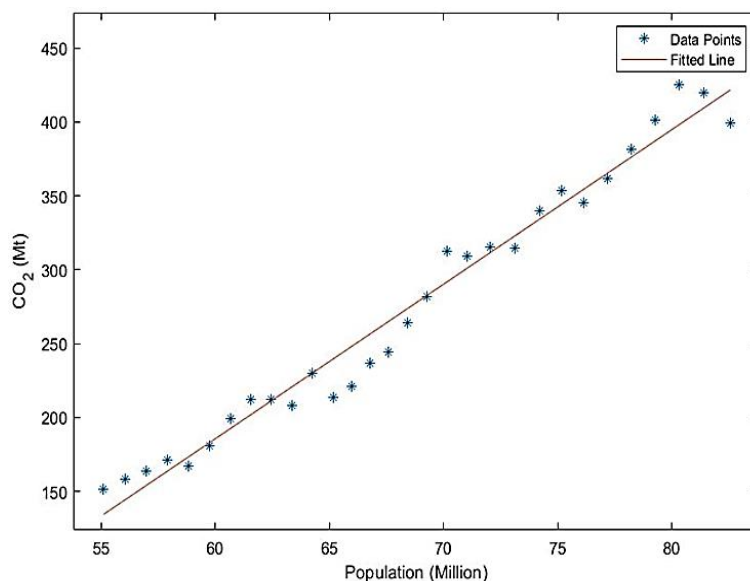


Fig. 3. Dependence of CO₂ emissions from population in Turkey

This research consistently showed that the effect of population size on national-level total carbon emissions is positive and much larger in magnitude than other human drivers, such as economic development and levels of urbanization in Turkey.

REFERENCES:

1. Jorgenson A.K., Clark B. The Relationship between National-Level Carbon Dioxide Emissions and Population Size: An Assessment of Regional and Temporal Variation, 1960–2005. *Plos One*, 2013, 8(2): e57107.
2. Rosa E., Diekmann A., Dietz T., Jaeger C. *Human Footprints on the Global Environment: Threats to Sustainability*. Cambridge, MA: The MIT Press. 2010
3. Mohammad Shamsuzzaman et al. Effective monitoring of carbon emissions from industrial sector using statistical process control. *Applied Energy*. Volume 300, 15 October 2021, 117352.
4. Jorgenson A.K. Carbon dioxide emissions in Central and Eastern European Nations, 1992–2005: a test of ecologically unequal exchange theory. *Human Ecology Review*, 2011, 18: 105–114.
5. Turkey Statistical Institute (TURKSTAT) URL: <https://www.tuik.gov.tr/>

УДК 504.064

О.Ю. Косолапов, О.Е. Сергеев, Н.А. Политаева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СНИЖЕНИЯ CO₂ В ПОМЕЩЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Улучшение качества воздуха в рабочих, офисных и учебных помещениях – важная задача, решение которой позволит обеспечить комфортные условия труда. Для этих целей возможно использовать микроводоросли, которым для роста и фотосинтеза требуются только вода, диоксид углерода, свет, а также небольшое количество минеральных веществ [1].

Биотехнология использования микроводорослей возникла из исследований, связанных с тремя разными областями: космосом, подводными лодками и бомбоубежищами [2]. Эти исследования были связаны с обострением международной обстановки в 1960-е годы и были нацелены на разработку систем жизнеобеспечения закрытого типа, где нет выхода углекислоте, выделяемой при дыхании, образующимся отходам, а также там, где требуются источники пищи в виде белка, углеводов и липидов. Для всех этих условий можно использовать микроводоросли, способные при фотосинтезе фиксировать CO₂ из атмосферы и

преобразовывать его в биомассу с выделением кислорода [3]. То же самое делают и растения, однако микроводоросли растут гораздо быстрее. Кроме того, микроводоросли не претендуют на сельскохозяйственные площади, занятые пищевыми сортами растений.

Сейчас космические станции на биологической основе рециркуляции воздуха не используются, поскольку в ходу химические батареи, регенерирующие воздух. По расчетам, сделанным в 2010 году, использование биологических систем рециркуляции и очистки будет рентабельным при использовании масштабных станций, при длительности полета более 2 лет [4]. Однако использование биофильтров из микроводорослей в жилых и производственных зданиях имеет место, учитывая важность чистого воздуха в помещениях.

Цель работы – изучить эффективность поглощения углекислого газа и выделение кислорода микроводорослями.

Модельный эксперимент проведен с помощью Microsoft Excel. Исходные данные для моделирования следующие. Количество углекислого газа в составе наружного воздуха и изначально в помещении 0,03%, кислорода 20,95% [5]. Выделение CO₂ человеком 0,022 м³/ч, поглощение O₂ 0,025 м³/ч. Согласно экспериментам по созданию биологических систем микроводоросли *Chlorella* в аквариуме объемом 40 л могут поддерживать рециркуляцию воздуха для одного человека [6]. Скорость поглощения CO₂ микроводорослями в аквариуме объемом 30 л составляет 0,0175 м³/ч, скорость выделения O₂ 0,0175 м³/ч. Было рассмотрено четыре случая нахождения человека в течение восьми часов в закрытом помещении.

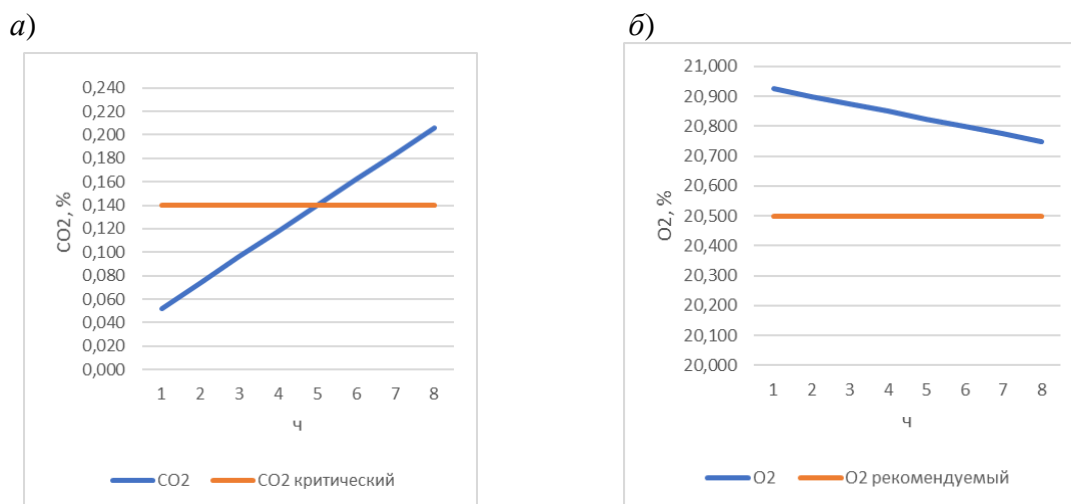


Рис. 1. Изменение концентрации в непроветриваемом помещении: а – CO₂; б – O₂

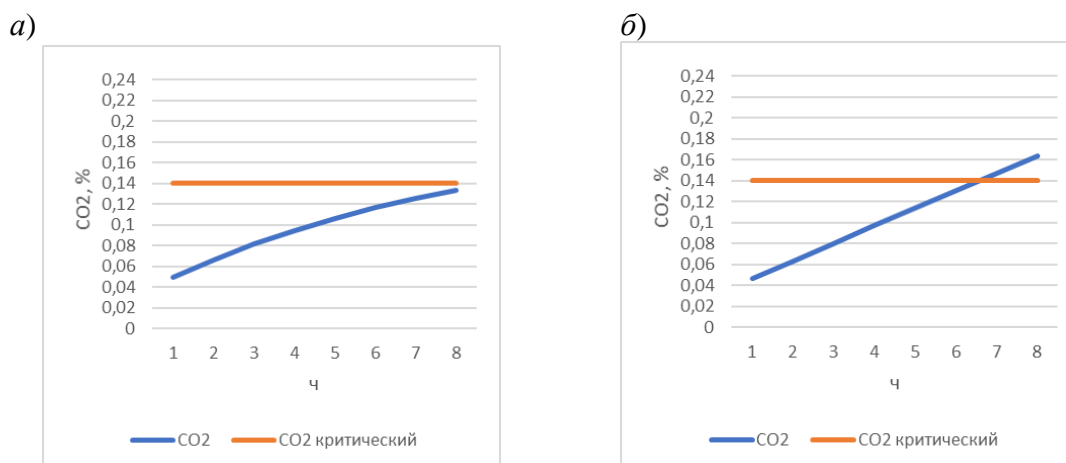


Рис. 2. Изменение концентрации CO₂:

а – в проветриваемом помещении; б – в непроветриваемом помещении с микроводорослями

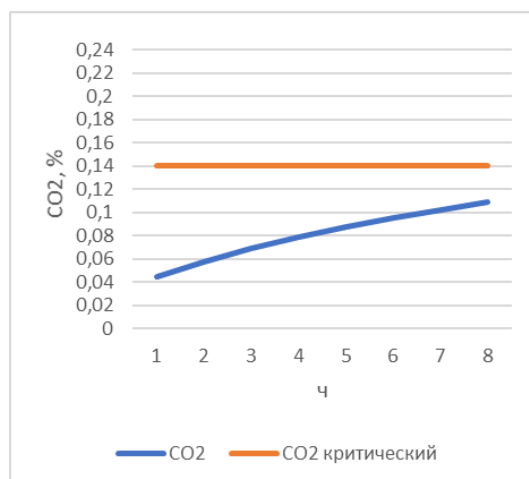


Рис. 3. Изменение концентрации CO₂ в проветриваемом помещении с микроводорослями

Вариант 1: человек находится в непроветриваемом закрытом помещении (объем помещения 100 м³) (рис. 1 а,б).

Вариант 2: человек находится в проветриваемом помещении (объем помещения 100 м³, система приточной вентиляции с обеспечением воздушного потока 12 м³/ч) (рис. 2, а).

Вариант 3: человек находится в непроветриваемом закрытом помещении с микроводорослями, равномерно распределенными в аквариуме объемом 0,03 м³ (объем помещения 100 м³) (рис. 2, б).

Вариант 4: человек находится в проветриваемом помещении, микроводоросли равномерно распределены в аквариуме объемом 0,03 м³ (объем помещения 100 м³, система приточной вентиляции с обеспечением воздушного потока 12 м³/ч) (рис. 3).

Анализ результатов моделирования показывает, что основной проблемой качества воздуха в помещении является избыток углекислого газа, а не недостаточное количество кислорода. Из полученных результатов видно, что для улучшения качества воздуха в помещении достаточно эффективно использовать комбинацию принудительной (или естественной) вентиляции помещения и небольшого объема питательной среды с микроводорослями. В небольшом помещении, где находится один человек, это позволит поддерживать низкую концентрацию углекислого газа в воздухе, что позитивно скажется на работоспособности и самочувствии человека.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Орлова Т.Ю., Айздайчер Н.А., Стоник И.В. Лабораторное культивирование морских микроводорослей, включая продуцентов фитотоксинов: научно-метод. пособ. Владивосток: Дальнаука. 2011. 89 с.
2. Hackert M. L., Abad-Zapatero C., Stevens S.E., Ir., Fox J.L. Crystallization of C-phycoerythrin from the marine blue-green algae *Agmenellum quadruplicatum* // Mol. Biol. – 1977. – III, No 3. – P. 363–369.
3. Кальпа В.А., Лелеков А.С. Оценка коэффициента абсорбции углерода культурой *dunaliella viridis teod.* Актуальные вопросы биологической физики и химии. – № 4. – 2019. – С. 490–495.
4. Sun X.M., Geng L.J., Ren L.J., Ji X.J., Hao N., Chen K.Q., Huang H. Influence of oxygen on the biosynthesis of polyunsaturated fatty acids in microalgae. Biore-source technology. V. 250. – 2018. – p. 868–876.
5. Гудвиллович И.Н., Боровков А.Б. Продуктивность микроводоросли *Dunaliella salina teod.* при различных способах внесения углекислого газа в культуру. Морской биологический журнал. – № 2. – 2017. – С. 34–40.
6. Mortensen L.M., Gislerod H.R. The growth of *Chlorella sorokiniana* as influenced by CO₂, light, and flue gases. Journal of applied phycology. V. – 28. – 2016. – p. 813–820.

WATER QUALITY INDEX (WQI) ASSESSMENT OF GROUNDWATER
IN FARIDABAD, HARYANA (INDIA)

Introduction. Water is a crucial natural resource that, after fresh air, is required to maintain life on Earth. Water makes up around 60-65% of the human body [1].

Industrial growth, urbanisation, religious practices such as bathing and immersing the idol in sacred rivers, and illegal colonies in India have all contributed to the contamination of groundwater and surface water, increasing the number of water-borne illness cases [2].

Because groundwater is commonly utilized to meet home demands, it should meet domestic water quality criteria. Groundwater quality must be monitored on a regular basis in order to provide safe drinking water [3].

Study Area. Faridabad is a town and a municipal committee in the Haryana district, located 56.6 kilometres from Delhi at an elevation of 205 meters MSL (672 feet) at 28.43°N 77.32°E on the plains of the river Yamuna bordered by the river to the east and Aravali hills towards the west and southwest [4].

Cast-iron industries (fodder cutting machines), nuts and bolts (fasteners), iron rods, bathroom fitting manufacturing factories, pharmaceutical businesses, and so on may be found in the town. Faridabad has a population of 20 lakh (2 million) as of the 2022 India census (estimated) [5].

Ground Water registration and regulation has been issued for the Faridabad block. As a result, aquifers up to 150 m deep have been designated as. Protected aquifers can only be utilized to build tube wells for drinking and household water supplies.

Materials and Methods. Water Sampling - Water samples were obtained at random from three tube wells located in various parts of Faridabad. Water samples were collected in 2 litre cleaned polythene bottles. The water samples were clean and odourless, and they were subjected to physiochemical testing. TDS, pH, Total hardness (TH), calcium, magnesium, alkalinity, chloride, sulphate, fluoride, and nitrate were all measured in the samples.

Water samples were analysed in the Arihant Analytical Laboratory Pvt. Ltd. in Sonipat (Haryana). It is a "NABL Accredited Laboratory for testing of all Mechanical, Chemical, Environment, Micro-Biology, Water, Civil, Food related items".

The pH was determined using an electrometric technique and a pH meter. Total hardness, calcium, and magnesium were determined using the EDTA titrimetric method, and sulphate was determined using the turbidimetric method. Ergonometric titration was used to determine the chloride content. A UV spectrophotometer was used to determine fluoride levels. Table 1 displays the findings of physiochemical parameters.

Weighted Arithmetic Water Quality Index Method. To calculate *WQI*, first find the sub-index (SI) for each parameter, which is then utilized to calculate *WQI* using the following equation.

$$SI_i = W_i q_i;$$

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i.$$

The q_i for pH and fluoride can be calculated by this formula

$$q_i = (C_s C_{io}) / (S_i C_{io}) \cdot 100.$$

Ideal value for pH is taken as 7 and in the remaining cases ideal values are zero.

Table 1 – Water sampling sites in Faridabad

Sample No.	Sample	Location	Lat. And Long.	Tube Well Depth (feet)	Lowering Depth (feet)
1.	S1	Dhauj village	28.3410° N, 77.1948° E	240'	130'
2.	S2	Badkhal	28.4103° N, 77.2772° E	270'	140'
3.	S3	Ballabgarh	28.3388° N, 77.3206° E	280'	140'

Table 2 – Physical and Chemical parameters of water sample

Sample	T.D.S	T.H	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	F ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃	pH
S1	800	300	60	36	310	85	1.05	30	3	8.3
S2	1200	400	80	48	290	150	0.77	37	2.9	7.9
S3	700	250	40	36	360	75	1.18	20	3	7.5

Table – 3 Relative weights of chemical parameters

Chemical Parameters	Indian Standards (C _s) Desired Permissible Limit	Ideal Values (C _{io})	Weight	Relative Weight (W _i)
T.H (mg/l)	300–600	0	4	0.1212
Ca ²⁺ (mg/l)	75–250	0	2	0.0606
Mg ²⁺ (mg/l)	30–100	0	2	0.0606
Alkalinity (mg/l)	120–600	0	2	0.0606
Cl ⁻ (mg/l)	250–1000	0	3	0.0909
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	150–400	0	3	0.0909
NO ₃ (mg/l)	45–100	0	4	0.1212
pH	6.5–8.5	7	4	0.1212
F ⁻ (mg/l)	0.3–1.0	0	5	0.1515
T.D.S. (mg/l)	500–2000	0	4	0.1212

Table 4 – WQI for water sample

Sample	T.D.S	T.H	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	F ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃	pH	WQI
S1	800	300	60	36	310	85	1.05	30	3	8.3	143.45
S2	1200	400	80	48	290	150	0.77	37	2.9	7.9	146.67
S3	700	250	40	36	360	75	1.18	20	3	7.5	121.43

Table 5 – WQI based classification of ground water

WQI values	Category	Sample Number
Below 50	Excellent	–
50–100	Good	–
100–200	Poor	S1, S2, S3
200–300	Very Poor	–
Above 300	Unsuitable for drinking	–

Results and Observations. This study was done to check the water quality in different zones of Faridabad (Table 2). On the assessment of drinking water, Total hardness was less than 300 mg/l except in sample 3 (S3), this was less than the Indian Standard Desirable limits. However, Calcium ranged from 40 to 80 mg/l and it was less in (S1 and S3) which were less than the limits prescribed by Indian Standard (IS) desired limits. Where Chloride was found less in all three samples and Fluoride was found less in S1 and S3 than the BIS desirable limits. And Sulphate and Nitrate were less than the BIS desirable limits in all three samples, but the pH of all samples was between the range.

In this research, the computed WQI ranges from 121.43 to 146.67. The minimum value has been recorded from sample no. S3 while maximum has been recorded from sample S2. The

computed WQI values (Table 4) are classified into five types as shown in Table 5. It is observed that majority of ground water sample falls in poor quality, indicating groundwater not fit for drinking purpose.

REFERENCES:

1. Shweta Tyagi, Bhavtosh Sharma, Prashant Singh and Rajendra Dobhal, Water Quality Assessment in Terms of Water Quality Index, American Journal of Water Resources, 2013 1 (3), pg. 34–38.
2. Horten R.K. An Index number for water quality. J water Poll Cont. Fed. (1965) 37(3) : 300–306.
3. Cude, C.G., Oregon water quality index: a tool for evaluating water quality management effectiveness, J. American Water Resou. Assoc. (2001), 37(1). 125–137
4. Worldwide mean Sea Level (MSL) of Faridabad
5. India census of Faridabad 2022 (estimated)

СЕКЦИЯ ГОРОДСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО И ХОЗЯЙСТВО

УДК 691.542

В.Ф. Шамсутдинова, О.М. Кротов, Ю.Г. Барабанщиков
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАСШИРЯЮЩАЯСЯ ДОБАВКА ДЛЯ БЕТОНА НА ОСНОВЕ ЗОЛЫ-УНОСА НАЗАРОВСКОЙ ГРЭС

Применение золы-уноса в качестве компонента бетонной смеси несет в себе ряд положительных аспектов: решается вопрос утилизации продуктов сжигания угольного производства, снижаются выбросы диоксида углерода в атмосферу [1], а также появляются новые, конкурентноспособные и относительно дешевые стройматериалы. За рубежом золошлаковые отходы широко используются как сырье для получения различных видов бетонов, кирпичей, керамики [2]. К настоящему времени в России накоплен опыт использования кремниевой золы-уноса (содержание оксида кальция менее 10%), в то время как высококальцевая практически не используется из-за свойственного ей высокого расширения [3].

Цель работы – установить возможность использования высококальцевой золы-уноса Назаровской ГРЭС для компенсации усадки бетона, а также для получения расширяющегося бетона.

Опытным путем было выявлено, что высококальцевая зола-уноса Назаровской ГРЭС дает относительно небольшое расширение. В связи с этим было принято решение использовать в качестве добавки для бетона смесь из золы-уноса и раствора нитрата кальция ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$).

Было выбрано четыре состава добавки с различным количеством раствора (0; 5; 10; 15 %). Для достижения поставленной цели необходимо было определить расширение каждого состава с помощью колец Ле Шателье (рис. 1) [4]. После твердения раствора (через 2 дня) были зафиксированы объемные расширения колец, далее полученные значения переведены в линейные.

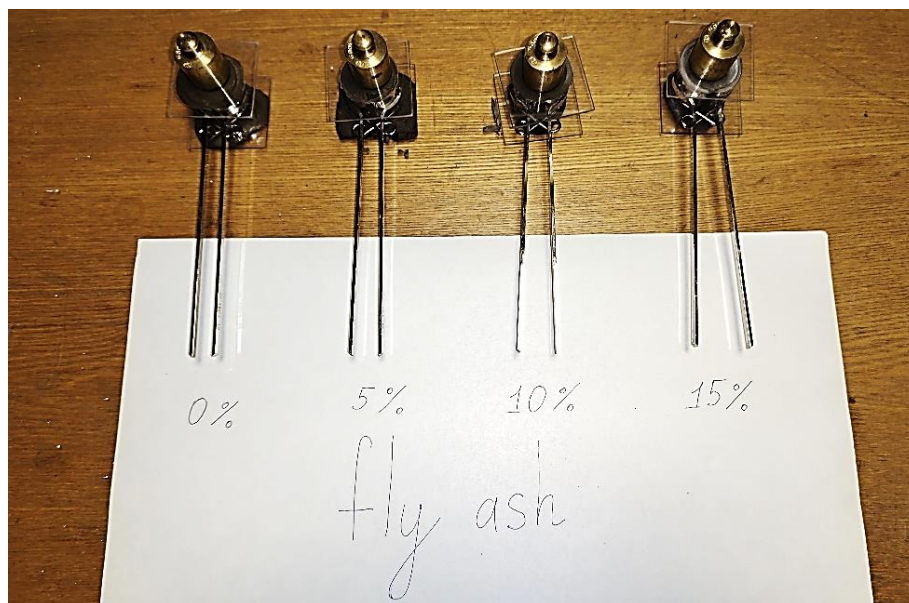


Рис. 1. Испытания на кольцах Ле Шателье

Принято, что зависимость линейной деформации от концентрации добавки в смеси линейна. Общая усадка бетона, согласно справочным данным [5], составляет 3 мм/м. Максимально допустимое расширение бетона составляет 7 мм/м, согласно ГОСТ 11052-74 «Цемент гипсоглиноземистый расширяющийся».

По результатам испытаний построен график зависимости линейных деформаций бетона от концентрации добавки (рис.2). По данному графику можно определить необходимое количество добавки каждого состава для компенсации усадки бетона или для получения бетона с необходимым расширением.

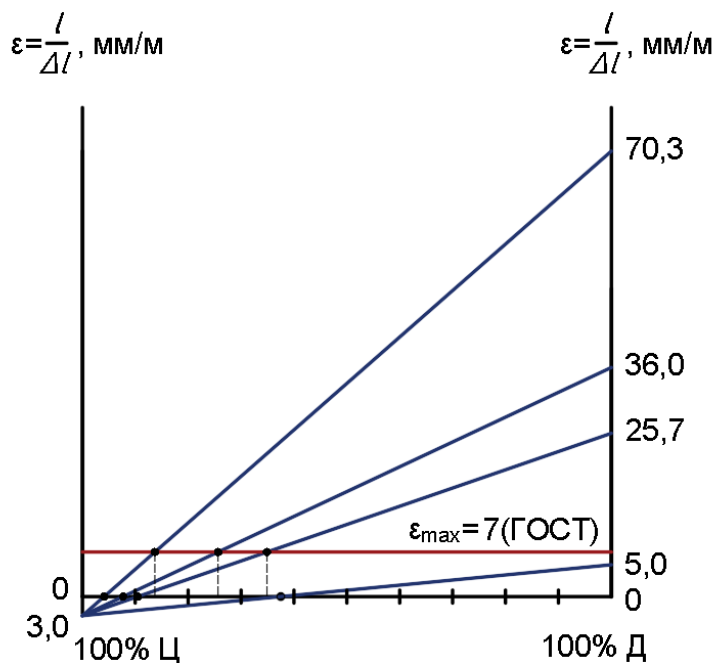


Рис. 2. Зависимость линейного расширения от состава добавки

Полученные результаты подтверждают возможность получения расширяющейся добавки для бетона на основе золы-уноса Назаровской ГРЭС. Построенный график позволяет определить необходимую концентрацию добавки в бетонной смеси для компенсации усадки бетона, а также для получения бетона с заданным расширением.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Строительева Е.А. Модификация цементного камня наполнителем из золы уноса [Электронный ресурс]. 2017 URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30586268> (дата обращения: 12.02.2022).
2. Шевченко В.А., Артемьева Н.А., Иванова Л.А., Киселев В.П. В.Г.В. Бесцементное вяжущее из зольно-кремнеземистых композиций [Электронный ресурс]. 2015 URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25323311> (дата обращения: 12.02.2022).
3. Нефедов В.В. З.Н.М. Моделирование структуры композиционного полимерного материала на основе золы уноса электростанций [Электронный ресурс]. 2018 URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38191262> (дата обращения: 12.02.2022).
4. Петухов А.В., Коровкин М.О., Ерошкина Н.А. Л.И.Ю. Перспективы развития технологии бетона с высоким содержанием золы-уноса [Электронный ресурс]. 2018 URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32687009> (дата обращения: 12.02.2022).
5. Строительные материалы и изделия: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Ю.Г. Барабанщиков. – 5-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 416 с.

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА РАСЧЕТ МОНОЛИТНОЙ ПЛИТЫ

В настоящее время проектирование зданий и сооружений связано не только с выполнением аналитических расчетов строительных конструкций по апробированным

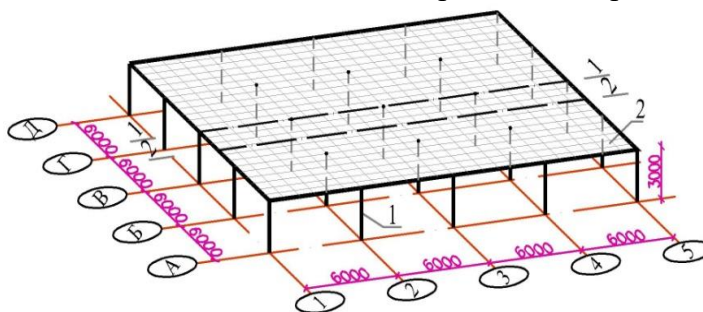
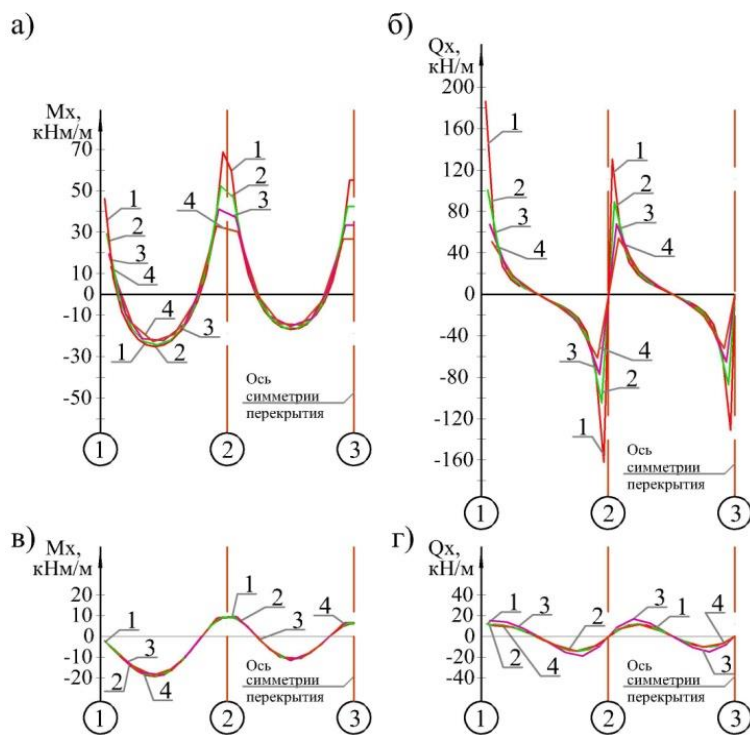


Рис. 1. Расчетная модель перекрытия

методикам из нормативных документов, например [1], но и с применением численных методов [2, 3]. Наиболее распространенным из последних является метод конечных элементов (МКЭ). Известно, что на результаты компьютерных МКЭ расчетов непосредственно влияет корректность создаваемых расчетных моделей [2 – 4].

При этом нормы проектирования не регламентируют способы, методы моделирования конструкций и их сопряжений.

Целью работы является получение закономерностей изменения усилий в плоской плите монолитного перекрытия и ее продольного армирования в зависимости от размеров конечных элементов (КЭ). Задачи: 1) создание нескольких расчетных МКЭ моделей плоского перекрытия, отличающихся размерами пластинчатых КЭ и позволяющих определять усилия и требуемые интенсивности продольного армирования в различных поперечных сечениях; 2) сопоставление и анализ получаемых характерных результатов МКЭ расчетов при различных размерах КЭ и других условиях.

Рис. 2. Сравнительные эпюры M_x и Q_x в плите перекрытия: 1 – КЭ 400×400 мм; 2 – КЭ 600×600 мм; 3 – КЭ 800×800 мм; 4 – КЭ 1000×1000 мм

Выполнялись расчеты фрагмента безбалочного монолитного перекрытия, опирающегося на железобетонные колонны (рис. 1). Использовались вычислительные программные комплексы ЛИРА-САПР 2015 [2] и Structure CAD 21.1 [3, 5], реализующие МКЭ. Были созданы пространственные расчетные модели, представляющие собой комбинированные системы, состоящие из стержневых и плоских четырехугольных КЭ (колонн и перекрытий соответственно). Сочленение колонн с перекрытиями принято в расчетных схемах жестким, без дополнительного введения связей, ограничивающих поворот узлов стыковки вокруг оси Z. Для исключения влияния размеров пролета на величины усилий в плите перекрытия шаг колонн в обоих направлениях принят

одинаковым и равным 6,0 м. Сечение колонн – 400×400 мм, нижнее сечение колонн принято заземленным. Толщина плиты варьировалась и принималась равной 180; 200 и 220 мм. Бетон перекрытий и колонн класса В25, тяжелый, естественного твердения, рабочая продольная арматура плиты класса А400. Рассматривалась упругая стадия работы арматуры и бетона. Во всех расчетах принята равномерно распределенная нагрузка по области плиты перекрытия интенсивностью 100 кН/м². Размеры «а» КЭ в расчетных моделях (рис. 1) были приняты следующие: 400×400; 600×600; 800×800; 1000×1000 мм.

На рис. 2. для сопоставления представлены эпюры опорных и пролетных изгибающих моментов и поперечных сил в опорном сечении 1-1 (эпюры а, б) и пролетном сечении 2-2 (эпюры в, г) перекрытия толщиной 200 мм при различных размерах КЭ. Опорное и пролетное сечения указаны на рис. 1. Значения усилий на эпюрах определены для центров тяжести КЭ.

Графики изменения опорных и пролетных изгибающих моментов M_x в зависимости от размеров КЭ «а» показаны на рис. 3,а и рис. 3,б. Видно, что опорные изгибающие моменты в плите возрастают в наибольшей степени (от 69,5 % до 73,8 %), нежели пролетные (от 21,4 % до 21,9 %).

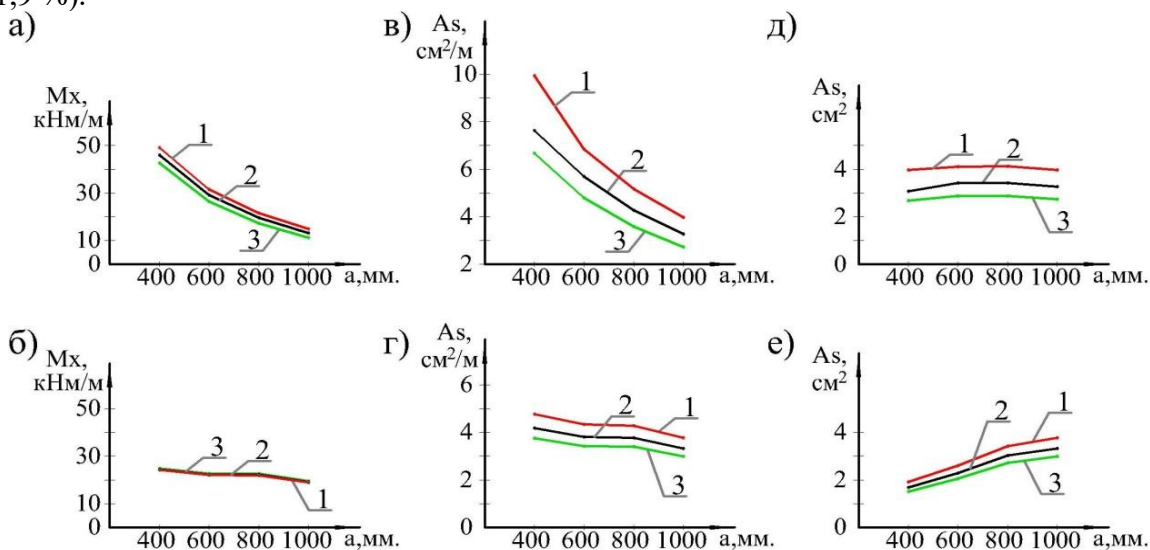


Рис. 3. Графики зависимостей $M_x(a)$, $As(a)$: а; в; д – на опоре 1-В (рис. 1); б; г, е – в середине пролета 1-2 сеч. 1-1 (рис. 1); 1 – толщина перекрытия 180 мм; 2 – то же 200 мм; 3 – то же 220 мм

На рис. 4 в виде трехмерных гистограмм представлены результаты армирования приопорного участка перекрытия площадью 1 м², полученные при помощи вычислительного комплекса для плиты толщиной 200 мм. Значения на гистограммах имеют размерность (см²) и отражают суммарные площади продольного опорного армирования вдоль буквенных осей, приходящегося на ширину перекрытия, равную размеру «а» КЭ. При создании гистограмм для КЭ, не входящих в рассматриваемый приопорный участок целиком, производился пересчет интенсивности армирования (см²/п.м.) в суммарную площадь поперечного сечения арматуры (см²) не по размеру «а» КЭ, а по длине стороны КЭ, входящей в участок.

Анализ усилий и подобранной расчетным путем арматуры показал следующее:

1. Интенсивность рабочей арматуры (см²/п.м.) на действие изгибающих моментов пропорциональна величине этих моментов и падает с увеличением размеров КЭ (рис. 3, в).
2. Величина изгибающих моментов на опоре 1-В растет с уменьшением толщины перекрытия. Так, моменты в плите толщиной 180 мм в среднем на 20-25 % больше, чем в плите толщиной 220 мм (рис. 3, а) независимо от размеров КЭ. Влияние изменения толщины плиты на величины изгибающих моментов в пролетах и на опорах 2-В и 3-В несущественно (до 3,1 %). Однако, как и следовало ожидать, армирование плиты, в большей степени

зависящее от рабочей высоты сечения (толщины плиты), отличается для плит толщиной 180 мм и 220 мм на опорах до 32,9 %, а в пролетах до 21,4 % (рис. 3, в и рис 3, г).

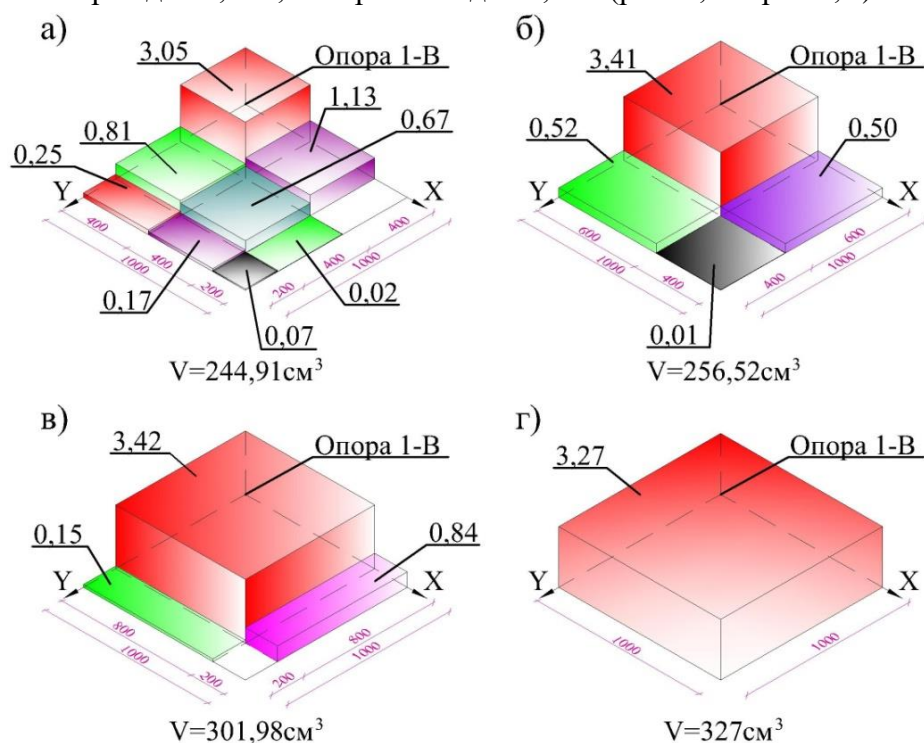


Рис. 4. Распределение площадей сечения рабочей продольной арматуры перекрытия на опоре 1-В:
 а – КЭ 400×400 мм; б – КЭ 600×600 мм; в – КЭ 800×800 мм; г – КЭ 1000×1000 мм

3. С увеличением размера КЭ степень влияния толщины перекрытия на величину расчетной интенсивности армирования снижается (рис. 3, в). Если при размерах КЭ 400×400 мм требуемая интенсивность опорной арматуры для перекрытия толщиной 180 мм составила 9,94 см²/п.м., а толщиной 220 мм 6,68 см²/п.м. (разница 32,8 %), то для КЭ размерами 1000×1000 мм, соответственно 3,97 см²/п.м. и 2,73 см²/п.м. (разница 31,2 %).

4. Суммарный объем рабочей продольной арматуры, приходящийся на приопорный участок перекрытия площадью 1 м², возрастает на 25% при увеличении размеров КЭ с 400×400 мм до 1000×1000 мм (рис. 4).

ЛИТЕРАТУРА:

- СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции [Основные положения] – Москва. 2019г. – 124 с.
- Ромашкина М.А., Титок В.П. Под редакцией академика РААСН Городецкого А.С. Программный комплекс ЛИРА-САПР®. Руководство пользователя. Обучающие примеры. Электронное издание, 2018г. – 254 с.
- Карпиловский В.С., Криксунов З.З., Маляренко А.А., Фиалко С.Ю., Перельмутер А.В., Перельмутер М.А. SCAD Office. Версия 21. Вычислительный комплекс SCAD++. Обучающее пособие. М., 2015 г. – 850 с.
- Меркулов А.А., Карякин А.А. Расчетные модели многоэтажных каркасных зданий из сборных железобетонных конструкций с учетом податливости соединений (узлов сопряжения) // Строительная механика и расчет сооружений. – М.: НИЦ «Строительство», 2008. – № 2. – С. 44–49.
- Константинов И.А., Лалин В.В., Лалина И.И. Строительная механика. Применение программы SCAD для решения задач теории упругости. Учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2005 г. – 73 с.

USING BIM TO IMPROVE ENERGY PERFORMANCE OF THE BUILDINGS

The construction sector is one of the most energy-consuming economic sectors in addition to its contribution to the annual increase in greenhouse gas emissions [1]. The researchers concluded the benefits of using BIM technology in the construction industry to improve decision making and facility management [2, 3]. The amount of energy consumed annually in buildings for heating and cooling purposes in order to secure a suitable interior for users cannot be ignored [4]. According to [5], the researchers conducted that through the use of BIM technology, it will be possible to improve the sustainability of buildings by applying different scenarios starting from the initial design stages of the project. In one study [6], researchers confirmed that the use of BIM contributed to better material selection, which in turn contributed to reducing the amount of energy consumed by 31% in addition to reducing the life cycle cost by 28%. In another study [7], the researchers explained the importance of BIM technology in improving the efficiency of assets in terms of energy consumption as well as identifying the gaps and requirements needed to solve them. Researchers developed a method obtaining the best building design by the use of BIM, which contributed to reduction of energy amount consumed by lighting and thus decreasing costs during the building operation phase [8].

Objective of this research paper is to find ways to improve the energy performance of the House of Scientists building in Lesnoye (which is located in the campus of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University) by using BIM technology.

The House of Scientists building is a two-story stone building which was built in the southern part of Polytechnic Park in 1926. Our work can be divided in the following steps:

1. Collecting data. In this step we tried to get all required information about the buildings such as available CAD drawings, besides making some visits to the location since there are some changes already done in the building, furthermore we used BIM to insert the data related to materials' properties.

2. Creating BIM model. This step represents the beginning of modelling process by using the data collected in the previous step. To create this BIM model, it was decided to use Autodesk Revit 2021. The changes done in the last few years had also been taken into consideration in order to create as built BIM model including engineering systems (MEP model) as it had been shown in Fig. 1. In Fig. 2 the materials of the walls are shown.

3. Creating energy model of the building. To implement this step, it is mandatory to prepare the model through checking the thermal properties of the building elements such as doors and windows besides activating rooms' volumes to take into consideration through energy calculations. This energy model was created using Insight plug-in which is available to be installed inside Autodesk Revit 2021.

After conducting the steps mentioned before, an energy model for the building was established. Insight plug-in allowed creating several scenarios in order to find the best solution that provides the best energy performance of the building. This can be done through changing several parameters related to windows, doors, etc., and in this case, we will have a comparison between all scenarios. In this work three different scenarios were created. The first scenario is according to the original data we have. The other two scenarios were done after changing parameters related to windows and doors. The final result of the comparison is shown in Fig. 3. Fig. 4 represents the flowchart of our work in this research paper.

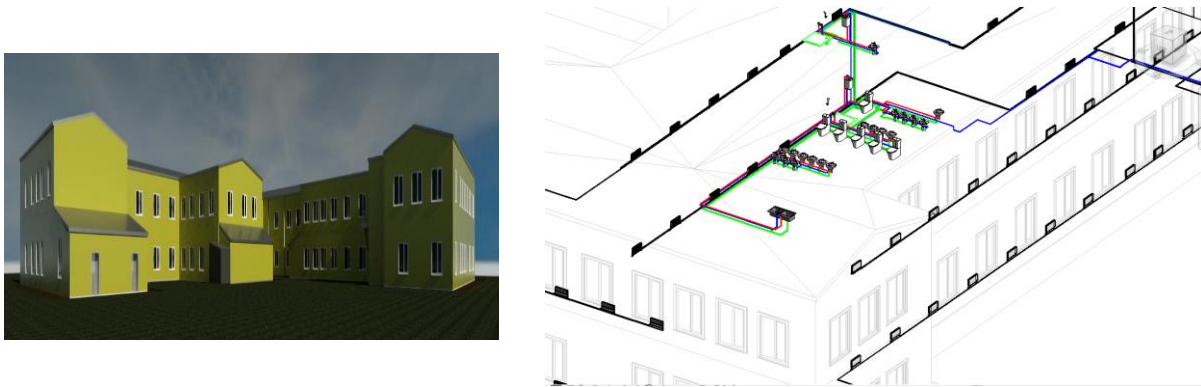


Fig. 1. 3D views of the building model including engineering systems

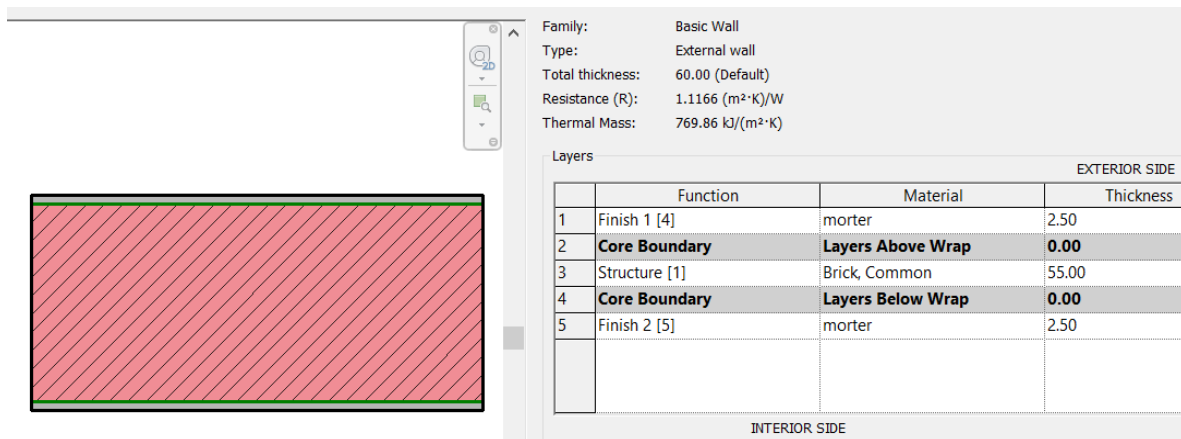


Fig. 2. Materials of the wall

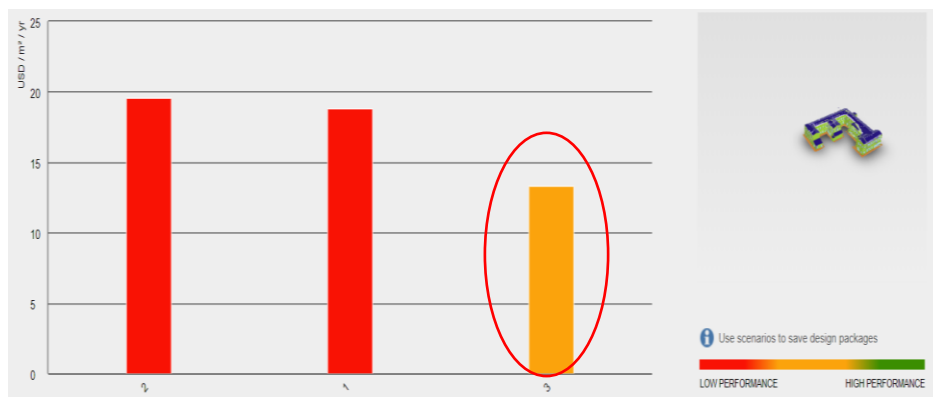


Fig. 3. The comparison of the three scenarios by Insight plug-in

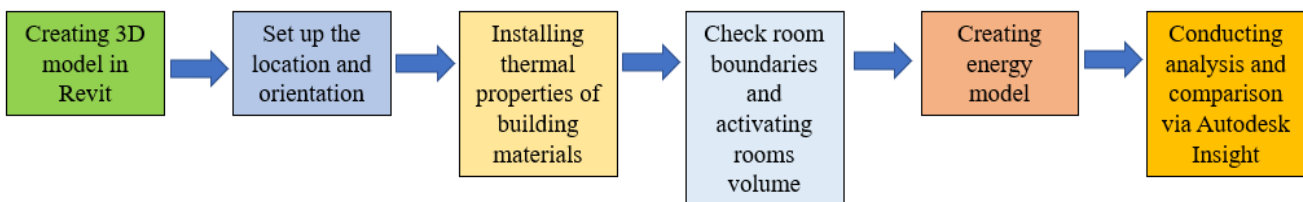


Fig. 4. Flowchart of the work in this research paper

According to our work, we can conclude the following points:

1. In this research, a 3D building model was created based on archived drawings, in addition to noticing some differences between these drawings and the current state of the asset such as demolishing some windows, so we recommend using laser scanning technology that will contribute to making the modeling process easier and more accurate in such cases.

2. The third scenario of the energy model provided the best benchmark of the building which is 13.3 USD/m²/year according to ASHRAE 90.1 in which the acceptable value should be less than 14.8 USD/m²/year. In the third scenario we decided to increase thickness of glass for windows to decrease heat losses besides changing the color of the glass. The other two scenarios have significantly high values which are more than 19 USD/m²/year and this is absolutely not acceptable.

3. It is obvious that using of BIM technology effectively contributed to improving the energy performance of this building. This method can be also used in the planning phase of new assets to choose the best design, building materials, and orientation to get building with a high energy performance.

REFERENCES:

1. Dixit M.K., Culp C.H., and Fernández-Solís J.L. System boundary for embodied energy in buildings: A conceptual model for definition. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 21, pp. 153–164, May 2013, doi: 10.1016/j.rser.2012.12.037.
2. Roumyeh M. and Badenko V. Benefits of Using Digital Twins for Facility Management. *Week Sci.*, pp. 291–293, 2021.
3. Roumyeh M. and Badenko V. Integrating BIM and GIS to move towards CIM, in IV International Conference «BIM in Construction & Architecture» (BIMAC 2021), 2021, pp. 14–26, doi: 10.23968/BIMAC.2021.002.
4. Peupartier B., Thiers S., and Guiavarch A. Eco-design of Buildings Using Thermal Simulation and Life Cycle Assessment. *J. Clean. Prod.*, vol. 39, pp. 73–78, Jan. 2013, doi: 10.1016/j.jclepro.2012.08.041.
5. Carvalho J.P., Bragança L., and Mateus R. Guidelines for analysing the building energy efficiency using BIM, *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 588, no. 2, p. 022058, Nov. 2020, doi: 10.1088/1755-1315/588/2/022058.
6. Kharazi B.A., Alvanchi A., and Taghaddos H. A Novel Building Information Modeling-based Method for Improving Cost and Energy Performance of the Building Envelope. *Int. J. Eng.*, vol. 33, no. 11, pp. 2162–2173, Nov. 2020, doi: 10.5829/ije.2020.33.11b.06.
7. Alhamami A., Petri I., Rezgui Y., and Kubicki S. Promoting Energy Efficiency in the Built Environment through Adapted BIM Training and Education,” *Energies*, vol. 13, no. 9, p. 2308, May 2020, doi: 10.3390/en13092308.
8. Liu S. and Ning X. A Two-Stage Building Information Modeling Based Building Design Method to Improve Lighting Environment and Increase Energy Efficiency. *Appl. Sci.*, vol. 9, no. 19, p. 4076, Sep. 2019, doi: 10.3390/app9194076.

УДК 69.04

П.В. Крылова
Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ РАМНОЙ ОПОРЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ

Ветроэнергетическая установка (ВЭУ) – это комплекс взаимосвязанного оборудования и сооружений, предназначенный для преобразования энергии ветра в другие виды энергии (электрическую, механическую, тепловую и т.д.). Такие установки могут быть использованы для обеспечения энергией промышленных, частных, государственных и других объектов строительства. Таким образом, ветрогенераторы способны обеспечить беспрепятственную работу как малых, так и больших производственных комплексов [1].

Цель работы – проектирование и расчет пространственной опорной рамы для устройства ветрогенераторов с целью преобразования энергии ветра в электрическую энергию, способную обеспечить нормативную освещенность участка автомобильной дороги, расположенного в прибрежном районе Санкт-Петербурга.

Задачи:

1. Проектирование опорной рамы.
2. Расчет нагрузок от действия ветрогенераторов.

Для достижения поставленной цели был предложен вариант опорной рамы П-образной конфигурации, состоящей из идущих друг за другом четырех ферм с шагом 2100 мм (рис. 1). Геометрические параметры конструкции сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Геометрические параметры рамной опоры П-образной формы

Марка рамы	$L, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	Опорная стойка		Рамный ригель		n	Масса, т
			$\varnothing, \text{ мм}$	$s, \text{ мм}$	$\varnothing, \text{ мм}$	$s, \text{ мм}$		
РМП 2/8x16	15,75	6,60	219	8	180	8	9	2,940

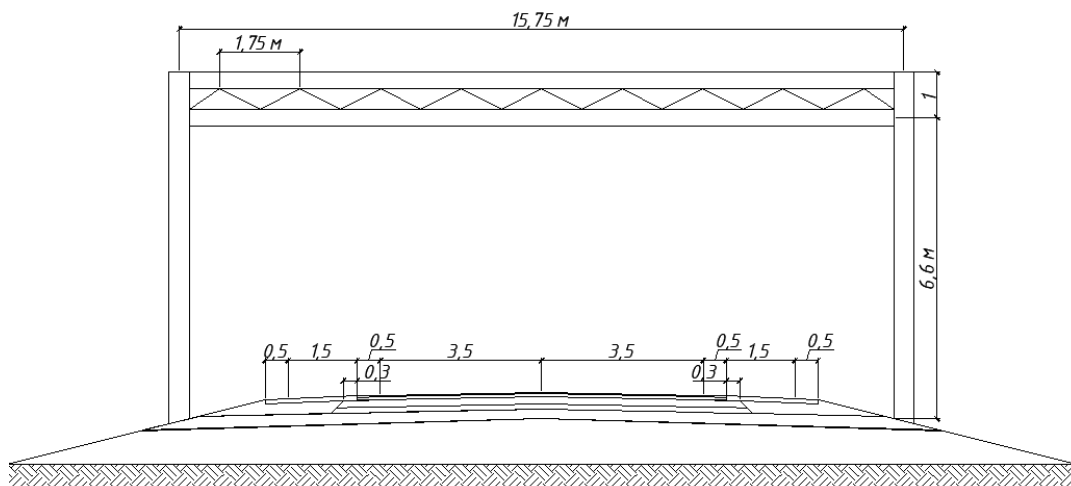


Рис. 1. Схема расположения рамы над автомобильной дорогой

Ветроэнергетические установки планируется установить поверх рамы в шахматном порядке. Общее количество ветрогенераторов – 8 (рис. 2). Технические характеристики сведены в таблицу 2.

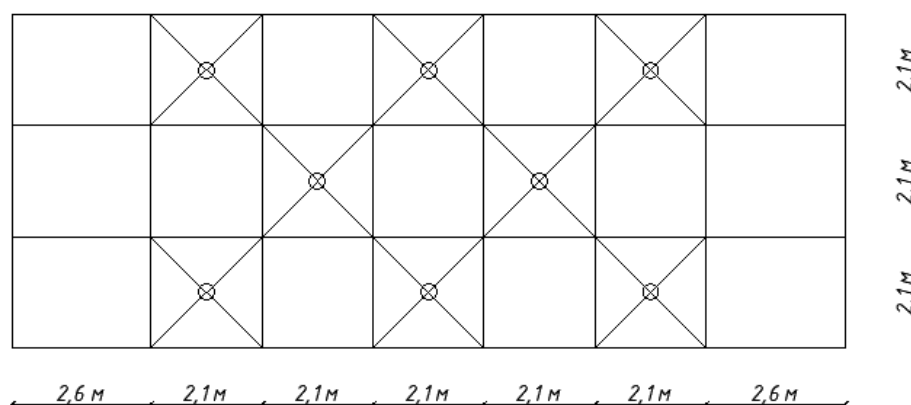


Рис. 2. Схема расположения ветрогенераторов на раме (вид сверху)

На запроектированную конструкцию действуют два вида нагрузок: статические и динамические. К первым можно отнести постоянные нагрузки (вес фермы) и кратковременные (атмосферные и технологические нагрузки, то есть вес ВЭУ) [2].

Таблица 2 –Технические характеристики ветрогенератора

Номинальная мощность / максимальная мощность, кВт	2,0/2,5
Начальная скорость ветра, м/с	2,8
Номинальная скорость ветра, м/с	11
Рабочая скорость ветра, м/с	3–25
Длина лопастей, м	3,65
Диаметр ротора лопастей, м	2,3
Материал и кол-во лопастей, шт.	FRP/3
Масса мельницы, кг	285
Подметенная площадь, м ²	8,395
Высота башни, м	2
Номинальная скорость, об/мин.	160
Пусковой момент, Н·м	< 0,3
Дополнительное напряжение, В	24-380

Динамические нагрузки – это нагрузки, изменяющиеся во времени по величине и направлению и вызывающие в сооружении переменные во времени напряжения, деформации и перемещения. Такие нагрузки подразделяются на гармонические и периодические [3].

Ветроэнергетические установки – это машины, характеризующиеся непостоянным действием разной интенсивностью. Следовательно, нагрузки от работы ветрогенераторов можно отнести к динамическим периодическим.

Периодические возмущающие нагрузки, передающиеся на поддерживающую конструкцию ветрогенератором, следует определять при следующих режимах:

- а) при рабочем режиме машины;
- б) при прохождении через резонанс ветрогенераторов в режимах пуска или остановки машины.

Выбранные ветрогенераторы имеют следующие расчетные показатели, принимаемые по табл. 5, 6, 8 и 12 из [4]:

- характер динамического воздействия – II тип;
- характер продолжительности динамической нагрузки – 1 группа;
- категория динамичности – II (средняя);
- класс машин по чувствительности к колебаниям – IV.

Расчет выполнен по методике [5].

Амплитуда отдельной гармоники определяется по формуле (4.5) из [5]:

$$R = R_0 m_1 \lambda = 0,282 \cdot 8 \cdot 0,87 = 1,96 \text{ Т},$$

где R_0 – амплитуда горизонтальной инерционной силы одного ветрогенератора; m_1 – количество ветрогенераторов; $\lambda = 0,87$ – коэффициент синфазности, определяемый по рис. 2 [4].

Для рабочего режима машины рассчитывается следующее.

Амплитуду отдельной гармоники в случае периодической нагрузки, передающейся на конструкцию, рекомендуется определять по формуле (4.12) из [5]:

$$P = \frac{R}{\alpha^2 - 1} = \frac{1,96}{1,85^2 - 1} = 0,8 \text{ Т},$$

где P – амплитуда отдельной гармоники, передающейся через ветрогенераторы на поддерживающую конструкцию; R – амплитуда отдельной гармоники, развиваемой машиной

и действующей на виброизолируемую установку; $\alpha = \frac{\omega}{p_y} = \frac{N\pi}{p_y 30}$ – отношение круговой частоты вынужденных колебаний (возмущающей нагрузки) к круговой частоте собственных колебаний; N – число оборотов главного вала машины в минуту.

Для режима пуска или остановки машины выполняется следующий расчет. Нагрузку при переходе через резонанс определяем по формуле (4.13) из [5]:

$$P = \bar{\mu} R \frac{\bar{\omega}^2}{\omega^2} = 1,96 \frac{250^2}{502^2} = 0,5 \text{ Т,}$$

где $\bar{\omega}$ – круговая частота; R , ω – амплитуда и круговая частота гармонической нагрузки в рабочем режиме; $\bar{\mu}$ – коэффициент передачи, определяемый по рис. 4.3 [4].

Выводы:

1. В качестве математической расчетной модели выбрана металлическая сварная рама П-образной конфигурации.

2. Нагрузка, возникающая от работы ветрогенераторов, является периодической вибрационной. Для ее расчета необходимо рассмотреть два случая: рабочий режим машины и режим пуска/остановки машины.

3. В ходе проведенных расчетов получены следующие данные:

- амплитуда динамической нагрузки в рабочем режиме – 0,8 Т.
- амплитуда динамической нагрузки в режиме пуска/остановки машины – 0,5 Т.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ Р 51237-98. Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Термины и определения.
2. СТО 05765820-011-2018. Опоры рамные металлические для установки информационно-указательных знаков над проезжей частью – Технические условия
3. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия
4. Инструкция по расчету несущих конструкций промышленных зданий и сооружений на динамические нагрузки // Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций им. В.А. Кучеренко
5. СП 413. 1325800.2018. Здания и сооружения, подверженные динамическим воздействиям. Правила проектирования

УДК 697.1

О.В. Цветкова, И.В. Ямшанов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ НАРУЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В настоящее время все большее значение при проектировании и строительстве зданий уделяется энергоэффективности – мероприятиям, которые направлены на снижение потребляемой тепловой энергии зданиями, достаточной для поддержания требуемых параметров микроклимата. Энергоэффективные дома позволяют тратить малое количество тепловой энергии.

Существенная часть тепла из здания уходит через его наружную оболочку, большую часть которой занимают стены с оконными проемами. Высокие теплоизоляционные качества конструкций стен – один из основных вопросов, возникающих на этапе проектирования здания.

Цель работы: анализ современных материалов и конструкции стен и остекления для санаторно-курортной базы на берегу Дудергофского озера, которые позволят сократить расходы на электроэнергию и тепловые ресурсы.

Энергоэффективность здания зависит от множества параметров, которые необходимо предусмотреть перед его возведением. В противном случае подбор энергосберегающих конструкций оболочек стен в общем объеме будет иметь мало значения. Рассмотрим эти параметры.

Общий объем и форма здания: компактная конструкция – чем больше наружная поверхность здания при одинаковом объеме его помещений, тем выше потери тепла. В связи с этим следует избегать различных выступов и ниш.

Ориентация на стороны света: для повышения энергосбережения здания расположение окон относительно сторон света должно быть таким, чтобы большая их часть была направлена на юг; расположение необогреваемых пристроек на северной стороне здания.

Теплоизоляция всех наружных преград (пола нижнего этажа, стен и крыши), они должны характеризоваться низким коэффициентом теплопередачи [1].

Должна быть грамотно запроектирована система механической вентиляции.

В настоящее время строительные технологии энергоэффективных конструкций подразумевают многослойность. Чтобы отвечать нормам по энергосбережению, необходимо возводить объекты на основе многослойных конструктивных решений, где каждому слою отводится своя роль – несущей функции, утепления сооружения, функции декора и защиты от внешних воздействий.

Существует множество современных материалов, в значительной степени заменяющие несколько отдельных слоев конструкции, например, теплоэффективные композитные блоки. Такие теплоблоки обладают высокими энергосберегающими и водостойкими показателями, они являются аналогами пирога стены, где первая прослойка необходима для увеличения несущей способности стены (керамзитобетон), вторая – утеплитель (пенополистирол), а затем слой, запирающий слой утеплителя и являющийся основой для отделочной внешней прослойки (фактурный слой из искусственного камня).

Одна из главных задач при выборе конструкции и состава пирога стен – предотвратить появление мостиков холода. В этих местах тепло уходит наружу значительно интенсивнее, чем в других – балконы, выполненные одной сплошной плитой вместе с перекрытием, оконные откосы или стыки между наружными стенами. [2]. Если состав стены подразумевает трехслойную конструкцию, то внутренний и наружный слои должны быть связаны между собой жесткими или гибкими связями. С позиции теплотехники, эти связи могут являться мостиками холода [3]. Наиболее подходящий вариант, с точки зрения снижения теплопотерь в мостиках холода, – применение стеклопластиковых связей. Стеклопластик – наиболее перспективный материал для гибких связей, обладающий низкой теплопроводностью, высокой химической и деформационной стойкостью и прочностью.

В настоящее время на рынке имеются и такие инновационные теплоизоляционные материалы как жидкая, вакуумная теплоизоляция, аэрогель, имеющие очень низкие коэффициенты теплопроводности. Благодаря таким материалам возможно уменьшение толщины слоя утеплителя, что в дополнение позволит сэкономить и площадь помещений. Такие материалы она экологичны, огнестойки и долговечны [4].

Одним из наиболее важных факторов, влияющих на потребление домом энергетических ресурсов, является его расположение относительно сторон света – основная световая энергия проникает через стекла окон, нагревая помещения. Для снижения потерь тепла используются энергосберегающие стекла, они защищают помещения от перегрева, и не выпускают нагретый теплый воздух наружу. Для этого стеклопакеты изготавливают с заполнением инертным газом или специальными покрытиями. Тонкий металлизированный слой пропускает видимые лучи солнечного света и задерживает тепловые лучи, отражая их из помещения обратно во внутрь его. Энергосбережение оконных проемов достигается также и путем увеличения количества камер, улучшения качества монтажа [5].

Летом избежать чрезмерной жары возможно при использовании специального покрытия стекол или автоматических систем затемнения, свесов крыш, козырьков, зеленых насаждений. Их расположение должно быть таким, чтобы прямые солнечные лучи попадали в окна только при низком положении солнца (в зимнее время). При этом необходимо помнить, что для создания комфортного микроклимата во всех помещениях должно быть обеспечено проветривание, для чего необходимо грамотно запроектировать системы вентиляции. К сожалению, большинство инновационных энергоэффективных технологий и материалов из-за высокой стоимости и малой доступности только начинают использоваться на территории нашей страны. Но несмотря на то, что на момент строительства энергоэффективные решения дороже стандартных, такие здания значительно экономичнее в процессе обслуживания [6].

В данной работе рассматриваются возможные решения для санаторно-курортной базы. Она проектируется в ходе разработки проекта комплексного формирования и ландшафтной организации территории части береговой линии Дудергофского озера. Участок для проектирования расположен в Красном селе г. Санкт-Петербург недалеко от системы Дудергофских высот. Энергоэффективные решения принимались в соответствии с выбранной стилистикой базы. В архитектуре зданий должна прослеживаться стилистическая идентичность: высота зданий не более трех этажей, форма в виде многогранника, отделка цоколя камнем. Предусматривается облицовка фасадов под дерево, что будет напоминать русский брусчатый дом.

Для выбора конструкций коттеджных домов для одной, двух и трех семей был проведен сравнительный анализ клееных деревянных конструкций и теплоблоков, так как для данных построек могут быть применены схожие по свойствам материалы и конструкции. Были рассмотрены их преимущества и недостатки, в виду экономической целесообразности в качестве ограждающих конструкций стен приняты теплоблоки. Для отделки предусмотрено применение блок-хаусов – отделочного материала, представляющего собой обработанное антисептиком и лаком бревно, поделенное вдоль пополам. Крепление к фасаду производится плоской стороной за счет паз-шипов по сторонам.

Для коттеджных домов, предназначенных для двух и более семей, предусмотрены многослойные звукоизолирующие акустические перегородки для снижения проницаемости звука и обеспечения комфорта проживающих. Приняты каркасно-обшивные перегородки из трех слоев: гипсокартонного листа, звукоизоляционной панели и звукопоглощающей плиты. Они просты в монтаже и не оказывают большого давления на опоры. При необходимости возведения несущих конструкций они будут состоять из пеноблоков, панели ЗИПС-модуля и облицовочного гипсокартонного листа.

В качестве остекления приняты энергоэффективные двухкамерные стеклопакеты с климат-контролем – клапаном, который позволяет проветривать пространство при закрытом окне, при этом воздух автоматически поступает в помещение, обеспечивая микропроветривание. Они обеспечивают хорошую тепло- и звукоизоляцию, обладают защитой от перепадов температур, устойчивы к механическим повреждениям. При помощи ламинации предусмотрено применение цвета, имитирующего дерево.

Конструкция кровли для коттеджных домов – принята энергосберегающая наклонная зеленая. Гидроизоляционный слой находится под слоем утеплителя непосредственно на поверхности покрытия основания, выполняя одновременно роль пароизоляции. Такая конструкция кровли позволяет предохранить гидроизоляционный слой от воздействия резких перепадов температуры, циклов замораживания-оттаивания, механических повреждений. Принята следующая схема конструкции зеленой кровли: основание, битумно-полимерная кровельная мембрана с противокорневой защитой, теплоизоляция, разделительный слой (геотекстиль), дренажная профилированная мембрана, фильтрующий слой (геотекстиль), плодородный слой с зеленым ковром. Уклон кровли рассматриваемых зданий более 12°, поэтому предусмотрено устройство поперечных фиксаторов – георешеток, которые будут сдерживать почву.

Таким образом, при проектировании здания важнейшим этапом является грамотный подбор энергосберегающих ограждающих конструкций. Для санаторно-курортной базы у Дудергофского озера в качестве конструкции стен для типовых гостевых домов планируется применение теплоизоляционных блоков с использованием арматурных стеклопластиковых стержней. В качестве остекления – энергосберегающих стеклопакетов с металлизированной тонировкой на окнах. Принята теплая кровля с устройством на ней зеленого ковра. Предусмотрены звукоизолирующие стены и перегородки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Мусорина Т.А., Гамаюнова О.С., Петриченко М.Р. Обоснование конструктивных мероприятий по увеличению энергоэффективности стеновых ограждений // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. № 11 (110). с. 1269–1277.
2. Чередниченко Т.Ф., Пушкалева Н.А. Современные технологические решения строительства энергоэффективных зданий // Инженерный вестник Дона, № 3, 2018, с. 101.
3. Кирюдчева А.Е., Шишкина В.В., Немова Д.В. Энергоэффективность ограждающих конструкций общественных зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений, N 5 (44), 2019, с. 19–30.
4. Васильева И.Л., Немова Д.В. Энергоэффективные материалы нового поколения в строительстве // Экология и строительство, № 4, 2018, с. 18–23.
5. Давыдова Е.И., Гнам П.А., Тарасова Д.С. Светопрозрачные конструкции и методы повышения их энергоэффективности // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 5. С. 112–128.
6. Захаров А.В., Сычкина Е.Н., Пономарев А.Б. Энергоэффективные конструкции в строительстве // Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017, с. 103.

УДК 69.059

О.В. Комарова, Н.В. Брайла

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЗДАНИЙ КАК ИНДИКАТОР КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИИ

Цель работы – установить связь между скоростью накопления физического износа зданий и качеством эксплуатации, что рассматривается как индикатор качества эксплуатации в отдельно взятом временном периоде. Для достижения поставленной цели были поставлены и решены следующие задачи: изучена эволюция системы ЖКХ в России, выявлены периоды ускоренного физического износа недвижимости и его причины, рассмотрен пример ускоренного накопления физического износа на конкретном объекте.

Нормативный срок службы, а также планирование капитальных ремонтов зданий и сооружений рассчитывается исходя из нормальных условий эксплуатации. Если условия эксплуатации не соответствуют учтенным при проектировании, то имеет место ускоренное или, наоборот, замедленное накопление физического износа объекта или его отдельных конструктивных элементов.

Условия эксплуатации зависят от многих факторов, но основной – это качество обслуживания зданий и сооружений. Рассмотрим период с 1918 г. до наших дней.

После революции, во время гражданской войны, жилье изымалось у бывших владельцев домовыми комитетами бедноты. В период с 1918 до 1922 года, по правовому акту Председателя Совета Народных Комиссаров РСФСР В. Ленина, в стране не взимали платы за жилые помещения, а также отменили плату за водоснабжение, водоотведение, газ и электричество. Но к 1921 г. власти были вынуждены перейти к новой экономической и жилищной политике, так как старая модель управления не позволяла организовать своевременное обслуживание зданий. Обязанности по ремонту и восстановлению разрушенных зданий возложены на сформированные жилищные товарищества [1].

Единая система взимания квартплаты была введена в 1928 году постановлением ЦИК и СНК СССР. В среднем она составляла 1-3% от семейного бюджета.

С 1937 г. эксплуатацией жилого фонда, текущим и капитальным ремонтом, учетом и контролем за сохранностью жилья, а также ликвидацией аварий занимались районные жилищные управления (РЖУ), находившиеся в составе исполкомов. При этом РЖУ осуществляло свои функции через подчиненные структуры – жилищно-эксплуатационные конторы (ЖЭК).

Согласно действующей в то время нормативной периодичности, регулярно проводились ремонтные работы. Эксплуатация домов велась непрерывно по ряду объектов одного года постройки. Чтобы подтвердить необходимость проведения ремонтных работ, определяли техническое состояние объекта в ходе периодических мониторингов.

Проанализировав нормативные документы тех лет, такие как «Правила и нормы технической эксплуатации жилищного фонда, утвержденные Минкоммунхозом РСФСР 1917-1992 г.» [2], можно выделить несколько главных задач эксплуатирующих организаций в то время:

1. Проведение планово-предупредительных ремонтов и мероприятий по повышению благоустройства существующих жилых зданий с постепенным изменением их планировки и конструкции до современных требований.

2. Проведение капитальных и текущих ремонтов и наладочно-регулирующих работ.

3. Проведение осмотров конструкций зданий, инженерного оборудования и элементов благоустройства.

4. Санитарная очистка.

5. Обеспечение достаточной освещенности мест общего пользования и придомовых территорий.

6. Инструктаж и контроль за использованием помещений и эксплуатацией оборудования.

Интересен тот факт, что работниками ЖЭКов, совместно с общественностью, контролировалось эмоциональное состояние жителей на предмет удовлетворения их насущных потребностей.

Такая структура ведения эксплуатации позволяла поддерживать жилой фонд в удовлетворительном состоянии и экономить государственные средства за счет принципов поточности и своевременности проведения ремонтных мероприятий.

С распадом СССР ситуация в ЖКХ резко изменилась: сократился объем капитального ремонта зданий и систем, ремонты выполнялись по остаточному принципу. В период с 1990 по 2001 годы зафиксирован значительный рост скорости накопления физического износа зданий. В эти годы с целью проведения коренных преобразований в сфере ЖКХ вносятся изменения в отношении прав собственности. Вследствие принятия в 1991 году закона «О приватизации жилищного фонда в РСФСР» и в 1992 году «Об основах федеральной жилищной политики», государственное жилье передается в муниципальную и частную собственность, многие объекты требуют срочных ремонтных мероприятий.

В 1996 году департаменты ЖКХ при местных администрациях были реорганизованы в Дирекции единого заказчика. В этом же году был принят закон о внедрении новой формы управления многоквартирными домами (МКД) – товарищества собственников жилья (ТСЖ).

Впрочем, ТСЖ не имели широкого распространения, к 1999 г. под управлением ТСЖ было менее 1% жилого фонда. Ситуация изменилась лишь в 2003, когда муниципалитеты начали создавать товарищества, чтобы ускорить процесс перехода ответственности за эксплуатацию зданий жильцам. В этот же период чаще стали наблюдаться негативные тенденции – мошенничество и хищение средств собственников.

Стабилизация экономической ситуации в стране и проведенные преобразования в ЖКХ дали свои плоды – с 2001 г. рост доли ветхого жилья замедлился. Конечно, на ситуацию повлияли и растущие темпы жилищного строительства. Тем не менее, по данным исследований к 2010 г. ветхого и аварийного жилья стало больше на 30% по сравнению с 1990 г. (рис. 1) [3].

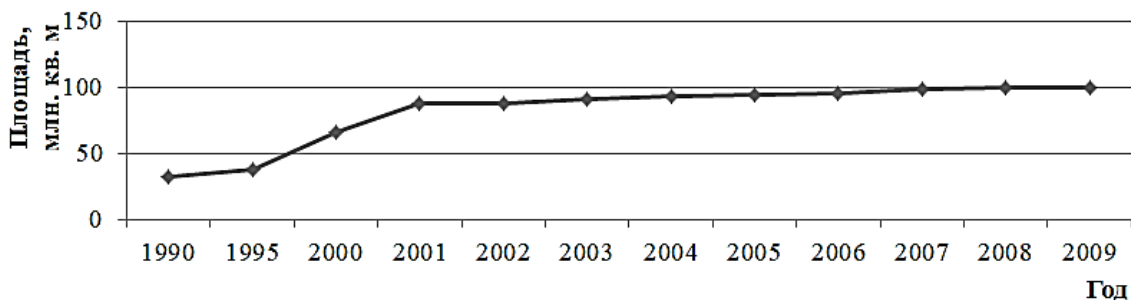


Рис. 1. Темпы роста объемов аварийного и ветхого жилого фонда, млн м²

В 2004 году принимается Жилищный кодекс РФ [4], в котором предлагалась новая форма гражданско-правового договора – договор об управлении МКД. Ожидалось, что к началу 2007 года владельцы будут иметь возможность отказаться от Дирекции единого заказчика и выбрать 1 из 3-х разновидностей управления: непосредственное управление собственниками помещений в МКД; ТСЖ либо ЖК или иным специализированным потребительским кооперативом; управление управляющей компанией (УК). Однако, к 2007 году менее 10% жилого фонда было под управлением ТСЖ и УК, большинство домов оставались под централизованным управлением.

Из исследования В. Е Серикова «Анализ современного состояния ЖКХ в России» [5], можно сделать несколько выводов. В период с 2005 по 2017 показатели рентабельности предприятий работающих в сфере ЖКХ положительные; финансовый результат увеличился; динамика индекса производства услуг характеризует снижение объёмов в 2015 по сравнению с 2005 годом. При этом тариф на услуги ЖКХ, растут с каждым годом, что приводит к напряженности среди потребителей услуг.

По данным ГИС ЖКХ в настоящее время большинством зданий в РФ находятся под управлением управляющими организациями, по данным на 13.03.2022 г. в Системе по РФ размещены 948 792 (94.01%) МКД (рис. 2).

Рассмотрим ускоренное накопление физического износа в результате ненадлежащей эксплуатации на примере здания 1908 года постройки (рис. 3).

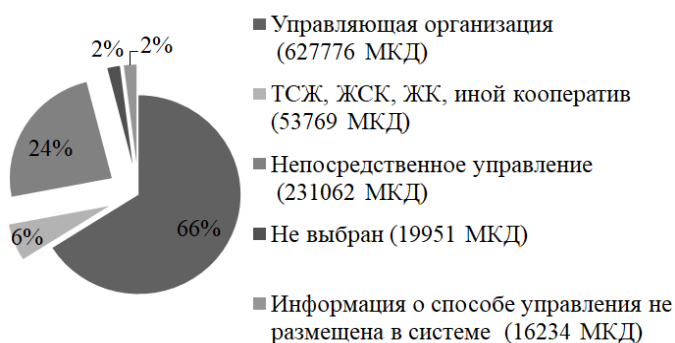


Рис. 2. Способы управления МКД (ГИС ЖКХ РФ)



Рис. 3. Здание по адресу: г. Санкт-Петербург, ул. Моисеенко, д.10, лит. А

Из технического паспорта объекта известно, что в 1999 г. физический износ составлял 47%, что соответствует ограничено-работоспособному техническому состоянию, то есть требуется проведение ремонтных мероприятий.

Однако, при оценке технического состояния в 2012 г. выявлены серьезные дефекты, свидетельствующие об аварийности: значительные трещины на участках сопряжения

капитальных стен; трещины в кладке под опорными зонами балок; отклонение стен от вертикали до 186 мм. В 2021 г. здание было снесено.

Таким образом, в работе рассмотрено изменение технического состояния зданий и скорости накопления физического износа в зависимости от качества (условий) эксплуатации. В свою очередь качество эксплуатации обуславливается организационной схемой структур ЖКХ и объемами финансирования. С этой точки зрения, изменение скорости накопления совокупного износа фонда объектов недвижимости может трактоваться как один из индикаторов общего экономического благосостояния на заданной территории.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кириллова Е.А. НЭП и новая жилищная политика: от домкомбедов – к жилтовариществам: (Петроград, начало 1920-х гг.) // Вестник РГГУ. – 2014. – №19 (141) – С. 53–65.
2. Постановление Госстроя РФ от 27.09.2003 №170 «Об утверждении Правил и норм технической эксплуатации жилищного фонда»
3. Шнейдерман И.М., Гришанов В.И., Гузанова А.К., Ноздрин Н.Н. Проблемы ветхого и аварийного жилья в России // Народонаселение. – 2019. – № 4. – С. 18–35.
4. Жилищный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 года № 188-ФЗ.
5. Серикова, В.Е. Анализ современного состояния ЖКХ в России // Молодой ученый. – 2018. – № 18 (204). – С. 368–371.

УДК 693.5

А.Л. Гусева, Я.А. Олехнович
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИСПЫТАНИЕ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПОЗИТНОЙ И МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ АРМАТУРЫ

Долговечность и эффективность являются основополагающими факторами в строительстве. Металлическая арматура с трудом может противостоять влажным и агрессивным средам, что ведет к образованию дефектов в пролетных строениях. Передовыми материалами, которые имеют большое будущее, являются композитные. Они имеют ряд преимуществ перед металлом, и позволяют возводить сооружения быстро и максимально экономно. Применение композитной арматуры вместо стальной в железобетонных конструкциях позволяет возводить более дешевые, но в то же время качественные сооружения.

Цель работы – испытание опытных образцов и по результатам испытания оценка эффективности применения композитных материалов в составе железобетонных конструкций. Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи исследования:

1. Анализ свойств доступных композитных материалов.
2. Испытание образцов со стальной и композитной арматурой, и сопоставление полученных результатов.

Композитная арматура – это неметаллические стержни из стеклянных или базальтовых волокон, которые пропитаны терморезистивным/термопластичным связующими и отверждены. Для увеличения сцепления с бетоном на основной стержень навивают ещё один пучок волокна, но меньшим диаметром [1].

Стеклопластиковая арматура наиболее распространена, в России насчитывается более 20 заводов по производству стеклопластиковой продукции [2]. Недостатком стеклопластика является низкий модуль упругости и диаметр до 20 мм [3].

Преимущества базальтопластиковой арматуры – это высокая стойкость против коррозии и малый вес. Срок эксплуатации составляет 80 лет. Масса композитной арматуры

значительно меньше стальной арматуры, и это сказывается при восстановлении несущих элементов, где увеличение массы элемента играет значительную роль. [4]. Недостатком является низкая пожаростойкость [5].



Рис. 1. Изготовление образцов

Испытания при нагрузках проводили для образцов со стальной и композитной арматурой. Изготовление образцов для проведения исследования проводили следующим образом. Было изготовлено 18 образцов, которые имитируют часть конструкции пролетного строения. В качестве арматуры были взяты стальные, стеклопластиковые и базальтопластиковые сетки с размерами ячеек 100×100 мм и 150×150 мм. В одном образце использовалась одна сетка, которая располагалась по центру. Образец каждого типа был изготовлен в трех экземплярах. Образцы имели квадратную форму 50×50 см и высоту 4 см. Бетон марки М500 заливался в деревянную опалубку наполовину, затем клали нужную арматуру и заливали вторую половину

бетонной смеси. Образцы выдержаны 28 суток до набора прочности бетона марки – В15. Температура воздуха в помещении составляла 19 °С. Образцы испытывали в соответствии с ГОСТ 8829-2018 [6]. Результаты испытаний представлены в Таблице 2.

Таблица 2 – Результаты испытаний образцов

№ п/п	Арматурная сетка, диаметр арматуры	Размеры сетки	№ образца	Нагрузка, кН		Среднее значение нагрузки, кН	
				Образование трещин	Полное разрушение	Образование трещин	Полное разрушение
1	Стальная, 5 мм	Одна сетка 100×100 мм	1	24,5	214	20,3	214,8
			2	19,5	219		
			3	17,0	211,5		
		Одна сетка 150×150 мм	1	22,0	216,5	21,06	219,8
			2	24,5	224		
			3	17,0	219		
2	Стекло-пластиковая, 6 мм	Одна сетка 100×100 мм	1	34,5	214	23,7	225,7
			2	17,1	224		
			3	19,5	239		
		Одна сетка 150×150 мм	1	24,5	239	19,8	252,3
			2	19,5	264		
			3	15,5	254		
3	Базальто-пластиковая, 6 мм	Одна сетка 100×100 мм	1	24,5	239	22,8	229
			2	14,5	219		
			3	29,5	229		
		Одна сетка 150×150 мм	1	19,5	219	24,5	239
			2	29,5	229		
			3	24,5	269		

Выводы: использование армирующих материалов в бетонных конструкциях играет важную роль. Испытания показали, что при равной прочности бетона образцов, армирование композитной арматурой (стеклопластиковой и базальтопластиковой) увеличивает стойкость

к трещинообразованию. Увеличение стойкости к трещинообразованию придает сооружениям, выполненным из бетона с применением композиционной арматуры, увеличение надежности и безотказности работы при эксплуатации, что позволяет искать новые пути снижения трудозатрат и материалоемкости в строительной отрасли.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Джанкулаев А.А., Баттаев Ш.А., Атабиев М.М., Безиров Т.Х., Чочуев А.А., Применение композитной арматура в строительстве // Вопросы науки и образования. 2018. №29(41). С. 129-130.
2. Кисляков К.А., Попугаев А.И. Основные проблемы внедрения композитной арматуры// Фотинские чтения. 2017. №1(7). С. 64–68.
3. Теплова Ж.С., Киски С.С., Стрижкова Я.Н. Стеклопластиковая арматура для армирования бетонных конструкций // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. №9(24). С. 49–70.
4. Алексеев С.В., Огурцов Г.Л., Трифонова А.А., Аверченко Г.А. Сравнение характеристик композитных материалов, применяемых в опорах мостовых сооружений. Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 237–239.
5. Коротков Л.И. Композитные материалы для армирования железобетонных конструкций мостов// Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2016. №1-2(204-205). С. 21–23.
6. ГОСТ 8829-2018. Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости; Москва: Изд-во стандартов, 2019. – 12 с.
7. Аверченко Г.А., Баланин А.П., Борисов В.А., Васильев К.А., Гуга Н.А. Использование жесткой нити в качестве несущего элемента покрытий больших пролетов. Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 227–229.
8. Аверченко Г.А., Борисов В.А., Васильев К.А., Баланин А.П., Гуга Н.А. Диагностика, испытания и контроль строящихся и эксплуатируемых мостов методом акустической эмиссии. Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. СПб.: Политех-Пресс, 2021. С. 229–231.
9. Аверченко Г.А., Борисов В.А., Васильев К.А. Оценка эксплуатационных свойств полимерных композиционных материалов по результатам экспресс-испытаний. В сборнике: Военно-инженерное дело на Дальнем Востоке России. Материалы V Всероссийской НПК. 2021. С. 29–31.

УДК 528.46

А.Е. Гнедая, О.С. Царёва

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СОСТАВЛЕНИЯ КАРТОГРАММЫ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Технология сбора полевых данных постоянно развивается и совершенствуется наряду с передовыми системами сбора, обработки и представления результатов. В данной работе будет произведен обзор способа ручного расчета картограммы земляных работ и этот же расчет, но выполненный в ПК Autodesk Civil 3D. Основное внимание при рассмотрении способов расчета картограммы земляных работ будет уделено точности и технологии.

Цель работы: выявление наиболее автоматизированного и точного способа для подсчета картограммы земляных работ. Для достижения цели сформулированы задачи:

- рассмотрение расчета «вручную» методом призм, выявление преимуществ и недостатков;
- проведение расчета в программном комплексе;
- выбор наиболее приемлемого варианта для составления картограммы земляных работ.

Расчет картограммы земляных работ ручным способом. Рассмотрим способы расчета по [1] на реальном участке методом треугольных, квадратных и трапециевидных призм. Размеры квадратов в плане 5×5 м. Для расчета объемов по призмам нужны знания формул [2].

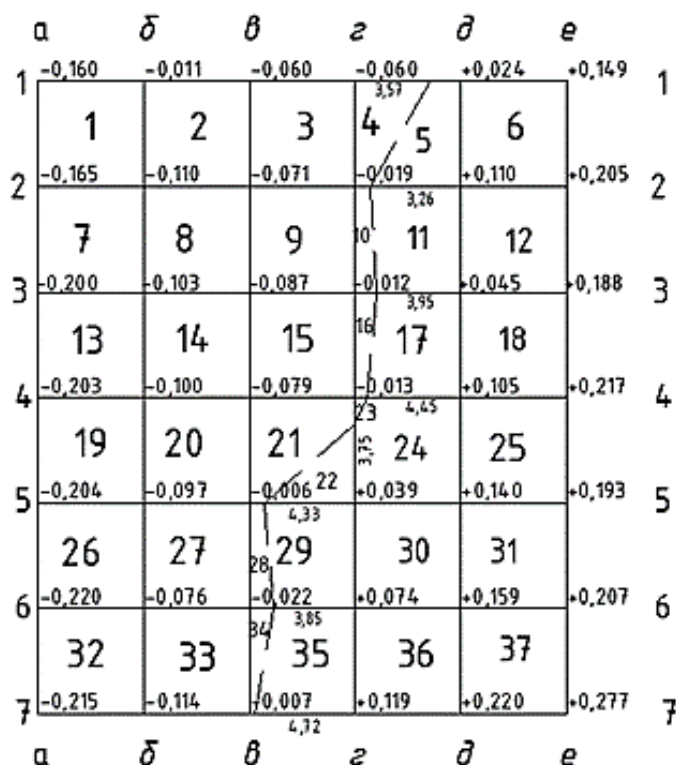


Рис. 1. Исходные данные

Объем выемки или насыпи в «чистых» призмах можно рассчитать по формулам:

– для треугольных призм:

$$\pm W_{в(н)} = \frac{ab \sum h_{1-3}}{3} \quad (1)$$

– для квадратных призм:

$$\pm W_{в(н)} = a^2 \frac{\sum h_{1-4}}{4} \quad (2)$$

– для трапециевидных призм:

$$\pm W_{в(н)} = \frac{(a+b)}{2} h \frac{\sum h_{1-4}}{4} \quad (3)$$

где a, b – стороны геометрически фигур, h – высота трапеции, $\sum h_{1-3}$ – сумма абсолютных значений всех рабочих отметок в вершинах фигур.

Выберем призмы с номерами 16, 17, 20, 21, 22 и проведем для них расчеты, используя формулы (1)–(3). Результаты запишем в таблицу 1.

Таблица 1 – Вычисление объемов земляных работ ручным способом

№ призм	Площадь основания призм	Рабочие отметки					Средняя рабочая отметка, м	Объемы, V м ³	
		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5		в выемке	в насыпи
1	2	3	4	5	6		7	8	9
16	4	-0,012	0	0	-0,013	-	-0,006	-0,025	
17	21	0	0,045	0,105	-0,013	-	0,034		0,719
20	25	-0,1	-0,079	-0,006	-0,097	-	-0,071	-1,763	
21	16,88	-0,079	-0,013	0	0	-0,006	-0,020	-0,331	
22	8,12	0	0,039	0	-	-	0,013		0,106

В описанном выше методе в смешанные треугольники входят как насыпи, так и выемки, что усложняет вычисления. Поэтому сначала находят баланс земляных работ для

каждого смешанного треугольника, при условии, что объемы насыпи и выемки для всего участка различаются не более чем на 5% [4].

Расчет объемов земляных работ в программном комплексе. Сегодня существует множество программ, которые помогают облегчить работу специалисту. Это САПР программы (системы автоматизированного проектирования). Для работы был выбран ПК AutoCAD Civil 3D [3].

Таблица 2 – Значения, полученные в программе, и расхождения

№ Призм	Площадь основания призм	Рабочие отметки					Объемы, $V \text{ м}^3$		Разница, %
		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	в выемке (-)	в насыпи (+)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	4	-0,01	0	0	-0,01	-	-0,023		4,2
17	21	0	0,04	0,1	-0,011	-		0,77	3,4
20	25	-0,1	-0,08	-0,01	-0,1	-	-1,86		2,7
21	16,881	-0,08	-0,01	0	0	-0,01	-0,29		6,6
22	8,11	0	0,04	0	-	-		0,12	6,4

Создадим поверхность, по координатам заданных нам точек с такой же разбивкой на квадраты 5×5 м и проведем вычисление объемов земляных масс [5]. Результаты представлены на рис. 2.

Рассмотрим расхождения для значений выемки и насыпи призм на примере 20 призмы. Значение, полученное ручным способом -1,763 (табл. 1). Значение из программы -1,86. Расхождение составляет 2,69% (табл. 2).

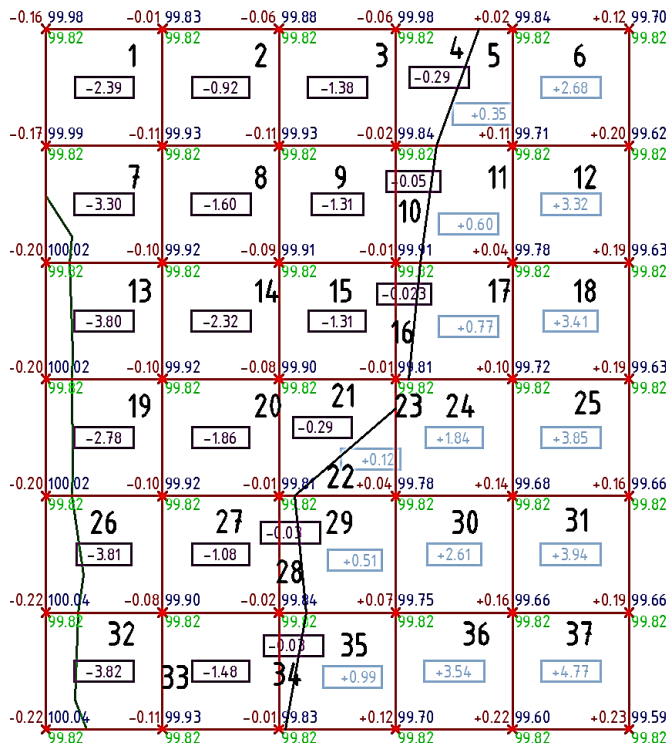


Рис. 2. Картограмма земляных масс в ПК Autodesk Civil 3D

Подводя итоги, можно сказать, что авторами были произведены расчеты картограммы земляных масс ручным способом и с помощью ПК AutoCAD Civil 3D. Расхождения в значениях насыпи и выемки присутствуют, но являются небольшими. Они могут быть вызваны округлениями, как программными, так и ручными. Следовательно, делаем вывод, что картограмма надежно вычисляет результат. Анализируя полученные результаты, можем сделать вывод, что программный метод является более автоматизированным, и, как следствие, менее время затратным.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федотов Г.А. Инженерная геодезия. – 2-е изд., исправл. – М : Высш. шк., 2004. – 463 с.
2. Анчугова Г.В., Зубова С.С. Вертикальная планировка горизонтальной площадки. Нивелирование по квадратам. Учебно-методическое пособие Екатеринбург, УГЛТУ 2016 – 16 с.
3. Подольский А.А., Богданов М.А. Сравнительный анализ геоинженерных САПР // Наука без границ – 2017 – №5 – 7 с.
4. Бикбулатова Г.Г. Уваров А.И. Способы определения объемов земляных работ // Сборник материалов научно-практической конференции, посвященный 100-летию высшего геодезического образования в Омском ГАУ 2018 – 1–10 с.
5. Бикбулатова Г.Г. Страхов Д.А. Подсчет объемов земляных работ в civil 3D на примере автомобильной дороги // Сборник материалов I Национальной НПК, 2020 – 36–40 с.

УДК 691

Д.В. Кокая, Д.Д. Заборова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ

Развитие строительной индустрии связано с увеличением использования природных ресурсов. Оценка жизненного цикла зданий показывает, что 70–80% всех выбросов CO₂ приходится именно на стадию производства материалов [1]. Помимо этого, около 30% всех отходов образуются в процессе строительства. Поэтому, подбирая материал, важно учитывать не только прочностные и теплофизические свойства, но и воздействие на окружающую среду, а также количество энергии, затраченной при его добыче, производстве и транспортировке [5].

Цель работы – подобрать теплоизоляционный материал для ограждающей конструкции с оптимальными теплофизическими свойствами при минимальном вредном воздействии на окружающую среду.

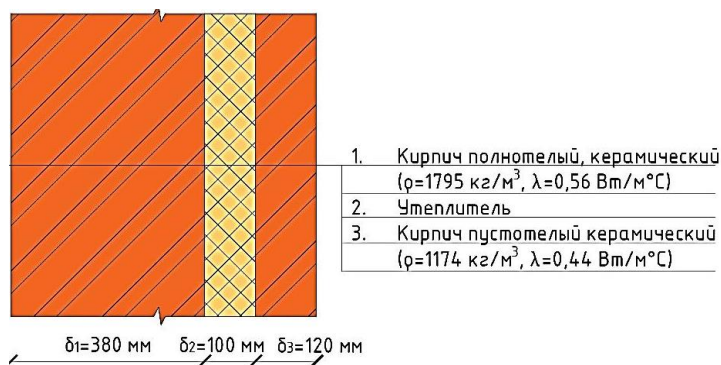


Рис. 1. Трехслойная наружная стена с утеплителем

Для достижения поставленной цели поставлены следующие задачи:

1. Подобрать ряд теплоизоляционных материалов, наиболее распространенных при строительстве жилого сектора.

2. Провести теплотехнический расчет ограждающих конструкций по [2] (определить термическое сопротивление, температурный и влажностный режимы наружной стены).

3. Провести оценку воздействия производства теплоизоляционных материалов (стадии А1–А3) на окружающую среду по трем параметрам: экологический показатель, использование ресурсов и величина отходов.

Выбрана конструкция трехслойной наружной стены, показанная на рис. 1. Для всех пяти образцов слои 1 и 3 выполнены из одних и тех же материалов, физические характеристики и толщины которых остаются неизменными. Исключение составляет только теплоизолирующий слой 2, в качестве которого использовались различные теплоизолирующие материалы от разных производителей (табл. 1), однако толщина этого слоя также принималась фиксированной (при этом удовлетворяющей требованиям теплотехнического расчета).

По результатам теплотехнического расчета найдены значения приведенного сопротивления теплопередаче (табл. 2) при рассчитанном требуемом значении $R_{тр} = 2,97 \text{ м} \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ для климатических условий Санкт-Петербурга [3]. На основании результатов расчета показаны распределение температуры и зона возможной конденсации влаги в толще стен, например рис. 2 для стены с утеплителем №1. Аналогично получены рисунки для остальных образцов.

Таблица 1

№	Материал утеплителя	Плотность ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/м·°C	Требуемое сопротивление теплопередаче $R_{тр}$, м·°C/Вт	Приведенное сопротивление теплопередаче всей стены R_0 , м·°C/Вт
1	XPS	33	0,034	2,97	4,05
2	Каменная вата	45	0,040		3,61
3	Каменная вата	70	0,035		3,97
4	Стекловата	15	0,037		3,81
5	Стекловата	19	0,034		4,05

Из табл. 2 видно, что все стены с выбранными утеплителями обладают достаточным сопротивлением теплопередаче, величина которого зависит только от коэффициента теплопроводности соответствующего утеплителя, так как толщина всех утеплителей одинакова. Во всех случаях зона возможной конденсации влаги располагается в слое утеплителя, что позволяет уберечь основную конструкцию от разрушения.

Чтобы количественно оценить влияние каждого из утеплителей на окружающую среду, а также использование энергии, затраченной на их производство, и отходы при нем, были использованы результаты LCA (оценка жизненного цикла) [4] каждого материала. По ним выполнено сравнение 1 м² продукции утеплителей толщиной 100 мм на стадиях А1–А3 (стадии производства).

При оценке воздействия материалов на окружающую среду (рис. 3) сравнивается показатель GWP (потенциал глобального потепления), при оценке энергии, затраченной

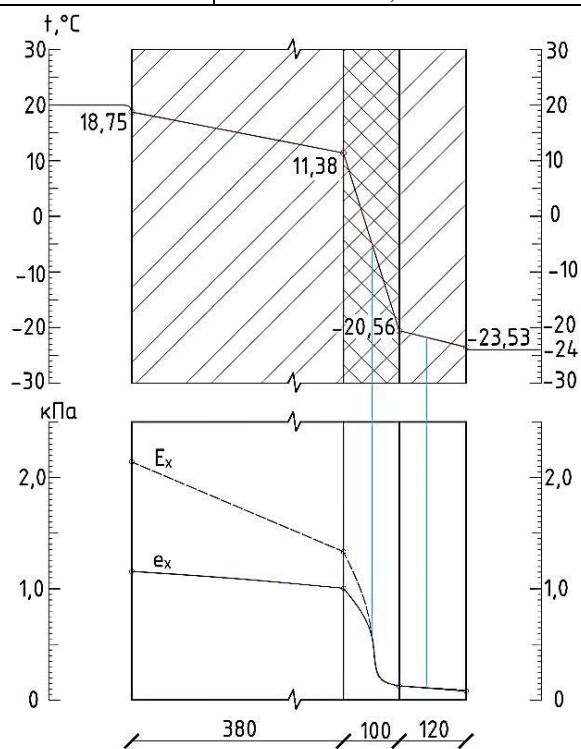


Рис. 2. Стена с утеплителем №1

на производство – количество использованной невозобновляемой энергии (рис. 4), при сравнении отходов – общие отходы при производстве (рис. 5).

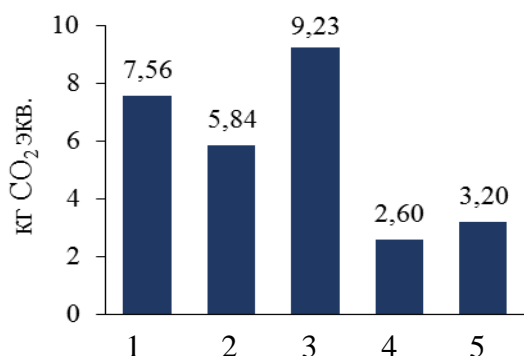


Рис. 3. Сравнение выбросов CO₂

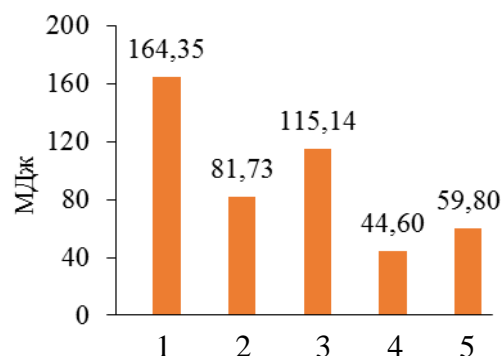


Рис. 4. Сравнение использованной энергии

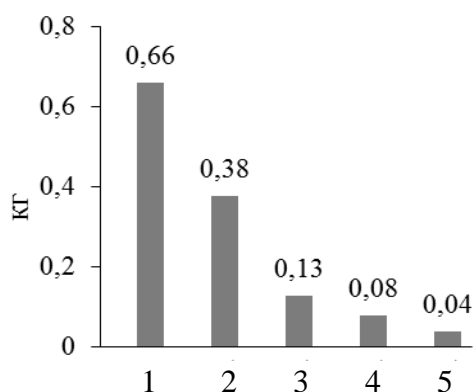


Рис. 5. Сравнение отходов

Чтобы понять, по какой причине производство того или иного утеплителя приводит к соответствующим величинам выбросов CO₂, затраченной энергии, отходов, следует сравнить составы всех рассматриваемых материалов из спецификаций на изделия. Утеплитель №1 – экструдированный пенополистирол (XPS): полистирол 70–99% (48,7% переработанный); порообразователи 1–20%; пигменты 1–20%; антипирен 1–20%; CO₂ 1–20%. Утеплитель №2 – каменная вата: природный камень и вторичные сырьевые материалы 89%; смола < 0,2%; упаковка 8%. Утеплитель №3 – каменная вата: базальт 75–90%; известняк 30–45%; цемент 1–10%; формальдегид 1–8%. Утеплитель №4 – стекловата: стеклобой до 80%, песок, доломит. Утеплитель №5 – стекловата: переработанное стекло (стекольный бой) до 85%, песок, известняк.

По результатам оценки можно сделать вывод: величина использования невозобновляемой энергии тесно связана с количеством выбросов углекислоты (рис. 3 и рис. 4). Утеплитель № 1 обладает самым высоким сопротивлением теплопередаче, но отходы при его производстве и использование источников невозобновляемой энергии наибольшие, что делает его использование нерациональным с точки зрения охраны окружающей среды. Утеплитель №5 имеет такое же сопротивление теплопередаче, как и №1, но за счет использования при производстве переработанных материалов, с экологической точки зрения он гораздо более эффективный, чем все остальные образцы. Производство утеплителя №4 также относительно мало воздействует на окружающую среду, что характеризует современное производство стекловолокнистых утеплителей наиболее экологичным за счет широкого использования переработанных материалов.

Таким образом, можно сделать вывод, что влияние материалов на окружающую среду является важным критерием при их выборе. Однако при схожих, удовлетворяющих потребителя характеристиках, материалы могут различаться по негативному влиянию на экологическую обстановку в несколько раз в зависимости от особенностей их производства, состава, или иных факторов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. The International EPD System. URL: <https://www.environdec.com/library> (дата обращения: 01.03.2022).
2. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий.
3. СП 131.13330.2020. Строительная климатология.

4. Vigovskaya, A. Life Cycle Assessment (LCA) in building materials industry / A. Vigovskaya, O. Aleksandrova, B. Bulgakov // MATEC Web of Conferences, Saint-Petersburg, 15–17 ноября 2016 года. – Saint-Petersburg: EDP Sciences, 2017. – P. 08059. – DOI 10.1051/mateconf/201710608059.

5. Haapio A., Viitaniemi P. Environmental effect of structural solutions and building material to a building. Environmental Impact Assessment Review. – 2008. – Vol. 28. – P. 587-600. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2008.02.002>

УДК 624.046.3

У. Рауль, С.В. Беляева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА СТРОИТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС ЗДАНИЯ

Цель работы – исследование применения новых строительных материалов и технологий, направленных на снижение энергопотребления.

Обычно в строительном процессе время выполнения работ планируется и контролируется в соответствии с требованиями проекта. Многие факторы влияют на определение времени выполнения каждого этапа в строительстве, среди которых – время года и температура окружающей среды. В то время как работы, выполняемые внутри здания, такие как покрытие пола и внутренняя отделка, легче выполнять, то же самое нельзя сказать о работах на открытой местности, таких как подготовка площадки (земляные работы), заливка фундамента и возведение каркаса конструкции, поскольку каждый из этих этапов имеет свои недостатки, когда они выполняются в условиях низких температур, и при этом требуется более сложная техника [1].

Во-первых, земляные работы зимой могут быть более сложными и неудобными для рабочих и более требовательными для их оборудования. Дополнительные слои одежды затрудняют движение рабочих, холод заставляет чаще заходить в теплое помещение для обогрева. В зимний сезон техника испытывает повышенную нагрузку – ведутся повышенные расходы топлива для прогрева двигателя и кабины, металл становится более хрупким и при приложении нагрузки может лопнуть.

При промерзании земли пробиться сквозь нее становится гораздо сложнее. Насадки техники быстрее приходят в негодность. Это также увеличивает нагрузку на землеройную технику, поэтому нужно быть готовым к увеличению времени работы и необходимости использования специального оборудования для повышения эффективности.

На этапе заливки фундамента низкие температуры непосредственно влияют на бетон, и основная проблема в этом случае заключается в том, что при заливке он может затвердеть, не набрав необходимой прочности. В бетонную смесь добавляют некоторые добавки, такие как суперпластификаторы или ускорители схватывания бетона, которые помогают улучшить характеристики набора прочности бетона при низких температурах. При возведении каркаса конструкции сохраняется проблема с заливкой фундамента [1–2].

В Руководстве по бетону для холодной погоды (ACI 306R-10) Американского института бетона говорится: «Лучшая практика заключается в том, что все контактные поверхности бетона должны быть выше температуры замерзания воды»; однако, также, оно предупреждает: «во избежание несовместимости, разница температур контактной поверхности и бетона должна составлять не более 5–8°C».

Это напрямую влияет на опалубку колонн, стен и балок, поскольку в зависимости от выбранной опалубочной системы мы будем иметь различные недостатки в условиях низких температур. Например, при использовании деревянной опалубки самой большой проблемой будет то, что из-за гигроскопичности она склонна впитывать влагу, что влияет на

необходимый слой покрытия из железобетона в элементах конструкции. Опалубка с металлической поверхностью может использоваться чаще других и обеспечивать равномерную отделку бетонных поверхностей (идеально подходит для крупных сооружений, таких как плотины, мосты и так далее). Её преимущества заключаются в том, что она легка в сборке и разборке. Недостатки ее в том, что её стоимость намного выше, она тяжелая и требует специального оборудования для перемещения, имеет ограничения по формам и размерам, и что в условиях низких температур требуется нагрев металлической поверхности до температуры бетона. Заливка бетона и поддержание температуры бетона ведутся в соответствии с методами защиты и в течение установленного срока защиты.

Основными задачами при заливке бетона в холодную погоду является предотвращение замерзания бетона до достижения им минимальной начальной прочности 3,5 МПа, а также, обеспечение набора прочности. Когда бетон укладывается на холодные поверхности, он нагревает материалы за счет теплопередачи. В результате вода для смешения бетона может стать настолько холодной, что достигнет точки замерзания. Таким образом, время достижения требуемой минимальной начальной прочности 3,5 МПа может увеличиться, и в то же время холодная поверхность и воздух приводят к тому, что тепло в смеси теряется достаточно быстро, провоцируя ее замерзание.

При правильном подходе к процессу заливки бетона в результате экзотермического процесса (химической реакции цемента с водой) низкие температуры окружающей среды приводят к увеличению сроков набора прочности бетона. Заливка бетона в холодную погоду обычно обеспечивает более высокую предельную прочность бетона, так как чем ниже начальная температура, тем лучше происходит гидратация цемента, обеспечивая максимальную эффективность цементирующего материала. Однако это может замедлить набор прочности бетона и привести к задержке выполнения отделочных и зачистных работ.

Условия низких температур влияют на строительную отрасль со многих точек зрения: оборудование, рабочие, материалы, планирование и реализация [1-5]. На все этапы строительства влияют условия окружающей среды, и все начинается на этапе планирования. При разумном планировании процессов, все вопросы будут учтены, и руководитель проекта должен спланировать строительную площадку в соответствии с ожиданиями.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Moon J., Lee W.K., Song C., Lee S.G. An introduction to mid latitude ecotone, Sustainability and environmental challenges. 0284
2. Kielce University of Technology – Influence of Low Temperature on Concrete Properties, *Polskiego* 7, 25-314.
3. Sedlakova A., Vilcekova S., Burdova E. Analysis of material solutions for design of construction details of foundation, wall and floor for energy and environmental impacts 2015.
4. Rossi, M, Rocco, VM. External walls design: the role of periodic thermal transmittance and internal areal heat capacity. *Energy Build* 2014; 68: 732–740.
5. Guide to Cold Weather Concreting, ACI committee 306 R-10-2010.

УДК 69.001.5

Д.О. Дмитриевская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КОНЦЕПТ МОДУЛЬНОЙ ТЕПЛИЦЫ В СОВРЕМЕННОЙ ГОРОДСКОЙ СТРУКТУРЕ

В промышленном растениеводстве последних лет прослеживается тенденция смены массовых крупногабаритных культур открытого грунта более требовательными к условиям выращивания и более компактными видами. Кроме того, круглогодичная потребность

современных городов в большом ассортименте плодов и растений заставляет растениеводческие комплексы двигаться ближе к городам, занимая места в первую очередь с удобной транспортной доступностью, часто в неблагоприятных агрономических условиях, компенсируя их возможностями закрытого грунта. Это приводит к увеличению количества тепличных комплексов.

Цель работы состояла в разработке проекта модульной теплицы для современных городских условий. *Задачи работы*:

- определение основных требований современной отрасли закрытого грунта;
- предложение оптимального конструктивного решения для городской теплицы;
- исследование напряжённо-деформированного состояния стекла в совместной работе с металлом в покрытии разрабатываемых рядовых модулей теплицы и выбор рациональных параметров остекления.

Анализ литературы показал, что теплицы в современных условиях должны обладать следующими качествами: декоративностью, долговечностью, многофункциональностью, эргономичностью [1]. Применяемое конструктивное решение и материалы должны соответствовать всем технологическим процессам и характеристикам используемого в них оборудования (согласно пункту 5,5 в [2]). Большую роль играет также стоимость и доступность материалов и технологий.

Таким требованиям полностью удовлетворяет модульные теплицы из лёгких металлоконструкций (согласно главе 11 из [3]) со стеклянным покрытием [4]. Возможно применение нескольких типов модулей, их комбинирование в нужной последовательности и количестве для получения необходимых объёмов и геометрии. Благодаря этому новые теплицы можно размещать в местах с неблагоприятным рельефом или вблизи существующей застройки, а также на криволинейных участках.

Автором разработан концепт каркаса для сборки тепличных комплексов из серийных модулей. На рис. 1 показана 3D-модель металлического каркаса рядового модуля, на рис. 2 – поворотного модуля. На рис. 3 продемонстрирован вариант сборки данных модулей, с применением третьего типа – крайнего модуля-заглушки. Такой каркас может быть собран постепенно – из сезона в сезон модули могут достраиваться, либо разбираться без сильного влияния на рабочие процессы, а в случае поломки заменяться по принципу конструктора.



Рис. 1



Рис. 2

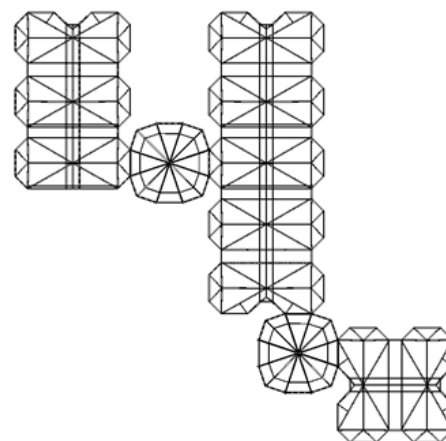


Рис. 3

Конструктивные решения модулей подразумевают частичную сварку рам на заводе-изготовителе для ускорения сборки и повышения качества конструкций. Применение столбчатых фундаментов уменьшит влияние осадок грунта на тепличный комплекс. Стеклянное покрытие в обрамлении алюминиевых профилей, например, по каталогу [5], будет гарантировать долговечность и прочность покрытия, неизменный декоративный внешний вид.

Размеры представленных модулей подобраны по среднему значению типовых современных теплиц [1]. Преследуя цель сделать теплицу универсальной и эргономичной, для неё приняты оптимальные размеры, показанные на рис. 4. Данные размеры приняты в расчётной схеме на рис. 5, состоящей из четырёх модулей, эталонными из которых служат два центральных. Наибольшее влияние на подбор элементов каркаса оказывает снеговая нагрузка (рис. 6), а для покрытия ещё и ветровая (рис. 7). Был выполнен их расчёт в соответствии с [6].

Нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия определяют по формуле: $S_0 = 0,7c_e c_t \mu S_g$. В случае представленного концепта она будет прилагаться только на покрытие вертикально вниз. В формуле: c_e – коэффициент сноса снега под действием ветра и иных факторов; его расчет для условий данного проекта дал значение 0,8; c_t – термический коэффициент для учёта понижения снеговых нагрузок на покрытия с высоким коэффициентом теплопередачи вследствие таяния, из-за потерь тепла, принят 0,8; μ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие; для условий проекта принят как для шедового покрытия: 1,4 – для нижней части ската кровли; 0,6 – для верхней; S_g – вес снегового покрова на 1 м горизонтальной поверхности земли, принят 1,3 кН/м².

Таким образом: $S_0 = 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,4 \cdot 1,3 = 0,82$ кН/м² – для нижней части ската кровли; $S_0 = 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1,3 = 0,35$ кН/м² – для верхней части ската кровли.

Ветровая нагрузка, в отличие от снеговой, воздействует помимо кровли ещё и на боковые пластины, имитирующие стеклянное покрытие и направлена вертикально – см. рис. 7.

Нормативное значение ветровой нагрузки (согласно пункту 11.1.2 [6]) определяется по формуле: $w = w_m + w_p$. Примем пульсационную составляющую $w_p = 0$. Тогда $w = w_m$.

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки w_m определяется по формуле 11.2 [6]: $w_m = w_0 k(z_e) c$, где w_0 – нормативное значение ветрового давления; $k(z_e)$ – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты z_e ; c – аэродинамический коэффициент (0,8 для наветренной стороны; -0,5 – для подветренной).

Нормативное значение ветрового давления для городской территории (тип местности В) $w_0 = 0,3$ кПа.

Для реалистичности необходимо рассмотреть наихудший вариант действия потоков ветра: на боковой длинный фасад, состоящий из 4 модулей общей длиной 28 м – рис. 5. Эквивалентная z_e с учётом высоты оранжереи составила 4,85 м.

Для четырёх секций теплицы выполняется условие: $h = 4,85 \text{ м} \leq d = 35 \text{ м}$, поэтому $z_e = h = 4,85 \text{ м}$.

Определим коэффициент $k(z_e)$ по формуле 11.4 [6]: где $k_{4,85} = 0,5$ по таблице 11.3 [6] для типа местности В.

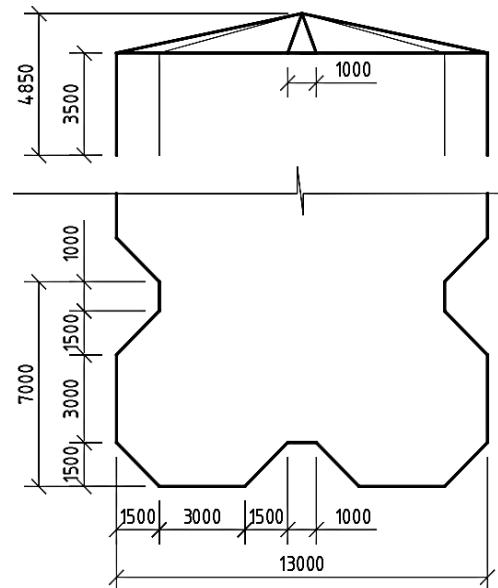


Рис. 4

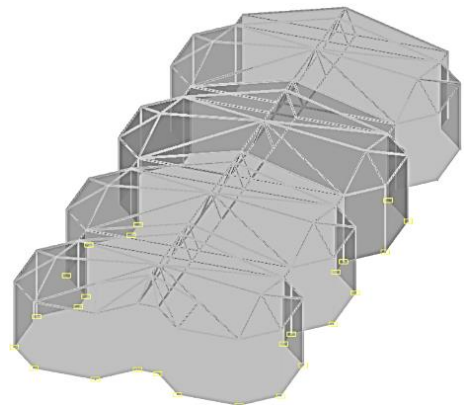


Рис. 5

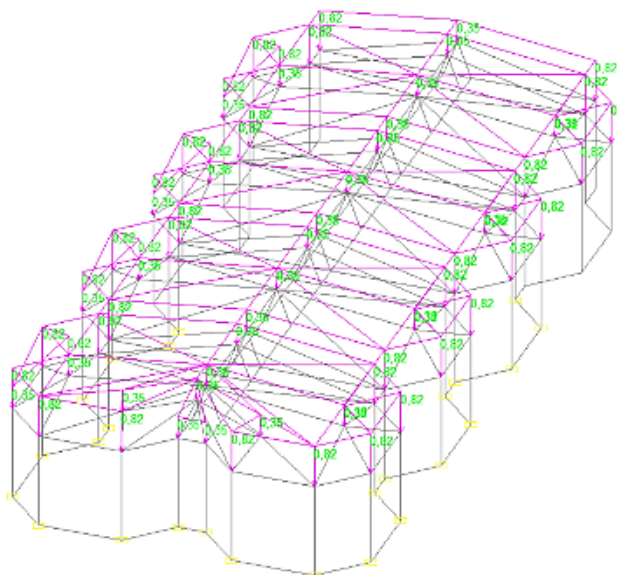


Рис. 6

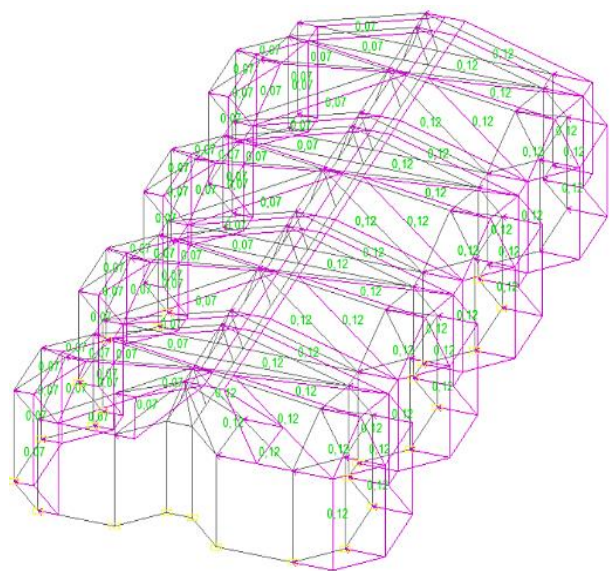


Рис. 7

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки w_m равняется для сторон:

- наветренной (правой) $w_{4,85} = 0,3 \cdot 0,50 \cdot 0,8 = 0,12$ кПа;
- подветренной $w_{4,85} = 0,3 \cdot 0,50 \cdot (-0,5) = -0,075$ кПа.

Для приложения ветровой нагрузки на пластины необходимо собрать её с грузовой площади каждого элемента стеклянного покрытия. В соответствии с таблицей 11.3 [6] нагрузка по высоте здания ниже или равной 5 м распределяется линейно, так что в данном проекте на конструкции разного уровня относительно грунта ветровая нагрузка будет одинакова.

В целом можно отметить, что помимо сложной геометрии и значительных нагрузок на остекление данный проект сложен в запуске производственной линии и стоимости готового изделия, так как именно стеклянное покрытие будет иметь сложную нетиповую форму и прочностные характеристики. Преимуществами данного проекта являются соответствие требованиям к современным теплицам, возможность его использования в других промышленных сферах, например, в качестве склада, крытого наземные перехода, животноводческого комплекса. Такой универсальности может способствовать замена стекла в покрытии сэндвич-системами или металлическими листами.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Промгидропоника. Промышленные и фермерские теплицы / [Электронный ресурс]. – Режим доступа https://www.promgidroponica.ru/prom_i_ferm_teplici
2. Свод правил: СП 107.13330.2012. Теплицы и парники [Текст]: нормативно-технический материал. – Москва: [б.и.], 2012. – 22 с.
3. Металлические конструкции. В 3 т. Т.2. Стальные конструкции зданий и сооружений. (Справочник проектировщика) / Под общ. ред. В.В. Кузнецова – М.: Изд-во АСВ, 1998. – 512 с.
4. Симакова Е.А., Черняев Ю.П. К проблеме применения светопрозрачных ограждающих конструкций. XXXIV Неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской научно-технической конференции: сб. науч. тр. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. – Ч.1 – С. 90-91.
5. Архитектурные системы Татпроф. Каталог алюминиевых конструкций: Крышная серия ТПСК-60500. – Набережные Челны. 2018. – 116 с.
6. Свод правил: СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия [Текст]: нормативно-технический материал. – М.: [б.и.], 2018. – 95 с.

СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ОБЛИЦОВКЕ ФАСАДОВ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Актуальность. Оформление фасада здания – это, своего рода, его визитная карточка. Фасады исполняют не только исключительно декоративную функцию, но и играют большую роль в теплоизоляционных возможностях. Поэтому уже на этапе проектирования необходимо учитывать совместимость способов отделки и материалов с конструкцией самого здания, его теплоизоляцией. Еще одним условием внешнего вида зданий является их гармония с окружающим ландшафтом и окрестностями.

Цель исследования: сравнительная оценка современных фасадных материалов и определение наиболее подходящего для облицовки материала.



Рис. 1

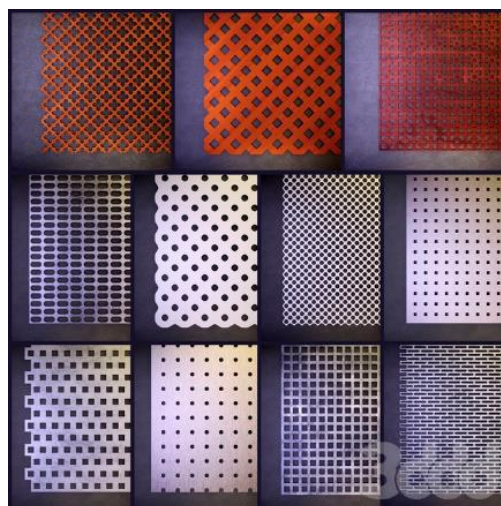


Рис. 3



Рис. 2

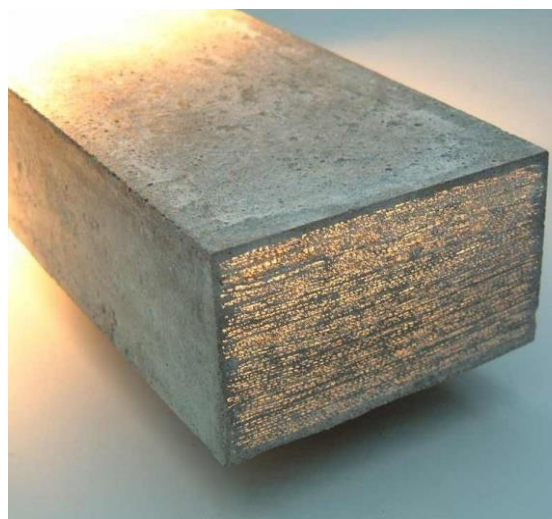


Рис. 2

Выбор облицовки фасада зависит от назначения здания, материала конструкции, требующих отделки; типа строительства; теплофизических, химических воздействий на фасад, внутренней отделки помещений; типа здания; категории здания.

В последнее десятилетие рынок заполнился новейшими фасадными материалами. Так, испанская компания представила систему Flexbrick (рис. 1) – модернизированную систему из гибких керамических листов для строительства облицовочных и многослойных конструкций.

Flexbrick может использоваться на стенах, бетонных панелях, сооружениях, за счёт возможности адаптации в соответствии с потребностями каждого проекта, позволяя в каждом случае выбирать плотность фрагментов, геометрические узоры ткани, материалы заготовок, форматы и отделку [1].

Технические характеристики:

- Керамическая ткань для вентилируемых фасадов полностью состоит из сетки из нержавеющей стали для оптимизации долговечности и безопасности системы.
- Зажимные элементы расположены на лицевой стороне корпусов.
- Вы можете свободно выбирать толщину внутренней трубы.
- Система позволяет архитектору проекта обыграть множество возможных вариантов дизайна.

В современном мире для отделки используется светопрозрачный бетон (рис. 2), основной целью создания которого является использование солнечной энергии для того, чтобы уменьшить потребление энергии из других источников. Кроме того, это эстетичный материал, который имеет высокую плотность и препятствует проникновению света через его массу, поэтому за ним невозможно различить формы, цвета или очертания [2]. Стена из полупрозрачного бетона, благодаря встроенным оптическим волокнам, приобретает прозрачность, достаточную для создания визуального впечатления о внешнем мире.

Для передачи света толщина оптического волокна должна составлять от 2 мкм до 2 мм. Прозрачный бетон может быть получен путем добавления оптических волокон в процентном соотношении от 0,25 до 5% на объем бетона. Он может быть изготовлен на заводе в виде готовых панелей или в лаборатории. Оптические волокна располагаются параллельно, образуя матрицу, позволяющую пропускать свет [3].

Стеклофибробетон (рис. 4) – современный материал с широким диапазоном свойств и областей эффективного применения в строительстве. Изготавливается из цементно-песчаного раствора (матрица-бетон) и армирующих его отрезков стекловолокна (фибр), равномерно распределенных по объему бетона изделия или отдельных его частей [4].

В течение последних 30 лет стеклофибробетон используется для производства многих бетонных изделий, особенно тонких архитектурных облицовочных панелей, а также для декоративного бетона, такого как купола, статуи, плантаторы и фонтаны.

В настоящее время перфорированные панели (рис. 3) широко используются в фасадах и становятся все более популярными на Ближнем Востоке. При этом для данных панелей характерен дизайн перфорации, вдохновленный исламскими узорами, используемыми в традиционной машрабии [5].

Использование перфорированных металлических листов обеспечивает контроль над солнечным светом и вентиляцией. Значительным преимуществом перфорированного металла является отражение солнечного тепла, поддержание постоянной температуры и, следовательно, экономия энергии. Перфорированные металлические листы могут быть изготовлены из различных материалов и иметь различные размеры, толщину, форму и дизайн перфорации. Поскольку здания, построенные из экологически чистых материалов, пользуются большим спросом, металл является экологически чистым материалом, который удовлетворяет этот спрос [6].

Таблица 1 – Сравнение фасадных материалов

Критерии оценки	Материал			
	Flexbrick	Стеклофибробетон	Светопрозрачный бетон	Перфорированные листы
Особенность материала	Возможность построить конструкции любой кривизны, лёгкость материала	Высокие трещино-, морозо- и износостойкость, может принимать любую форму, относительно малый вес, экологически безопасен	Высокая прочность, стойкость к перепадам влажности и температуры, устойчив к УФ-излучению	Отражение солнечного тепла, поглощение, отражение или рассеивание звука, экологически безопасны
Используемые материалы	Блоки из обожженной глины, скрепленные металлической проволокой в рулоны	Смесь цементно-песчаного раствора и армирующих его отрезков стекловолокна (фибр)	Смесь портландцемента, минерального наполнителя, стекловолокна с добавлением пластификаторов	Алюминий, нержавеющая сталь, оцинкованная сталь с различными рисунками
Морозостойкость	F50	F150 – F300	F75 – F100	F50 – F100
Теплопроводность, Вт/м·°С	0,5	0,52 – 0,75	2,1	2 – 5
Плотность, кг/м ³	1300 – 1450	1700 – 2250	2050 – 2400	2800 – 7900
Водонепроницаемость	W3	W6 – W20	W4 – W8	–
Срок эксплуатации	20 лет	25 лет	50 лет	25 лет
Стоимость	От 900 р/м ²	От 3000 р/м ³	От 90 000 р/м ²	От 600 р/м ²

Вывод. Проанализировав полученную таблицу, можно отметить, что наиболее подходящим для облицовки материалом можно назвать стеклофибробетон, чьи показатели по приведённым критериям в большинстве своём превышают показатели системы Flexbrick и перфорированных листов. Его конкурентом по показателям является светопрозрачный бетон, но несмотря на преимущества относительного нового материала, очевидным недостатком материала является чрезмерно высокая стоимость, поэтому в отношении цена-качество, несомненно, выигрывает стеклофибробетон.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Деркач К.О., Лапунова К.А. Роль керамических облицовочных материалов в современном архитектурно-строительном дизайне // Научный альманах. – 2017. – №. 5-3. – С. 77–81.
2. Mavridou S.D. and Banti P.P. Development of new environmental-friendly concrete types // Engineering Project Management MSc, School of Science and Technology, Hellenic Open University. – 2013.
3. Новикова А.И. Применение в архитектурно-дизайнерских решениях светопрозрачного бетона // Международный студенческий строительный форум-2017. – 2017. – С. 329–332.
4. Гейнц А.А., Федюнина Т.В. Стеклофибробетон в строительстве // Актуальные проблемы и перспективы развития строит. 2018. С. 86–90.
5. Naqash M.T. A Note on the Structural Assessment of Perforated Panels used in Façade // Journal of Engineering Research and Reports. – 2017.
6. Алиев С.А. Материал облицовочных панелей как основа типологического разнообразия навесных фасадных систем // Архитектура и дизайн. – 2020. – №. 1. – С. 1–14.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ КОЛЛЕКТОРА ДОЖДЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ С УЧЕТОМ ФАКТОРА ВРЕМЕНИ

Дождевая канализация (ДК) предназначена для быстрого отведения дождевых вод и является обязательным элементом инфраструктуры городской застройки. Основными элементами ДК, применительно к городской застройке, являются коллекторы ДК – закрытые (подземные) железобетонные или полимерные трубопроводы [1].

После определения трассы коллектора ДК и расположения точек поступления в коллектор дождевых вод и проектирование коллектора ДК выполняется последовательно по расчетным участкам n (от начального $n = 1$ до последнего $n = N$).

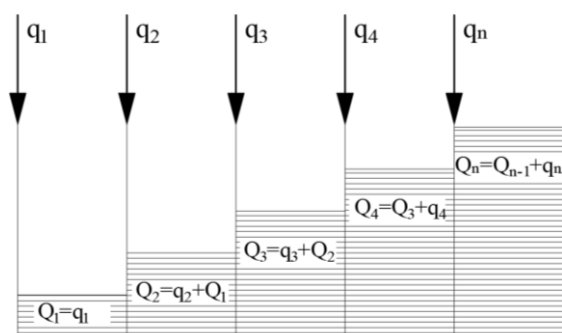


Рис. 1. Схема определения расчетного расхода в трубе коллектора ДК

Схема определения расчетного расхода в трубе коллектора ДК представлена на рис. 1. После определения: q_n – расход вод, поступающего в n -ой точке, л/с; i_n – уклон коллектора на n -ом участке; $Q_n = Q_{n-1} + q_n$ – расчетный расход на n -ом участке.

В результате гидравлического расчета определяются [2]: d_n – диаметр трубы на n -ом участке; v_n – скорость воды в трубе, h_n/d_n – наполнение трубы, где h_n – глубина воды в трубе.

Представленная схема определения расчетных расходов в трубе коллектора является традиционной [3] (пример расчета коллектора, состоящего из 15 участков протяженностью 374 м представлен в табл. 1).

Таблица 1 – Пример расчета коллектора ДК

Участок n	q_n , л/с	l_n , м	Q_n , л/с	i_n , ‰	Гидравлический расчет			t_n , мин.
					d_n , мм	h_n/d_n	v_n , м/с	
1	6,1	37,3	6,1	7	250	0,55	0,99	0,63
2	14,2	17,4	20,3	6	300	0,55	1,03	0,28
3	13,9	36,2	34,2	5	350	0,54	1,04	0,58
4	41,4	17,5	75,6	4	400	0,67	1,09	0,27
5	13,6	19,5	89,2	6	400	0,69	1,35	0,24
6	14,2	24,9	103,4	6	450	0,69	1,35	0,31
7	11,5	28,6	114,9	6	450	0,59	1,39	0,34
8	41,4	17,6	156,3	7	450	0,67	1,56	0,19
9	11,8	19,5	168,1	5	500	0,65	1,40	0,23
10	14,2	24,9	182,3	5	500	0,68	1,42	0,29
11	11,3	28,6	193,6	7	500	0,63	1,65	0,29
12	40	17,5	233,6	8	500	0,68	1,79	0,16
13	11,8	24,4	245,4	5	550	0,69	1,52	0,27
14	14,9	37,7	260,3	5,5	550	0,70	1,59	0,39
15	32,7	21,8	293,0	7	550	0,70	1,79	0,20
$N = 15$		$L_N = 373,4$	$Q_{15}^p = 293$					$T_N = 4,5$

Недостатком данной схемы является отсутствие учета фактора времени. Предполагается, что в момент начала дождя формируется режим расходов в коллекторе ДК на всех участках и по всей длине одновременно (табл. 1, столбцы 1 и 4). Данное допущение в общем случае не отражает реальный процесс формирования режима расходов в коллекторе ДК, особенно при значительном количестве расчетных участков n , их протяженности l_n , а следовательно, и значительном времени «пробега» воды по коллектору $T_N = \sum t_n$ (от участка $n = 1$ до участка $n = N$).

Применительно к коллектору, рассмотренному в Таблице 1, можно утверждать, что величина расхода Q_{15} (на последнем участке $n = 15$) достигнет расчетного значения $Q_{15} = Q_{15}^p = 293$ л/с только через $T_{15} = 4,5$ мин., при этом в продолжение 0,20 мин. после начала дождя $Q_{15} = 0$. Начиная с $T = 0,2$ мин. до $T = 4,5$ мин. будет происходить ступенчатое нарастание значения до $Q_{15}^p = 293$ л/с. На рис. 2 представлен график, построенный на основании таблицы 1 в виде $Q_{15}(t)/Q_{15}^p = f(t)$. Для данного коллектора на участке $n = 15$ период времени наступления расчетного режима работы (T_{pp}) составит 4,5 минуты, в оставшийся период до окончания дождя участок $n = 15$ будет работать в расчетном режиме.

Из выше сказанного можно сформулировать определения для «быстрого» и «медленного» трубопровода:

- «быстрый» трубопровод – это трубопровод, в котором время «пробега» от первого участка до заключительного меньше расчетного времени продолжительности дождя по [1];
- «медленный» трубопровод – это трубопровод, в котором время «пробега» от первого участка до заключительного больше расчетного времени продолжительности дождя по [1].

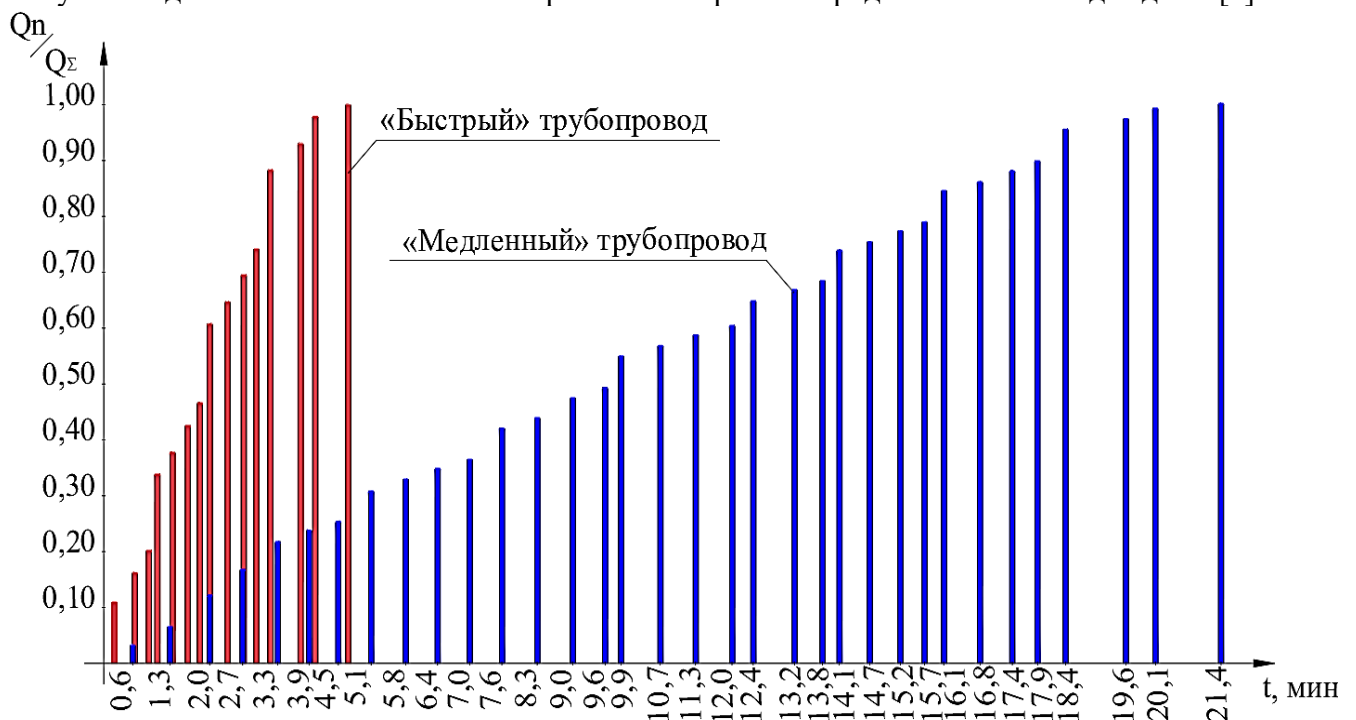


Рис. 2. Режим формирования расхода на последнем участке Q_N в зависимости от времени:

а – «быстрый» трубопровод ($T_{15} = 4,5$ мин., $N = 15$, $L_N = \sum l_n = 373,4$ м);

б – «медленный» трубопровод ($T_{35} = 21,4$ мин., $N = 35$, $L_N = \sum l_n = 2089,5$ м)

Для иллюстрации значимости фактора времени рассмотрим режим изменения расхода на последнем участке коллектора $Q_N = 35$ (табл. 2). Расчет коллектора, состоящего из 35 участков протяженностью 2089 м, выполнен по форме табл. 1; в сокращенном виде его результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Изменение наполнение и расхода на последнем участке коллектора

Участок:	1.34– 1.35	1.33– 1.35	1.32– 1.35	1.31– 1.35	1.30– 1.35	...	1.3– 1.35	1.2– 1.35	1.1– 1.35
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t_n , мин.	0,55	0,71	0,76	0,63	0,67	...	1,15	0,56	1,26
T_N , мин.	0,55	1,26	2,02	2,65	3,32	...	19,6	20,1	21,4
Q , л/с	22,1	46,9	70,1	104,3	141,1	...	698,7	712,9	719
h_d , мм	83	120	145	177	206	...	538	546	550
$(h_d/d) \cdot 100\%$	10,4	15	18,1	22,1	25,8	...	67,3	68,3	68,8

Для этого коллектора величина расхода Q_{35} (на последнем участке $n = 35$) достигнет расчетного значения $Q_{35} = Q_{35}^p = 719$ л/с только через $T_{35} = 21,4$ мин., при этом в продолжение 0,20 мин. после начала дождя $Q_{35} = 0$. Далее, начиная с $T = 0,2$ мин. до $T = 21,4$ мин. будет происходить ступенчатое нарастание значения до $Q_{35}^p = 719$ л/с. На рис. 2 представлен график, построенный на основании табл. 1 в виде $Q_{35}(t)/Q_{35}^p = f(t)$.

Если учесть, что продолжительность расчетного дождя $T_{рд}$ в [1] принята равной $T_{рд} = 20$ мин., то можно утверждать, что расчетный режим работы (h_n/d_n , v_n , Q_n) не успеет начаться, так как $T_{35} = 21,4$ мин. $>$ $T_{рд} = 20$ мин. (то есть дождь кончится раньше, чем вода с участка $n = 1$ пробежит по трубам до участка $n = 35$).

Таким образом, можно сделать вывод, что большую часть времени (в примере 15–18 мин. после начала дождя) диаметр последних участков «медленного» трубопровода используется не эффективно – наполнение меньше рекомендуемого значения, равного 0,7.

Следовательно, если учесть фактор времени, появляется возможность оптимизации конструкции ДК путем определения экономически более выгодного (уменьшенного) диаметра коллектора. Ограничением уменьшения диаметра является значение наполняемости – не более 0,95. При большей наполняемости пропускная способность труб снижается.

Чтобы оценить целесообразность оптимизации предлагается: определить (в первом приближении, например по данным табл. 1) время пробегания по коллектору T_N ; сравнить T_N с расчетным временем дождя $T_{рд}$. В случае, если $T_N > T_{рд}$, оптимизация целесообразна.

В рассмотренном примере «медленного» трубопровода: при $L_N = \sum l_n = 2089,5$ м и $v_n = 1,5$ м/с время «пробегания» составит $t_n = 22,5$ мин. $>$ 20 мин. Следовательно, в данном случае можно использовать $d_n = 700$ мм, как альтернативу $d_n = 800$ мм. При этом наполняемость $d_n = 700$ мм увеличится с 0,69 до 0,91 (при уклоне 6%).

В условиях 2022 года разница между стоимостью труб данных диаметров составляет порядка 15–20%, аналогично – стоимость смотровых колодцев. Также стоит отметить, что с уменьшением диаметра, уменьшится объем земляных работ [5], как следствие и стоимость строительства в целом.

ЛИТЕРАТУРА:

- СП 32.13330.2018 Канализация. Наружные сети и сооружения.
- Лукиных Н.А., Лукиных А.А., Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле Н.Н. Павловского [Текст]., М.: Стройиздат. 1974.
- Криулин, К.Н. Организация рельефа и дождевая канализация коттеджного поселка [Текст] / К.Н. Криулин. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 92с.
- Дикаревский В.С., Курганов А.М., Нечаев А.П., Алексеев М.И. Отведение и очистка поверхностных сточных вод [Текст]., Л.: Стройиздат.1990.
- Технические указания по проектированию и строительству дождевой канализации [Текст]., М.: Стройиздат. 1985.

СХЕМА РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМЫ ДОЖДЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Дождевая канализация предназначена для защиты территорий от подтопления. В периоды обильных осадков она переполняется поверхностными стоками, приводя к затоплению тротуаров и проезжей части [1]. В настоящее время, в Санкт-Петербурге происходят изменения климата и трансформация территории, что влечет за собой изменение коэффициента поверхностного стока. Это обуславливает необходимость реконструкции системы дождевой канализации [2].

Целью данной работы является разработка эффективной схемы реконструкции дождевой канализации. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: разработать схему модернизации дождевой канализации, произвести гидравлический расчет схемы, доказать эффективность применения двойного поперечного сечения.

Разработанная система для реконструкции дождевой канализации состоит из двух трубопроводов круглого поперечного сечения. Нижняя труба – существующая; верхняя труба – дополнительная, установленная в ходе реконструкции (рис. 1).

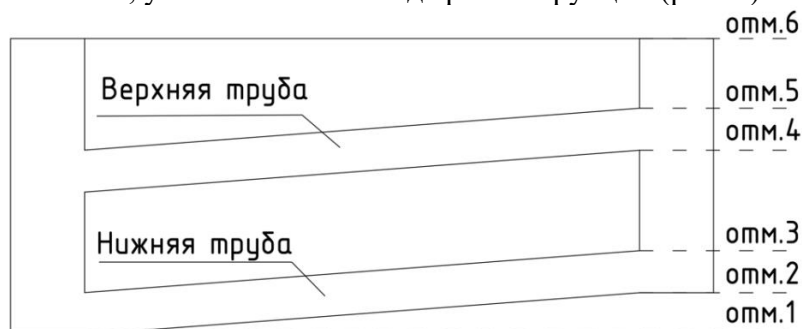


Рис. 1. Расчетная схема

Рассмотрим режим движения жидкости в каждой точке. Система начинает работать в момент попадания жидкости в нее, а именно нижняя труба начинает работать в безнапорном режиме. В момент достижения отметки 3 работа нижней трубы переходит в напорный режим. В момент достижения отметки 4 включается в работу верхняя труба. Она работает в безнапорном режиме до момента достижения отметки 5, после этого переходит в напорный режим. Отметка 6 – поверхность земли.

Предварительно определяем основные гидравлические характеристики нижнего и верхнего трубопроводов в безнапорном и напорном режимах – живое сечение, смоченный периметр и гидравлический радиус (расчетные формулы приведены в табл. 1) [3].

Для получения информации о пропускной способности труб применяются формула постоянства расхода (1) и формула Шези (2) [4]:

$$q = wV; \quad (1)$$

$$V = C\sqrt{R_i}, \quad (2)$$

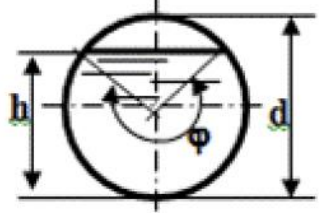
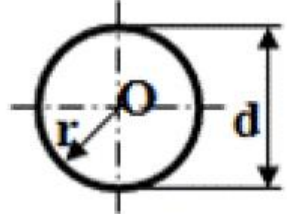
где q – расчетный расход жидкости; V – скорость жидкости; C – коэффициент Шези; $i = h_l/L$ – уклон трубы; h_l – падение трубы на длине L .

Гидравлический уклон L по формуле Шези равен уклону лотка i , так как происходит равномерное движение воды. Для определения коэффициента Шези используется формула Павловского (3) (при $0,1 < R < 3$ м):

$$C = \frac{R^y}{n}, \quad (3)$$

где y – показатель степени; n – коэффициент шероховатости, зависящий от стенок трубопровода (0,0138 для бетонной нижней трубы, 0,01 для пластиковой верхней трубы).

Таблица 1 – Формулы гидравлического расчета

Работа трубы в безнапорном режиме	Работа трубы в напорном режиме
	
φ – центральный угол в радианах	
Площадь живого сечения W	
$W = \frac{(\varphi - \sin\varphi)d^2}{8}$	$W = \frac{\pi d^2}{4}$
Смоченный периметр κ	
$\kappa = \pi d$	$\kappa = 1/2 \varphi d$
Гидравлический радиус R	
$R = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{\sin\varphi}{\varphi}\right) d$	$R = \frac{d}{4}$

Результаты гидравлического расчета приведены в табл. 2 (h – высота заполнения трубы, м; H – напор).

Таблица 2 – Итоги гидравлического расчета

Безнапорное движение жидкости нижнего трубопровода									
d_1 , м	y	R	C	q , м ³ /с	v , м/с	W , м ²	φ , °	h	κ
0,5	0,163	0,00252	27,33	0,000017	0,0752	0,00022	20	0,0038	0,0873
0,5	0,161	0,0545	45,42	0,0138	0,581	0,0238	100	0,0893	0,436
0,5	0,159	0,125	52,06	0,0990	1,008	0,0982	180	0,25	0,785
0,5	0,159	0,139	52,99	0,2109	1,084	0,195	320	0,485	1,396
Напорное движение жидкости нижнего трубопровода									
d_1 , м	y	R	C	q , м ³ /с	v , м/с	W , м ²	φ , °	H	κ
0,5	0,159	0,125	52,06	0,412	2,09	0,196	360	0,65	1,57
0,5	0,159	0,125	52,06	0,547	2,79	0,196	360	1,15	1,57
0,5	0,159	0,125	52,06	0,615	3,13	0,196	360	1,45	1,57
0,5	0,159	0,125	52,06	0,906	4,62	0,196	360	3,15	1,57
Безнапорное движение жидкости верхнего трубопровода									
d_2 , м	y	R	C	q , м ³ /с	v , м/с	W , м ²	φ , °	h	κ
0,3	0,120	0,00338	50,52	0,000055	0,207	0,00026	30	0,0051	0,078
0,3	0,120	0,0439	68,74	0,0140	1,01	0,0138	120	0,075	0,314
0,3	0,120	0,075	73,28	0,0501	1,42	0,0353	180	0,15	0,471
0,3	0,120	0,077	73,53	0,1021	1,44	0,707	350	0,29	0,916
Напорное движение жидкости верхнего трубопровода									
d_2 , м	y	R	C	q , м ³ /с	v , м/с	W , м ²	φ , °	H	κ
0,3	0,120	0,075	73,28	0,1098	1,55	0,0706	360	0,3	0,942
0,3	0,120	0,075	73,28	0,2835	4,01	0,0706	360	2,0	0,942

Определим пропускную способность системы Q_2 в каждый момент времени. Для этого суммируем расходы нижнего и верхнего трубопроводов. Далее сравним полученные значения расхода жидкости системы с расходами жидкости нижнего трубопровода (системы до реконструкции) (табл. 3). По полученным данным построен график расхода жидкости при совместной работе нижнего и верхнего трубопровода (рис. 2).

Таблица 3 – Расход жидкости нижнего трубопровода и системы в целом

	Отм. 1	Отм. 2	Отм. 3	Отм. 4	Отм. 5	Отм. 6
q_1	0	0,198	0,412	0,547	0,615	0,906
Q_2	0	0,198	0,412	0,547	0,725	1,190



Рис. 2. График расхода жидкости при совместной работе нижнего и верхнего трубопровода:
 1 – начало работы нижней трубы; 2 – максимальный расход жидкости нижней трубы при безнапорном режиме; 3 – начало работы нижней трубы в напорном режиме; 4 – начало работы верхней трубы; 5 – начало работы верхней трубы в напорном режиме

В зависимости от наполняемости трубопровода и напора меняется скорость движения жидкости и пропускная способность трубопровода. Как видно на графике, пропускная способность нижнего трубопровода постепенно увеличивается при безнапорном режиме. При переходе к напорному режиму работы в начальный момент времени труба теряет в пропускной способности, далее происходит постепенное увеличение. Аналогично работает верхний трубопровод.

При совместной работе нижнего и верхнего трубопроводов наблюдается значительное увеличение пропускной способности системы.

Применение разработанной схемы реконструкции системы дождевой канализации позволит значительно увеличить ее пропускную способность. Подбор схемы производится индивидуально в зависимости от поставленных задач. Реализация системы возможна методом бестраншейной прокладки трубопроводов, что позволит сохранить целостность дорожного покрытия и привычное движение транспорта на время ремонтных работ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Криулин К.Н. Организация рельефа и дождевая канализация коттеджного поселка. Учеб. Пособие. СПб. 2015. 92 с.
2. Немчанинова В.А. Проблемы дождевой канализации на примере перекрестка проспектов Энгельса и Луначарского в Санкт-Петербурге. Неделя науки ИСИ: сборник материалов Всероссийской конференции, 26-30 апреля 2021 года: [в 3 частях]. Ч. 1. 310 с.
3. Криулин К.Н. Дренажные системы в ландшафтном и коттеджном строительстве. Санкт-Петербург: Зеленая стрела, 2014. – 122 с.
4. Справочник по гидравлике / Под ред. Большаков В.А. – 2-е изд., пере-раб. и доп. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1984. – 343 с.

ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ КРОВЕЛЬ
ПОДЗЕМНЫХ АВТОСТОЯНОК В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Сегодня среди застройщиков популярно строительство подземных автостоянок для освобождения дворов от машин и использования свободной территории под детские, спортивные площадки, зоны отдыха и зеленые сады. Первый государственный норматив по зеленым и эксплуатируемым кровлям – ГОСТ Р 58875-2020, вступивший в действие 1 июня 2020 года, стал хорошим стимулом для внедрения технологии зеленых кровель. Но остается ряд часто встречающихся на практике ошибок, допускаемых проектировщиками при разработке проектов благоустройства эксплуатируемых кровель.

Целью работы является разработка рекомендаций по инженерной подготовке и благоустройству эксплуатируемых кровель подземных автостоянок для избежания наиболее частых ошибок при их проектировании и эксплуатации.

Для достижения поставленной цели был проведен анализ нормативной документации по эксплуатируемым кровлям и, исходя из опыта проектирования, собраны часто встречающиеся ошибки и проблемы, с которыми сталкиваются инженеры и ландшафтные архитекторы. В результате сформулированы рекомендации для этих специалистов.

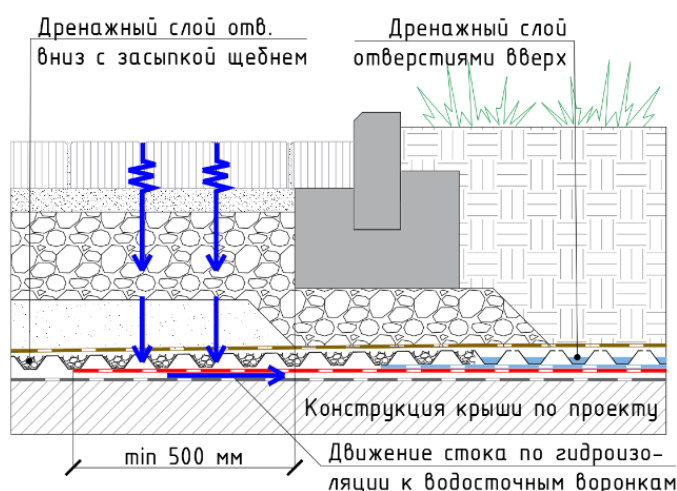


Рис. 1. Сопряжение тротуара и газона на эксплуатируемой кровле

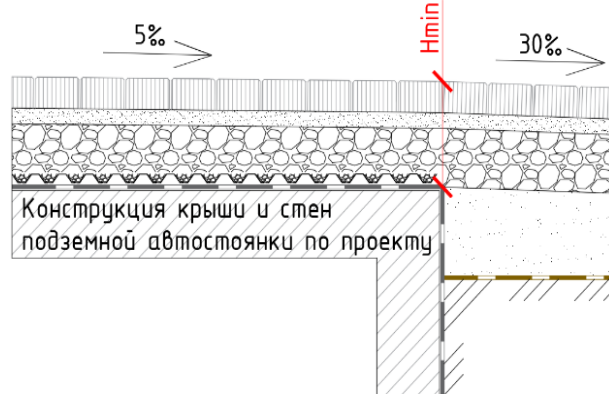


Рис. 2. Сопряжение покрытий на эксплуатируемой кровле и на грунте

Рекомендации инженерам при разработке проектов благоустройства эксплуатируемых кровель [1–3]:

1. При разработке конструкций дорожных одежд (КДО) на стыках озеленяемой зоны и эксплуатируемого покрытия предусматривать заведение противокорневой пленки под прилегающее покрытие минимум на 500 мм (рис. 1) [4]. Корни растений сильно разрастаются, и могут продавить любую поверхность и порвать гидроизоляцию, что приведет к аварийному состоянию кровли. Корнезащитный слой имеет гладкую поверхность, что не позволяет корням упереться или зацепиться за него. От противокорневой пленки можно отказаться, если закладываемая в проект гидроизоляция обладает корнезащитными свойствами.

2. При разработке КДО предусматривать единый дренажный слой по всей площади крыши, а не только в зеленых зонах. Под озеленение следует укладывать дренажную мембрану с направлением ячеек вверх для дополнительного водонакопления. Под другие эксплуатируемые покрытия следует укладывать либо дренажную мембрану с направлением ячеек вниз и заполнением ячеек щебнем для повышения устойчивости к нагрузкам (рис. 1), либо слой щебня с геотекстилем с двух сторон.

3. Не предусматривать уклонообразующие и защитные цементно-песчаные стяжки над слоем гидроизоляции кровли. В случае реакции цементного камня (ЦК) с дождевой водой произойдет вымывание гидроксида кальция из ЦК. Выщелачивание приведет к снижению прочности ЦК и зашлаковыванию водоприемных воронок. В качестве уклонообразующих слоев применять, например, песок или керамзит.

4. При разработке плана организации рельефа и КДО необходимо обращать внимание на разность отметок по ж/б перекрытию кровли подземного паркинга и по входам в здание. Финишное покрытие кровли не должно приходить выше входов. При недостаточной толщине для укладки покрытия возможна корректировка конструктивных слоев в местах примыкания покрытий к зданию (в допустимых пределах). Также при разработке вертикальной планировки необходимо обращать внимание на отметки стыков покрытий, уложенных по грунту и по плите подземного паркинга. Разность отметок по верху покрытия и по ж/б плите должна позволять беспрепятственно уложить конструктивные слои покрытия. На рис. 2 показан вариант сопряжения со сменой уклона поверхности. При равномерном уклоне не удастся соблюсти H_{min} .

5. При устройстве подпорных стен для увеличения толщины слоя субстрата необходимо предусматривать отверстия в стенках для отведения воды. Застаивание воды в субстрате может привести к загниванию корней (рис. 3) [4].

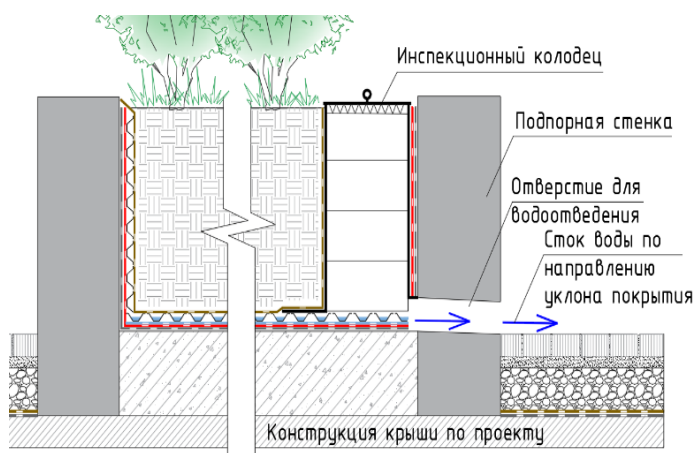


Рис. 3. Водоотведение дождевого стока при устройстве подпорных стен

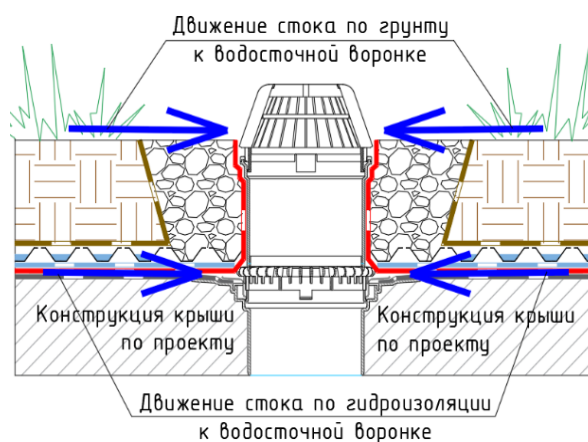


Рис.4. Многоуровневая воронка на эксплуатируемой кровле

6. При подборе малых архитектурных форм, детского и спортивного оборудования учитывать способ их крепления и при необходимости предусматривать на кровле закладные детали. Установка без них может привести к нарушению герметичности гидроизоляции и протечкам кровли.

7. Устраивать многоуровневые воронки, отводящие воду как с поверхности крыши, так и с уровня гидроизоляции и дренажного слоя (рис. 4). При установке воронок, отводящих сток только с поверхности покрытий, просочившаяся вода будет скапливаться на уровне гидроизоляции, увеличивая нагрузку на кровлю, а также разрушая все слои покрытия при изменениях температуры. Данная рекомендация также относится к воронкам в асфальтобетонном покрытии, так как и через него вода просачивается до уровня гидроизоляции.

8. В водосточных воронках и лотках системы водоотведения предусматривать саморегулирующиеся греющие кабели. Обогрев поможет избежать замерзания и разрушения элементов водоотведения в зимнее и весеннее время года.

Рекомендации *ландшафтным архитекторам / дендрологам* при разработке концепций благоустройства и озеленения эксплуатируемых кровель [1, 2, 4]:

1. Учитывать на каждом озеленяемом участке кровли толщину слоя субстрата при подборе растений. При ее глубине, недостаточной для посадки деревьев или кустарников, необходимо предусмотреть увеличение слоя грунта. Для этого подойдет устройство геопластики (холмы, подпорные стены), либо стационарные емкости (кашпо).

2. Под озеленение закладывать специальные субстраты, а не обычный растительный грунт. Последний не подходит по нескольким причинам: большой удельный вес во влагонасыщенном состоянии (до 1650 кг/м³); может быть заражен вредителями и сорняками; подвержен слеживаемости и уплотнению; имеет низкую влагоудерживающую способность; содержит неконтролируемое количество органических и иных веществ, что приводит к ускоренному заиливанию дренажных слоев, загниванию корневой системы, гибели и необходимости замены растений. Специальные субстраты – легкие, пористые, влагоемкие, воздухо- и водопроницаемые, имеют нейтральный pH и богатый питательный состав.

3. При подборе озеленения выбирать неприхотливые стойкие породы, способные к быстрому восстановлению, а также учитывать климатические особенности территории.

4. Деревья подбирать в перспективе высотой не более 7 метров. Чем крупнее дерево, тем больше от него нагрузка на кровлю, более развита корневая система. Предпочтение отдавать многоствольным формам, они лучше сопротивляются ветровому воздействию.

5. Не использовать растения со стержневой и агрессивной корневой системой, чтобы предотвратить агрессивное воздействие и разрушение гидроизоляции кровли.

6. Зоны озеленения должны иметь большую площадь для разрастания корней нежели глубину. Глубины 0,7-0,8 м обычно вполне достаточно для высадки деревьев.

7. Предусматривать скрытое крепление комлей деревьев. Корням деревьев на искусственном основании не за что уцепиться, поэтому деревья на зеленых крышах больше подвержены ветровому воздействию.

8. Подбирать мощность небольших размеров с целью хорошего дренирования воды через швы. Так как водоотводящая способность мощения на 20% ниже в сравнении с асфальтобетоном, дренирование ускорит процесс отведения воды с кровли в направлении водосточных воронок (см. рис. 1) [5].

Таким образом, соблюдение вышеуказанных рекомендаций на стадии проектирования поможет в будущем избежать протечек, гибели растений, зашлаковывания систем водоотведения, разрушения конструкций дорожных одежд, что в итоге значительно продлит срок службы эксплуатируемых и зеленых кровель.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ Р 58875-2020. «Зеленые» стандарты. Озеленяемые и эксплуатируемые крыши зданий и сооружений. Технические и экологические требования. М.: Стандартинформ, 2020 – IV, 49 с.
2. Рекомендации по проектированию озеленения и благоустройства крыш жилых и общественных зданий и других искусственных оснований. М.: ГУП "НИАЦ", 2000 – 64 с.
3. Клевцов А.М., Тихоненко К.А. Эксплуатируемые кровли. Ошибки при проектировании, устройстве и обслуживании [Электронный ресурс]. URL: <https://resitrix.ru/stati/309/> (дата обращения 10.02.2022 г.).
4. ZinCo (ЦинКо) – официальный веб-сайт компании [Электронный ресурс]. URL: <https://www.zinco.ru/> (дата обращения: 25.02.2022 г.).
5. Руководство по конструкциям, технологии устройства и требованиям к дорожным покрытиям из искусственных камней в Санкт-Петербурге / Мэрия Санкт-Петербурга; Департамент по благоустройству и дорожному хозяйству. – СПб., 1996.

АНАЛИЗ ОСВЕЩЕНИЯ ДОМА УЧЕНЫХ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Дом ученых – общественное здание, находящееся в парке Политехнического университета недалеко от станции метро «Политехническая». В здании проводится около 80 научных и культурных мероприятий в год. Однако, с года постройки (1934) не проводилась его реконструкция или капитальный ремонт.

После первичного обследования обнаружилось, что в Доме ученых отсутствует естественное освещение в некоторых комнатах, недостаточно искусственного освещения. Таким образом, возникает необходимость рассмотреть искусственное и естественное освещение Дома ученых с целью поиска энергоэффективных решений, которые повысят комфортность внутренней среды здания.

В современном мире развитие технологий BIM (Building Information Modeling) и BEM (Building Energy Modeling) позволяет проводить ремонт и реконструкции зданий и сооружений не только с точки зрения архитектурной составляющей, но и анализировать различные конструкции для расчета технических характеристик здания. Это помогает провести анализ возможности применения энергоэффективных технологий [1]. В исследовании будет использована программа Autodesk Insight, которая позволяет проектировать более энергоэффективные здания с помощью передовых механизмов моделирования, интегрированных в Revit [2].

Цель работы – анализ естественного и искусственного освещения Дома ученых с внедрением энергоэффективных технологий.

Для проведения данного исследования были поставлены следующие задачи:

1. Построение 3D-модели с применением технологий Autodesk Revit.
2. Проведение анализа естественного освещения в программе Autodesk Insight.
3. Расчет искусственного освещения здания.
4. Поиск энергоэффективных технологий на основе полученных расчетов.

Методы исследования: изучение и анализ литературы по теме исследования; моделирование в программе Autodesk Revit и Autodesk Insight; численно-аналитический метод расчета.

В результате исследования были собраны данные по объекту (обмеры здания, фотофиксация во время осмотра здания, построение планов этажей и разделение на функциональные зоны, визуализация объекта) и на основании полученных данных создана архитектурная модель в Autodesk Revit.

Естественное освещение должно быть во всех помещениях с постоянным пребыванием людей. Расчет в Autodesk Insight позволит обеспечить анализ уровня освещенности регулярно занятых помещений Дома ученых. Для расчета была поставлена задача: 75 % всех занятых на постоянной основе помещений должны достигнуть дневной освещенности в диапазоне от 300 до 3000 люкс в день равноденствия 21 марта в 12 часов дня и 3 часа дня для географического расположения проекта.

В программе были заданы следующие факторы: местоположение, северная ориентация, свойства оконных стекол, процент отражения отделочных материалов (для потолка 90%, стен 50%, пола 30%). Высоту рабочей поверхности принимаем 85 см. Результат анализа освещенности 1 этажа здания в 12 часов приведен на рис. 1. Результат анализа освещенности 1 этажа здания в 15 часов приведен на рис. 2.

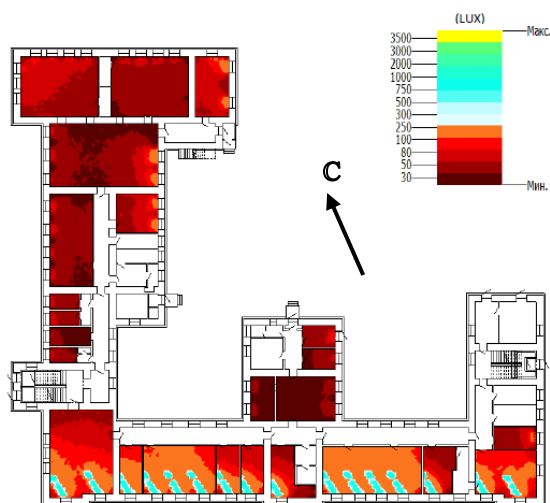


Рис. 1

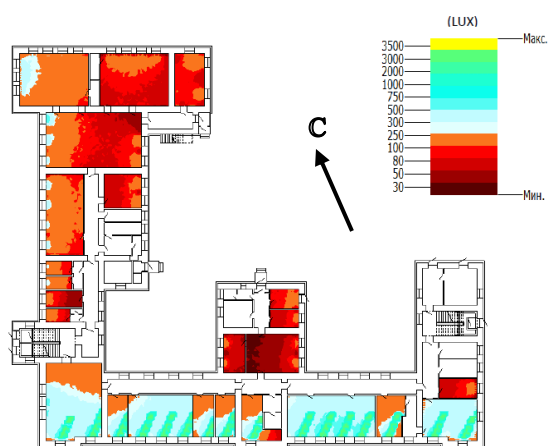


Рис. 2

кабинета площадью 50 м^2 ($10 \times 5 \text{ м}$, высота $4,2 \text{ м}$), в котором проходят занятия по вокалу. В кабинете 4 подвесных потолочных светильника (размер $1270 \times 90 \times 90 \text{ мм}$, мощность 36 Вт) и 1 торшер (мощность 24 Вт). Расчет искусственного освещения будет проводиться методом коэффициента использования [4]. Количество светильников, необходимое для обеспечения светового потока и освещенности, рассчитывается по формуле (1):

$$N = \frac{E_{\min} K_z S Z}{\Phi N_{\text{л}} \eta} \quad (1)$$

Уровень рабочей поверхности принимаем $0,85 \text{ м}$, высота подвеса светильников $4,2 \text{ м}$. Коэффициенты отражения потолка, стен и пола приняты соответственно $90, 50, 30\%$. В помещении выполняются зрительные работы средней точности.

Зная высоту светильников над рабочей поверхностью и параметры помещения, находим индекс помещения ($i = 1$). Используя коэффициент отражения света стен и потолка, который использовали при вводе данных в программе Autodesk Insight, и индекс помещения, по таблице определяем коэффициент использования ($\eta = 0,48$). Принимаем нормативную освещенность в 300 Лк (E_{\min}) и коэффициент запаса $K_z = 1,5$ (так как в помещении светильник для линейных люминесцентных ламп типа Т8). Коэффициент неравномерности освещения Z принимаем $1,1$. Зная световой поток линейной люминесцентной лампы и световой поток в расчетной точке помещения, находим количество ламп, необходимое для кабинета [5].

Результат анализа в программе Autodesk Insight показал, что минимальный процент освещенности в промежуток времени с 12 до 15 часов равен 4% , максимальный процент освещенности составляет 33% . Норма естественного освещения составляет 75% , а значит, что в Доме ученых недостаточный процент освещенности. В первую очередь это связано с тем, что рядом находятся зеленые насаждения и другие здания, которые мешают проникновению солнечного потока в помещения. Так же стоит отметить, что Санкт-Петербург обладает низким световым потоком.

Для повышения процента естественного освещения здания необходимо:

- правильно подобрать цветовую отделку помещений. Стены и потолки, окрашенные светлой краской или побелкой, лучше отражают и рассеивают естественный свет;
- выбрать мебель светлых оттенков;
- использовать рефлекторную систему дневного освещения. Она устанавливается на фасаде здания и направляет рассеянное излучение неба с помощью отражающего элемента на потолок с высоким коэффициентом отражения [3].

Искусственное освещение помещений Дома ученых, в которых постоянно пребывают люди, состоит из торшеров, светильников и настольных ламп. Проведем расчет на примере

кабинета площадью 50 м^2 ($10 \times 5 \text{ м}$, высота $4,2 \text{ м}$), в котором проходят занятия по вокалу. В кабинете 4 подвесных потолочных светильника (размер $1270 \times 90 \times 90 \text{ мм}$, мощность 36 Вт) и 1 торшер (мощность 24 Вт). Расчет искусственного освещения будет проводиться методом коэффициента использования [4]. Количество светильников, необходимое для обеспечения светового потока и освещенности, рассчитывается по формуле (1):

$$N = \frac{E_{\min} K_z S Z}{\Phi N_{\text{л}} \eta} \quad (1)$$

Уровень рабочей поверхности принимаем $0,85 \text{ м}$, высота подвеса светильников $4,2 \text{ м}$. Коэффициенты отражения потолка, стен и пола приняты соответственно $90, 50, 30\%$. В помещении выполняются зрительные работы средней точности.

Зная высоту светильников над рабочей поверхностью и параметры помещения, находим индекс помещения ($i = 1$). Используя коэффициент отражения света стен и потолка, который использовали при вводе данных в программе Autodesk Insight, и индекс помещения, по таблице определяем коэффициент использования ($\eta = 0,48$). Принимаем нормативную освещенность в 300 Лк (E_{\min}) и коэффициент запаса $K_z = 1,5$ (так как в помещении светильник для линейных люминесцентных ламп типа Т8). Коэффициент неравномерности освещения Z принимаем $1,1$. Зная световой поток линейной люминесцентной лампы и световой поток в расчетной точке помещения, находим количество ламп, необходимое для кабинета [5].

Расчетное значение количества светильников, необходимых для кабинета, равно 5,37 (~6 светильников). Следовательно, для комфортной работы в кабинете необходимо добавить еще 2 светильника, или предусмотреть комплекс энергосберегающих мер, повышающих искусственное освещение в помещениях:

- установка электронных пускорегулирующих устройств (ЭПРА);
- использование систем автоматического регулирования освещения в зависимости от внешних факторов;
- использование источников освещения с показателем цветопередачи $R > 80$ и установленным сроком службы больше 24000 часов;
- в местах общего пользования установить датчики движения/присутствия [6].

Таким образом, анализ естественного освещения в программе Autodesk Insight и расчет искусственного освещения в одном из помещений с постоянным пребыванием людей показали необходимость внедрять в Доме ученых энергосберегающие технологии по увеличению процента освещенности. Технологии позволят добиться повышения комфортности внутренней среды здания.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Романов М.В., Либерман Э.Б., Сухачев С.А., Громов Е.А., Фрибус А.Р. Реконструированное здание и способ реконструкции малоэтажного здания // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2013. № 12(179). С. 21–29.
2. Инжутов И.С., Енджиевский Л.В., Абовский Н.П., Сапкалов В.И. Устройство для реконструкции, надстройки старых зданий и устройство соединения этажей между смежными зданиями // Реконструкция старого фонда. 2016. № 14. С. 140–152.
3. Мирсаяпов И.Т., Нуриева Д.М., Шакиров И.Ф. Исследование влияния реконструкции 12-ти этажного административного здания на техническое состояние зданий окружающей застройки // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. №4(50). С. 245–254.
4. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение: актуализированная редакция СНиП 23-05-95: утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ 07.11.2016 N 777/пр: введен в действие с 8.05.2017. – Москва: ФГУП ЦПП, 2017. – 23 с.
5. Калбагаева Э.О. Энергоэффективность существующего жилого фонда // Материалы междунар. науч.-практ. конф. – Казахстан, 2019. С. 345–349.
6. Есин Е.Ю., Моисеенко М.О., Фурсова Н.А. Особенности реконструкции старинных зданий в Томске // Перспективы развития фундаментальных наук. 2014. С. 757–759.

УДК 72.025.5

А.Н. Соболева, А.А. Шавва
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИЗМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ОБЪЕКТА КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ТРЕБОВАНИЙ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Гидробашня Санкт-Петербургского политехнического университета представляет собой промышленное здание, изначально предназначавшееся для водоснабжения корпусов учебного заведения. Построенная в 1905 г., башня стала одной из учебно-вспомогательных построек вуза [1]. Администрация университета продолжает планомерную работу по сохранению этого здания и возвращению ему первоначального внешнего облика.

Особенностью рассматриваемого объекта является то, что он находится под защитой Комитета по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры (КГИОП). Это первый в России государственный орган по охране памятников культуры, ответственный за проведение государственной политики Санкт-Петербурга в

сфере учета, выявления, сохранения, использования, популяризации и государственной охраны объектов культурного наследия [2]. В 2001 году Гидробашня была внесена в реестр объектов культурного наследия на государственную охрану. В связи с этим для данного объекта исключена возможность изменения внешнего облика здания и осуществления перепланировки без согласования с КГИОП.

В настоящее время разрабатывается проект по устройству в Гидробашне общественного пространства для студентов и преподавателей. Уникальность проекта заключается в оптимизации используемого пространства с сохранением основного каркаса исторического здания и подготовка индивидуальных решений.

Цель работы – разработка проекта размещения общественного пространства в здании



Рис. 1.

Гидробашни с учетом требований пожарной безопасности. Для этого на первом этапе был разработан дизайн-проект, включающий в себя вариации зонирования и перепланировки объекта КГИОП, одна которых представлена на рис. 1.

Данный проект в 2021 г. стал победителем конкурса Комитета по науке и высшей школе Санкт-Петербурга на предоставление субсидий

социально ориентированным некоммерческим организациям для возмещения затрат на проведение мероприятий в формате «точек кипения». Университет получил денежные средства на реализацию проекта нового пространства «Точка кипения – Политех» в Гидробашне [3].

Проект также включает в себя визуализации помещений. На рис. 2 представлено сравнение ожидаемой реализации проекта и состояние помещения машинного зала в настоящий момент. Осуществление проекта находится на стадии демонтажа и утилизации нефункционирующего оборудования, силовых конструкций и каркаса для их работы.

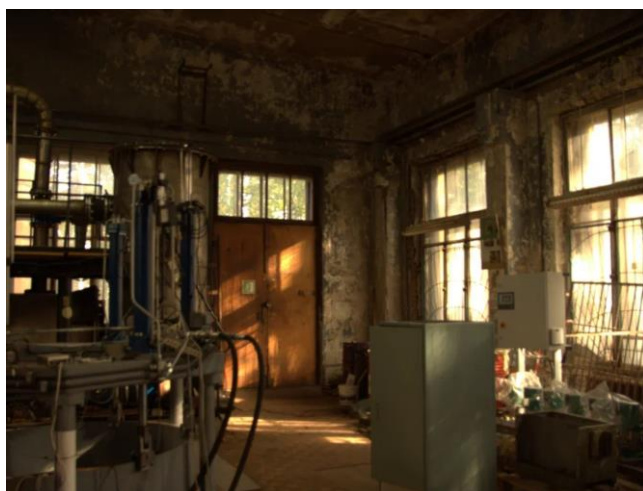


Рис. 2

Вторым этапом работы является проработка вопроса пожарной безопасности общественного пространства. Часть 3 статьи 80 Федерального закона №123-ФЗ установлено, что при изменении функционального назначения здания должно быть обеспечено выполнение требований пожарной безопасности, установленных в соответствии с Федеральным законом №123-ФЗ применительно к новому назначению [4].

Здание Гидробашни согласно №123-ФЗ имеет класс функциональной пожарной опасности Ф5.1 – производственные здания, сооружения, производственные и лабораторные помещения, мастерские. При изменении функционального назначения необходимо присвоение класса пожароопасности Ф2 – здания преимущественно общественного назначения. Этот параметр влияет на выбор оснащения и отделки эвакуационных выходов, длину участков эвакуационных путей, оснащение осветительными приборами лестничных клеток, комплектация и масштабность системы противопожарной защиты.

Машинное отделение Гидробашни имеет два рассредоточенных выхода, высота и ширина которых соответствует высоте эвакуационных выходов в свету на объектах, являющихся памятниками архитектуры [5]. Для оценки пожарных рисков, времени эвакуации и проверки правильности и достаточности принимаемых мер безопасности, была разработана модель машинного зала в программном обеспечении «PyroSim» (рис. 3).

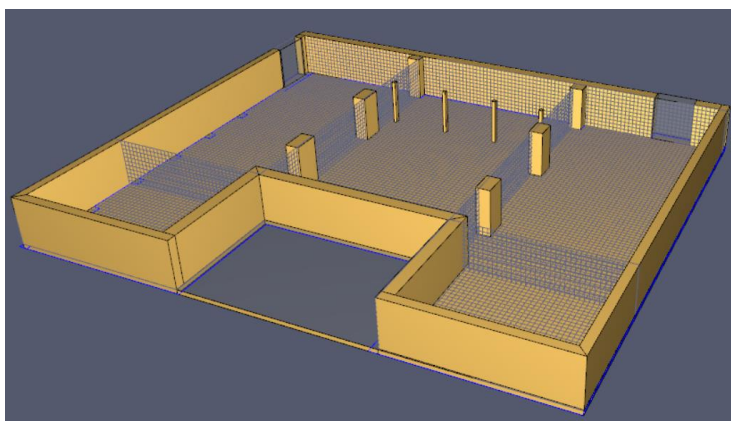


Рис. 3

С помощью данных, полученных при анализе модели, был сделан вывод, что необходимо создание специальных технических условий (СТУ) для обеспечения безопасной эксплуатации объекта в качестве общественного пространства.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Меншуткин Б.Н. История С.-Петербургского политехнического института с его основания до Октябрьской революции. [Ч. 1]. 1899-1917. [Электронный ресурс] URL: https://elib.spbstu.ru/dl/2/ed-19_100010_0000440701br.pdf/info (дата обращения: 03.02.2022).
2. Комитет по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры [Электронный ресурс] <https://kgior.gov.spb.ru/> (дата обращения: 27.05.2021).
3. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого [Электронный ресурс] URL: https://research.spbstu.ru/news/polytech_grant_development_center_project_activities_talented_yout/ (дата обращения: 03.02.2022).
4. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (с изменениями на 30 апреля 2021 года). [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 03.02.2022).
5. СП 1.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/565248961> (дата обращения: 03.02.2022).

PASSIVE HOUSE DESIGN AND ITS AFFORDANCES IN INDIA

Passive house is a voluntary standard for energy efficiency in a building, which reduces its ecological footprint. In particular it results in little energy consumption for space heating or cooling. The designing principles of passive house are directed to energy efficiency, comfort, and affordability [1–7].

For Delhi high climate fluctuations are characteristic. Due to them the heating load (H) and cooling load (C) for glazing have an offset impact. As a result, finding the optimum energy balance is crucial. Due to the upgrading of insulation materials, synergy effects can also be detected in the forecast findings. Building thermal performance and energy efficiency are improved with these measures.

Another important issue is thermal comfort. In the suggested conditions of design mean radiant temperature (MRT) can be lower than the room ambient temperature due to the impacts of the surrounding surface temperatures. Here it is possible to reduce the warmth of the floor's surface. The effect of coolness storage combined with night-ventilation is striking. Also, for sustaining indoor air quality building an airtight house and then having a fresh air system with energy recovery ventilation (ERV) is possible. Then our house becomes comfortable and healthy house.

For sound insulation using triple glazed window provides very quiet house, which is important because in Delhi the surrounding is full of noise which disturbs people and children who study at home.

Modelling of energy efficient measures for a building was done using the data in Table 1. Results of modelling of a building with and without installation of ERV and solar collectors are shown on Fig. 1. The data before installation are shown on the left picture, after – at the right picture. Diagrams in the first (upper) row show energy balance of supplied energy, diagrams in the second (lower) row show emitted energy. In Table 2 the general results are compared.

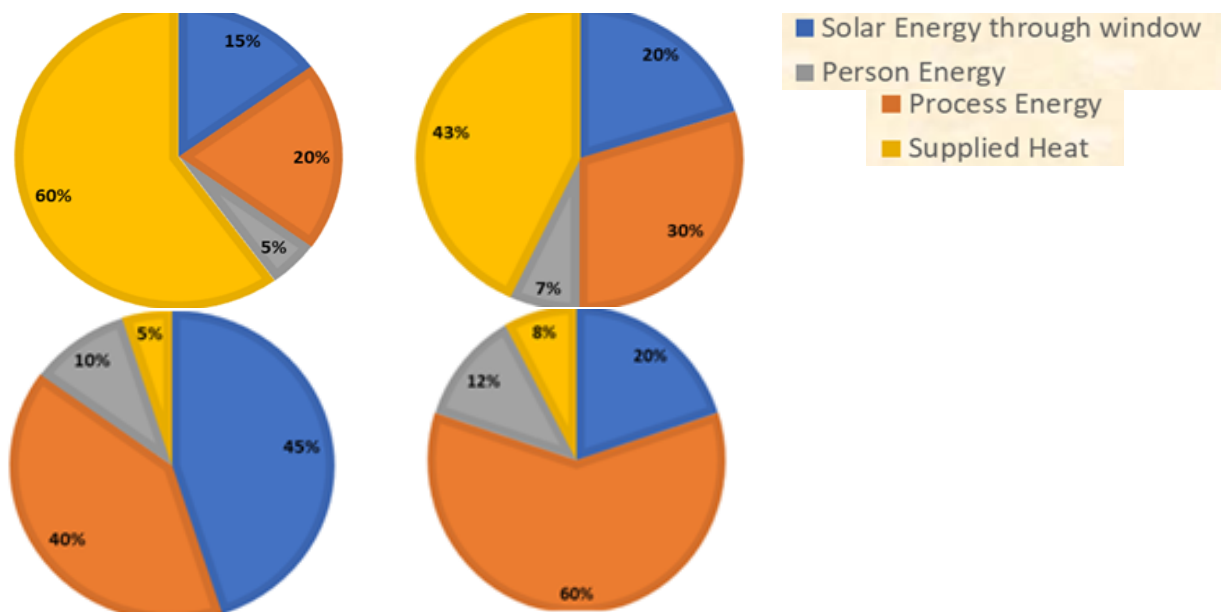


Fig. 1

Table 1 – Simulation Module Data (Reduce heat losses)

Elements	Techniques	Parameters
Walls	Thermal mass (normal 230 brick)	Material concrete, brick, wood
		Sizes: 400 mm, 230 mm, 115mm
Doors and windows	Ventilations	Flex Vent $-18\text{ }^{\circ}\text{C} \leq \text{AT} \leq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$
		Night ventilation
		Normal ventilation
Insulations	External insulation (normal no insulations)	Types: all envelopes (floor, roof, walls), roof, no insulation
		Sizes: 100mm, 25mm, 0.0mm
Eaves	Shading (normal, 0.6m)	Types: horizontal, vertical
		Sizes: 2m, 0.6m, 0.0m
South Window	Glazing (normal, single glaze 30-40%)	Types: double glass Low-E Glazing, triple glazing, single glazing
		Sizes: 70%, 30%, 10%
Site/Location	Ventilation, shading	Courtyard house type
Size (Model)	Combined volume	10×6×3.5 m
Orientation	Heat Gain in winter	East-west
Floor	Thermal mass	200 RCC, earthen
Roof	Thermal mass	200 mm concrete
Window (E&W)	Glazing	Fix Size: 1.0×0.4 m
North Window	Glazing	Fix Size: 2.0×2.4 m
Occupancy	Night Residence	18:00-08:00 hours
Heat Sources (Equipment)	4 occupants	400kcal/hour
	Refrigerator	130 kcal/h (24 hours)
	Oven (4hrs/day)	1848 kcal/h

Table 2 – Passive House vs Original Building Parameters

Description	Passive House Criteria	Original building parameters
Space heating energy requirement	$\leq 15\text{ kWh/m}^2$ per year	95.3kWh/m ² per year
Specific power load	$\leq 10\text{ W/m}^2$	19.4 W/m ²
Purchased energy requirement	$\leq 50\text{ kWh/m}^2$	160.4 kWh/m ²
Ventilation, with heat recovery efficiency	$\geq 75\%$	Without heat recovery

In general the results of modelling showed the following. The target building has saved a significant amount of energy by using ERV ventilation system after improving the building envelope insulation, changing to a new ventilation system with highly efficient heat recovery, and installing solar collectors. Improving the building envelope is the most important way to reduce energy consumption due to heat losses. By switching to a new ventilation system and installing solar collectors, a portion of the purchased energy is converted to free energy, such as solar energy and heat recovered from a heat recovery system. They have reduced their heating consumption. The ideas behind passive design required for the Delhi region were developed because of the systematic parametric analysis through simulation. In addition to some of the parts that make up passive design strategies, evaporative cooling in dry seasons, which was chosen based on the study of the field survey and environment, is likely to have synergistic or non-synergetic effects, which remains a constraint and future challenges.

REFERENCES:

1. PHI. Passipedia: The Passive House Resource, Basics. 2017. Available online: <https://passipedia.org/basics>
2. Passive Design- towards low-energy Architecture in India https://www.researchgate.net/publication/332264246_Passive_Design_with_Affordances_-_Towards_Low-energy_Architecture_in_India
3. Passivhaus by Alejandro Moreno-Rangel https://www.researchgate.net/publication/347852726_Passivhaus
4. Tungnung, K., 2016. Passive Design with Affordances – Towards Low-energy Architecture in India. DOI: nfo:ndljp/pid/10370502
5. Tungnung, K., Kodama, Y., 2015. Affordance of Thermal Comfort through Passive Design – Towards Sustainable Architecture in India. Design Research No. 67, pp. 32-39. Kobe: Journal of Design Research Association (DRA). March, 2015
6. Tungnung, K., Kodama, Y., 2014. Affordance of Thermal Comfort through Passive Design: A Case Analysis on Effects of Ventilation, Shading, and Thermal Mass in Delhi. Paper presented at the meeting of the 30th International PLEA Conference, India. Tungnung, K., Takemasa, K., Kodama, Y., 2014.
7. Olgyay, V., 1963. Design with Climate. Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. NJ: Princeton University press. Print. Gibson, J.J., 1979. Chapter 8, The Theory of Affordances. In: The Ecological Approach to Visual Perception. Retrieved from <http://cs.brown.edu/courses/cs137/readings/Gibson-AFF.pdf>.

UDC 624.9, 534

Saif Khan
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

UTILIZATION OF SOLAR ENERGY – A STEP TOWARDS BUILDING SUSTAINABLE ENVIRONMENT

The main goal of article is to know about the consumption of electricity in the capital city of India and further calculate the amount and area of solar modules needed for a person to meet his daily requirement. The task in this article is being done to get information about the energy being consumed only by residential buildings in Delhi. Such task will help in understanding the total consumption of energy in the capital city in the residential buildings and the minimum capacity of solar panels needed to reduce the consumption of energy creating electricity.

A mathematical model is created which can be used to calculate the capacity of solar modules which are to be applied or implemented for residential buildings. Calculation will be based on the consumption of electricity in residential buildings.

At first data for the average sunlight hours in Delhi were collected from the information available on the climate website [1]. The data were further presented in the form of bar chart as in Fig. 1, which clearly shows that daylength in Delhi is almost same for every month except in the months from November – February. The sunlight hours is maximum in May, from here we can also say that the rise in temperature occurs thus creating a huge demand of electricity in order to make the appliances work.

In order to get the monthly overview of electricity consumption a comparison was done as in Fig. 2 of consumption of electricity by taking a data from an apartment in Delhi (the data is not very exact but it is close to reality).

It can be summarized that the consumption is at its peak in the months in which the temperature is very high. In order to meet with the requirements of people especially during summer times there are 6 major power stations in Delhi (2 coal based, four gas based). The main power station is coal based which creates a huge issue of air pollution. On January 18, 2022 it was declared that Delhi city was the most polluted city in the world with an air quality index (AQI) of 294, which is very likely to increase the risk of health effects and is considered as very unhealthy [2]. Energy

saving measures could help to reduce the production at these power plants and improve the air quality as well as the shortage of electricity. There were also some situations and one of the recent one was last year in October when a blackout warning was raised to the people of Delhi due to lack of coal at the coal based power stations.

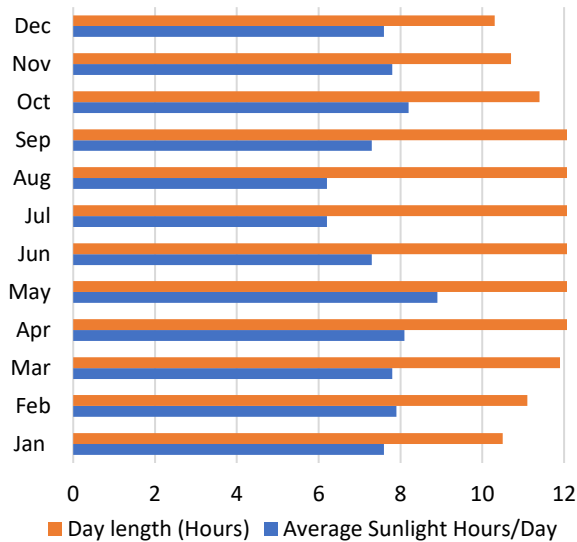


Fig. 1. Day length and average sunlight hours

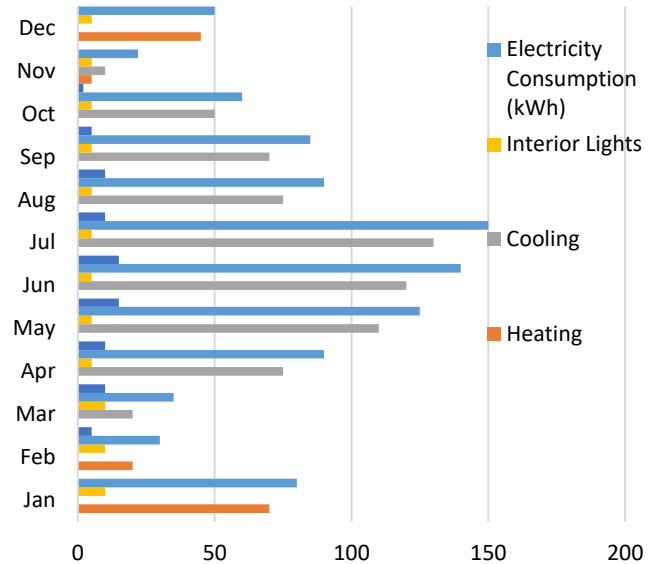


Fig. 2. Monthly overview of electricity consumption, kWh

The implementation of solar panel on top of buildings will effect the most in a positive way. In the presented paper not a big mansions or large apartments are dealt with but a home of medium class family which has an average wage and is living a normal life. For an example of it the calculations were done.

It was assumed that a house has the following electrical appliance usage:

- four 7 W led bulbs used 6 h per day;
- two 70 W fan used for 10 h per day;
- one 150 W refrigerator that runs 24 h per day with compressor run 12 h and off 12 h;
- one 120 W television that runs for 7 h per day.

The basic power consumption demand:

$$\text{Total power appliance uses (A)} = 4 \times 7 \text{ W} \times 6 \text{ h} + 2 \times 70 \text{ W} \times 10 \text{ h} + 150 \text{ W} \times 24 \times 0.5 + 120 \text{ W} \times 7 \text{ h} = 4208 \text{ Wh/day.}$$

$$\text{Total PV panels energy needed} = 4208 \times 1.3 = 5470.4 \text{ Wh/day.}$$

In order to calculate the size of the PV panel:

$$\text{Total Wp of PV panel capacity needed} = \text{Total Watt-hours per day needed from the PV panels} / \text{PGF (for India PGF value is 4-5)} [3] = 5470.4 / 4 = 1367.6 \text{ Wp.}$$

$$\text{Number of solar modules} = \text{TPV} / 220 = 1367.6 / 220 = 6.21 \text{ Modules} \approx 7 \text{ Modules.}$$

So this system should be powered by at least 7 modules of 220 Wp PV module.

Calculation of inverter sizing:

$$\text{Total Watt of all appliances} = 7 \text{ W} \times 4 \text{ bulbs} + 70 \text{ W} \times 2 \text{ fans} + 150 \text{ W} + 120 \text{ w} = 438 \text{ W.}$$

For safety, the inverter should be considered 25-30% bigger size than the total watt of all appliances. Consequently inverter capacity = 570 W.

Calculation of battery sizing:

Total appliances used = $(7 \text{ W} \times 6 \text{ h} \times 4) + (70 \text{ W} \times 10 \text{ h} \times 2) + (150 \text{ W} \times 12 \text{ h}) + (120 \text{ W} \times 7 \text{ h})$.
 Nominal Battery Voltage = 12 V.
 Days of autonomy = 3 days.
 Battery capacity = $\text{Total Watt hours} \times 3 / (0.85 \times 0.6 \times 12) = 4208 \times 3 / (0.85 \times 0.6 \times 12) =$
 Total ampere Hours = 2062.7 Ah.
 So the battery should be rated 12 V 2062.7 Ah for 3-day autonomy.

Cost of Solar PV in India 65 INR/ W (1 INR = 1.42 Roubles as checked on 19.03.2022).
 Cost of Panel = Required PV Panels energy \times Cost of PV Panel per watt = $5470.4 \times 65 = 355576$ INR or 503306 RUB.

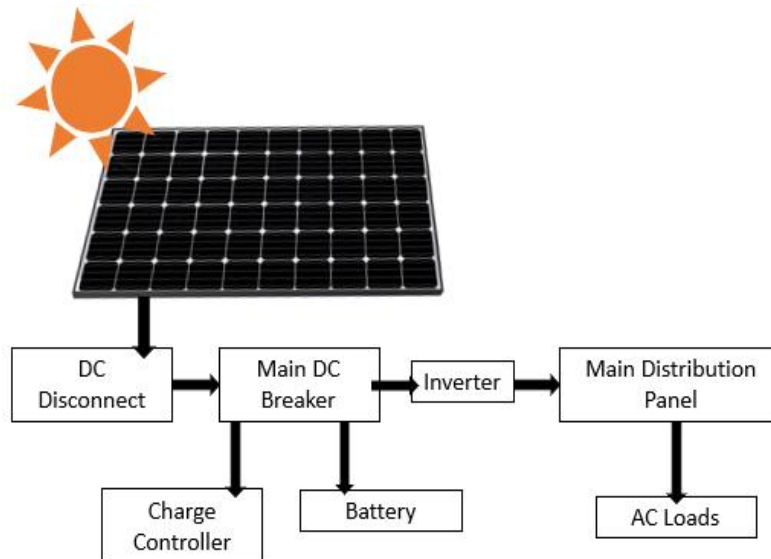


Fig. 3. Work Flow Diagram of a basic solar panel arrangement

Investment is a little huge amount but if the government provides with certain loans or subsidy system such initiative was taken by the Government of Delhi were it was clearly stated that the domestic consumers will not have to bear complete cost of installation of solar panels.

This model concludes that the daily basic need of electricity for an average house can be achieved by installing solar panels on roof top in Delhi as it receives very good amount of sunlight and it is therefore sure to say that the battery connected through solar panels can easily be charged to meet the daily needs of people. A basic work flow diagram as in fig (iii) shows the arrangement of the equipment's for this idea. This model will also eventually decrease the air pollution level in Delhi which is very high. The air pollution can be reduced because the power plants in Delhi use coal for the production of electricity which in turn releases a huge amount of carbon dioxide and other gases. By implementing the use of solar panels definitely a change will be noticed and the load of electricity generation on power plants will decrease.

REFERENCES:

1. Average Monthly Sunshine in New Delhi URL: <https://weather-and-climate.com/average-monthly-hours-Sunshine, New-Delhi, India#>
2. World's Air Pollution: Real-time Air Quality Index URL: <https://waqi.info/>
3. The Panel Generation Factor (PGF) of photovoltaic plants – proof Nov 2017 URL: https://www.researchgate.net/publication/321485724_The_Panel_Generation_Factor_PGF_of_photovoltaic_plants_-_proof

НЕОБХОДИМОСТЬ РАЗВИТИЯ ВЕЛОИНФРАСТРУКТУРЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

В 21 веке развитие велосипедной инфраструктуры является общемировой тенденцией. Велодвижение обретает популярность, так как имеет множество преимуществ как для развития городской среды, так и для жизни и здоровья человека в целом. Однако, для формирования единой велоинфраструктуры необходим комплексный подход, учитывающий удобство и безопасность, доступность и интеграцию в общественное пространство, а также потребности людей. Примером тому являются грамотно организованные проекты, воплощенные в таких странах, как Нидерланды, Дания и Бельгия. Доля велопользования в данных странах достаточно высока – от 10 до 26% (по данным на 1999 – 2008 г. [1]). Доля велопользования в Санкт-Петербурге достаточно мала – активных велосипедистов не менее 200 тыс., то есть около 5% горожан [2]. В 2012 году Смольный сформировал концепцию развития велодвижения, тогда в городе по официальным подсчетам было всего 12 тыс. велосипедистов при 2 млн. велосипедов [2], что говорит о слабо развитой велосипедной инфраструктуре.

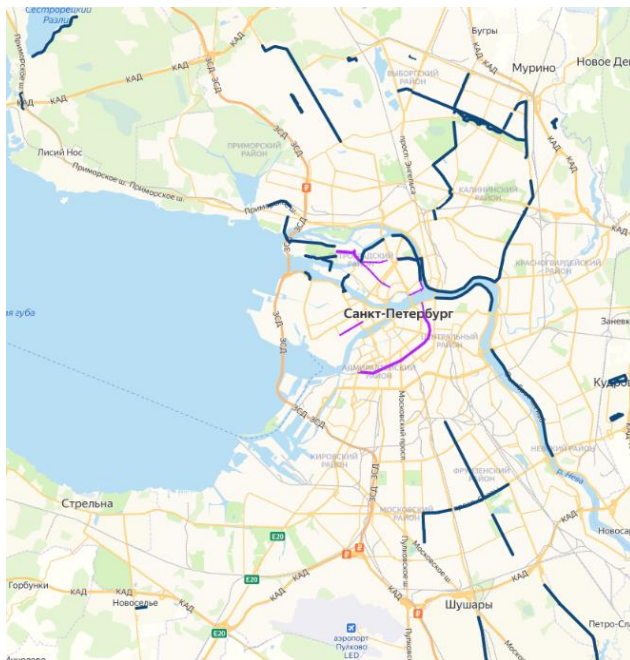


Рис. 1. Карта велодорожек Санкт-Петербурга в 2021 году

Велосипедисты Санкт-Петербурга сталкиваются со следующими проблемами: ограниченная пропускная способность улично-дорожной сети; бурная автомобилизация; автомобильные пробки; плотная застройка; высокая загазованность вблизи автодорог; отсутствие единой сети велодорожек (рис.1).

Возникает необходимость поиска решений этих проблем городской среды с акцентом на их экологичность, доступность, увеличение мобильности населения.

Целью данного исследования является оценка возможности развития комфортной велосипедной инфраструктуры в рамках Санкт-Петербурга.

Задачами исследования являются:

- анализ работ в области разработки логистических схем велодорожек;
- определение методов и способов реализации велотранспортной инфраструктуры.

В ходе обзора работ в области разработки логистических схем велодорожек были изучены возможности, которые помогут в проектировании целостной инфраструктуры. В настоящий момент велоинфраструктура г. Санкт-Петербурга не является полноценной частью городской транспортной системы, отсутствие единой системы велодорожек не позволяет беспрепятственно передвигаться по городу. Кроме того, слабо развита организация велосипедных парковок у станций метрополитена, железнодорожных станций, вокзалов и объектов социально-культурного назначения [6]. Существующие проблемы определить направление дальнейшего развития – определение примерного перечня

велосипедных маршрутов, в том числе соединяющих периферийные районы города с центральными районами; создание и обустройство велосипедных дорожек по велосипедным маршрутам; обеспечение условий для туристических и рекреационных велопоездки; устранение недостатков существующей велосипедной инфраструктуры – организация велосипедных парковок [7].

К методам и способам реализации относится изучение геоинформационных карт, а также опыт разработки велоинфраструктуры в различных городах.

Велотранспортная инфраструктура активно развивается за рубежом. В Европе существует проект PRESTO – программа по развитию велосипедной инфраструктуры и продвижению велосипеда как полноценного транспортного средства. Подходы PRESTO проверены на пяти городах в разных европейских странах. В рамках проекта разработан набор концепций и практических руководств. Основная часть этих материалов посвящена проектированию велосипедной инфраструктуры. В рамках проекта голландской велосипедной ассоциацией Fietzersbond был проведен сравнительный анализ, отражающий связь между уровнем велодвижения в различных городах и качеством велосипедной инфраструктуры. Он показывает, что уровень развитости велотранспортной инфраструктуры приводит к увеличению доли велосипедов в транспортных коммуникациях.

Данный проект рассматривает необходимость интегрирования велосипедной инфраструктуры в города, основные качественные и проектные требования к ней, маршруты, структуру, велопарковочную инфраструктуру, рассматривает велосипед как общественный транспорт и многое другое. Например, специалисты-практики, работающие над данным проектом, предлагают при проектировании велотранспортной сети использовать иерархический принцип для решения вопроса интегрирования велосипедной инфраструктуры в общественное пространство или создания обособленного пространства. Суть принципа заключается в «совмещении там, где возможно; разделении там, где необходимо» [1].

На основе деятельности программы PRESTO можно сделать вывод о том, что внедрение велотранспорта в городскую среду действительно поможет улучшить качество жизни населения, решить транспортные проблемы, разгрузить дороги и преобразить общественные пространства, а также улучшить состояние окружающей среды.

В России такие программы тоже существуют. Например, в Санкт-Петербурге существует программа «Велосипедизация», которая занимается развитием велотранспорта города, однако в меньших масштабах. Ее основными направлениями развития являются увеличение числа городских велосипедистов, просвещение горожан и работа с администрацией города. В рамках данного проекта проводятся мероприятия, способствующие развитию велосипедной инфраструктуры города – появляются новые велодорожки и велополосы, развиваются велопарковки, предлагаются изменения нормативов и правил организации дорожного движения. Так, в 2017 году был рассмотрен вопрос создания велополосы в центре города – на набережной реки Фонтанка – с учетом таких критериев, как безопасность, включающая в себя риски нелегальных выездов автомобилей на велополосу, риск наезда автомобиля на велосипед; рельеф; плотность застройки; воздействие выхлопных газов; удобство, комфорт и безопасность движения всех участников движения [8]. В результате проект велодорожки на набережной был воплощен в жизнь несмотря на ограниченные возможности в условиях существующей городской среды, а его проектные решения могут быть применены при дальнейшей разработке логистической схемы велодорожек в городе.

Анализ зарубежного опыта говорит о важности интегрированной велосипедной инфраструктуры с учетом потребностей велосипедистов и основных требований к сети велодорожек – безопасность, прямолинейность, связность, удобство. Применение опыта

успешных зарубежных проектов поможет при проектировании безопасной велосипедной среды, разработке проектов целостной велоинфраструктуры с учетом стратегии развития и природно-климатических условий.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что развитие велосипедной инфраструктуры в Санкт-Петербурге действительно необходимо. Опыт зарубежных стран показывает положительное влияние велодвижения на городскую среду, на здоровье людей и на состояние воздуха, а значит, интеграция и применение данного опыта благоприятно скажется на развитии города в целом, как в экономическом, так и в экологическом смысле [4]. Тема данного исследования перспективна для дальнейшего изучения, полученные данные позволяют приступать к разработке логистической схемы велодорожек.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Велотранспортная инфраструктура : принципы и практика проектирования : перевод с английского языка / [Дирк Дюфур ; пер.: Алексей Панков и др.]. – Москва : ИНФРА-М, 2016;
2. Галкина Ю. Может ли Петербург стать удобным для владельцев 2 млн велосипедов [Электронный ресурс]/ Галкина Ю.// Деловой Петербург – Режим доступа: https://www.dp.ru/a/2015/05/22/Kachu_kachu_kuda_hochu (дата обращения: 14.03.2022)
3. Козикова, А. А. Велокультура в крупных мегаполисах России и зарубежья / А. А. Козикова. // Молодой ученый. – 2016. – № 29 (133). – С. 93–95. – URL: <https://moluch.ru/archive/133/37220/> (дата обращения: 14.03.2022).
4. Новослов А., Гушин А., Нужна ли россиянам велоинфраструктура /Новослов А.// Фонд содействия развитию городов «Городские Проекты Ильи Варламова и Максима Каца» [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://city4people.ru/uploads/files/2021/06/06/velo_cases_1623005554.pdf (дата обращения: 14.03.2022)
5. Развитие и популяризация велосипедного транспорта // [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.rupprecht-consult.eu/uploads/tx_rupprecht/RU-PRESTO_Cycling_Policy_Guide_Infrastructure.pdf (дата обращения – 14.03.2022)
6. Добровольская А.А. Особенности проектирования велодорожек в Санкт-Петербурге на основе анализа опыта стран балтийского региона // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №4(26), ISSN 2077-5687. – СПб.:ГУАП., 2020 – с. 122-130. РИНЦ. (дата обращения – 18.03.2022)
7. Развитие велосипедной инфраструктуры // [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/c_transport/razvitie-velosipednoj-infrastruktury/ (дата обращения – 18.03.2022)
8. Какой будет велополоса на Фонтанке? // [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://velosipedization.ru/2017/01/fontanka_bikelane_public_hearings/ (дата обращения – 22.03.2022)
9. Администрация Санкт-Петербурга. Комитет по транспорту. Развитие велосипедной инфраструктуры [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/c_transport/razvitie-velosipednoj-infrastruktury/ (дата обращения – 22.03.2022)

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Секция «Гидротехническое строительство».....	3
<i>Березина Е.А., Козинец Г.Л.</i> Зависимость подъемного усилия гидротехнического затвора от напора при открывании водосливного отверстия	3
<i>Богатырёв Д.В.</i> Расчёт оградительных сооружений, возводимых из грунтовых материалов с ядром в программном комплексе PLAXIS 3D	6
<i>Боженкова А.В., Шаранов Д.А.</i> Расчетный анализ оградительного сооружения Южного района порта Усть-Луга	9
<i>Волков Е.В.</i> Разработка пространственной модели правобережного примыкания каменно-набросной плотины	11
<i>Галлямов М.А., Уколов Ю.С.</i> Анализ перемещений оградительного сооружения в программном комплексе «Plaxis 2D»	13
<i>Галлямов М.А., Уколов Ю.С.</i> Расчет заанкеренного больверка при его усилении грунтоцементными сваями.....	16
<i>Ганус М.В.</i> Расчет устойчивости больверка в составе причальной стенки методом конечных элементов	19
<i>Духопельникова Н.Р., Фролова И.Е.</i> Повышение эксплуатационной надежности деривационного канала Дзауджикауской ГЭС	21
<i>Ерёменко К.В., Шаранов Д.А.</i> Фильтрационный расчёт грунтовой плотины Мельничной МГЭС мощностью 412 кВт в Карелии в среде PLAXIS.....	23
<i>Ефимов А.М., Шаранов Д.А.</i> Устойчивость морского арктического аэродрома	26
<i>Залесский Д.В.</i> Устройство причала разгрузки и хранения оборудования в районе поселка Сумкино	28
<i>Ибатуллина Д.Р., Стрелец К.И.</i> Анализ технического состояния грунтовой дамбы по результатам натуральных наблюдений	31
<i>Карпова А.А., Шаранов Д.А.</i> Расчет основания типа железобетонный кессон методом КЭ	33
<i>Ковалев Д.В., Столяров О.Н.</i> Определение длительной водопропускной способности геосинтетических материалов в гидротехническом строительстве.....	37
<i>Мелихов В.И.</i> Устройство причального сооружения №3 порта Набиль в Охотском море	40
<i>Носов Н.С.</i> Выбор конструктивной схемы причального сооружения применительно к условиям акватории Новоладожского канала	42
<i>Рудаков М.В.</i> Расчет устойчивости высокого свайного ростверка с железобетонным верхним строением	44
<i>Рудевский В.М.</i> Методы реконструкции гидротехнических сооружений на примере ГТС в пос. Горелово	47
<i>Сашин Н.К., Хлупин В.С., Фролова И.Е.</i> Проблемы локальной очистки поверхностного (дождевого и талого) стока с территорий морских портов	50
<i>Серов Н.И., Беляев Н.Д.</i> Оценка ледового воздействия на элементы ГТС	53
<i>Смирнов А.А., Беляев Н.Д., Олехнович Я.Э.</i> Использование современных средств геодезии в строительстве	56
<i>Смирнова Д.Н.</i> Расчёт устойчивости якоря на сдвиг методом конечных элементов	59
<i>Соловарова К.В.</i> Расчет устойчивости эстакады на сваях с железобетонным верхним строением.....	61
<i>Сумцова А.С., Беляев Н.Д.</i> Оценка устойчивости откоса искусственного острова в Финском заливе	63
<i>Сяде А.Т.</i> Анализ устойчивости защитного слоя на откосе дамбы с гидроизоляцией геомембраной	66

<i>Хлопотова С.О., Фролова И.Е., Лавров Н.П.</i> Выбор типа и обоснование конструкции водозаборного сооружения деривационной ГЭС на р. Чон-Кемин, Кыргызстан	69
<i>Чайников Н.А.</i> Ремонт берегоукрепления Сухого пруда – элемента водоподводящей системы Петергофа	72
<i>Черкасова В.В., Шаранов Д.А.</i> Реконструкция причального сооружения в порту Архангельска	75
<i>Чунеева К.А., Фролова И.Е.</i> Моделирование гидротехнического сооружения в программном комплексе Autodesk Revit.....	78
<i>Шкваров А.И.</i> Антикоррозийная защита бетонных поверхностей на примере гидроузла на ручье Капральев	81
<i>Школьная А.А., Фролова И.Е.</i> Дренажные сооружения хвостохранилища Михайловского ГОКа им. Варичева (МГОК)	83
<i>Шубин К.Н., Лавров Н.П.</i> Защита от речных наносов при водозаборе из р. Асса, Ингушетия ..	86
<i>Величко И.В.</i> Ветроэнергетические установки с водородной аккумуляцией.....	89
<i>Стрябкова Ю.В., Того И.</i> Оценка эксплуатационных характеристик материалов предназначенных для восстановления поверхностей ГТС	92
<i>Старков И.В.</i> Техническое перевооружение грунтовых плотин. Дооснащение средствами контрольно-измерительной аппаратуры и внедрение автоматической системы диагностического контроля	94
<i>Калимуллин Р.Р., Большой А.С.</i> Мобильные ветродромы как элементы Северного морского пути.....	97
<i>Козаченко Д.А., Беляев Н.Д.</i> Использование плавучих доков-заводов для строительства массивов-гигантов	101
<i>Ремизов И.К., Беляев Н.Д.</i> Расчет шпунтовой стенки достроечной набережной	104
<i>Хабак Весам, Того И.</i> Плотина Тишрин на реке Евфрат в Сирии	107
<i>Бучнев И.Д.</i> Расчет ледовой нагрузки на оградительные сооружения порта «Бухта Север» ..	109
Секция «Градостроительство»	112
<i>Войтенко М.М., Шерстюк В.В., Огуцов Г.Л., Талипова Л.В.</i> Анализ векторного затенения пространства.....	112
<i>Баранов Д.А., Криулин К.Н., Петренко М.С.</i> Оценка подтопления территорий как следствия барражного эффекта при освоении подземного пространства городов	115
<i>Козодаева В.С., Бумагин Д.Г., Огуцов Г.Л., Тагирова А.И., Талипова Л.В.</i> Оценка видимости пространства на примере Севкабель Порт в Санкт-Петербурге.....	118
<i>Гриннер М.В., Гребенюк Е.А., Огуцов Г.Л., Талипова Л.В.</i> Анализ взаимодействия САПР и ГИС	121
<i>Старыгина П.Е., Талипова Л.В.</i> Сравнение ветрового давления на высотное здание в условиях открытой местности и плотной застройки.....	124
<i>Невзорова Е.Л., Криулин К.Н.</i> Концепция городских парков секционного типа в стеснённых условиях с использованием геопластики	127
<i>Беженцева А.А., Олехнович Я.А.</i> Оценка стоимости объектов капитального строительства на примере реконструкции объектов исторического наследия	130
<i>Перькова А.Ю., Смирнов К.Л., Ладик Е.И.</i> Особенности развития зарубежных городских агломераций	132
<i>Роцупкина О.Е., Перькова М.В.</i> Методика градостроительного развития особо охраняемых природных и прилегающих к ним территорий.....	134
<i>Скринникова Н.А., Бовдуй С.С., Перькова М.В.</i> Анализ стратегий реновации и ревитализации промышленных территорий.....	137
<i>Скринникова Н.А., Ямианов И.В.</i> Особенности реновации зерновых элеваторных сооружений, относящихся к объектам культурного наследия	140

<i>Куклина М.С., Цветков О.Ю.</i> Экспериментальная модель реновации исторической застройки и прилегающих территорий в г. Кронштадт	143
<i>Доенина А.К., Криюлин К.Н.</i> Воздухоопорное сооружение как форма многофункционального трансформируемого общественного пространства	146
<i>Кашин Г.И., Машкин А.А., Минаев С.А., Олехнович Я.А., Комиссарова Е.А.</i> Методика и проблемы изменения генерального плана на примере города-курорта Геленджик	149
<i>Гончарова А.В., Ладик Е.И.</i> Градостроительные конфликты в структуре природного каркаса г. Белгорода на территориях овражно-балочных ландшафтов.....	152
<i>Аль-Джабри Моханад К.А., Ладик Е.И.</i> Историко-культурные планировочные особенности исламских городов	155
<i>Красиков Г.Р., Царева О.С., Аверьянова О.В.</i> Исследование требуемого воздухообмена конференц-зала для системы вентиляции с рециркуляцией воздуха	158
<i>Серебрякова А.А., Цветков О.Ю., Латин Я.М.</i> Методы решения проблем при выполнении кадастровых работ в отношении задний, сооружений и их частей	161
Секция «Энергоэффективность и возобновляемые источники энергии в строительстве»	164
<i>Шацкая У.А., Ермак О.В.</i> Оптимизация естественной вентиляции офисного здания... 164	164
<i>Elchieva S.T., Kudryasheva I.G.</i> Prospects for use energy supply systems based on renewable energy sources in the Republic of Crimea.....	166
<i>Тафинцев В.В.</i> Технология проектирования ВЭУ с использованием параметрического моделирования и визуализации	168
<i>Fadeeva S.A., Nemova D.V.</i> Identifying equation of collaboration of shading and double skin climate adaptive facade systems.....	171
<i>Литвинова И.А., Елчиева С.Т.</i> Оценка эффективности использования солнечных панелей в различных регионах России	174
<i>Черкасов С.Д., Козин И.А., Закиев И.Ф.</i> Энергоэффективная модернизация системы освещения жилого здания в Санкт-Петербурге	176
<i>Туковская А.М., Скворцова О.С.</i> Стена Тромба как источник тепла в доме	178
<i>Ванина А.В.</i> Использование ВЕМ-технологий при строительстве «пассивных» зданий.....	181
<i>Шакирова А., Терех М.Д.</i> Использование аэрогеля в фасадных и светопрозрачных конструкциях	184
<i>Айдарханов А.А., Терех М.Д.</i> Варианты организации естественного и совмещенного освещения в высотных административных зданиях с целью снижения эксплуатационной стоимости.....	185
<i>Ким С.А., Ягудин Д.Р., Терех М.Д.</i> Комплекс мероприятий по снижению эксплуатационной стоимости высотного административного здания	188
<i>Ismail K., Bilel CH.M.I., Togo I.</i> The internal structure of the cork.....	191
<i>Utkina E.A., Sidorenko G.I.</i> Calculated model of floating solar station in conjunction with hydroelectric power station.....	193
<i>Антонова Д.А., Немова Д.В.</i> Технологии устойчивого развития для повышения энергоэффективности при реконструкции	195
<i>Тулешова М., Шавва А.А.</i> Сравнительный анализ видов энергоэффективного остекления фасадов здания	198
<i>Ригель И.В., Елистратов В.В.</i> Оценка влияния динамических нагрузок на основание арктической ВЭУ	201
<i>Krasnozhen S.E., Elistratov V.V.</i> Implementation of the principles of solar architecture on the example of a one-story cottage	203
<i>Овчинникова А.И.</i> Расчет выработки фотоэлектрической установки для частного дома в Ленинградской области.....	206

<i>Gnatenko M.S., Kudryasheva I.G.</i> Application of thermal window structures in cottage construction.....	209
<i>Ngambi Kennedy, Togo I.</i> Passive cooling techniques for residential buildings in sub-tropical climates	211
<i>Петров С.Г.</i> Цифровое проектирование универсального модульного фундамента арктической ветроэлектрической установки малой мощности.....	214
<i>Мукольянц А.А., Таубалдиев А.А., Махмудов А.А.</i> Использование детандер-генераторного агрегата для энергоснабжения объектов, удалённых от магистральных электрических сетей	217
<i>Мухаммадиев М.М., Гафуров С.З., Амиров Ш.Т., Кудряшева И.Г.</i> Использование ГАЭС в каскаде Урта-Чирчикских ГАЭС	219
<i>Джураев К.С., Муродов Х.Н., Хошимов А.У., Кудряшева И.Г.</i> Использование гидроаккумулирующих электростанций для повышения манёвренности электроэнергетических систем Узбекистана.....	222
<i>Джураев К.С., Рахманова Н.А., Азимов А.Б.</i> Оценка предельной эффективности гидравлического тарана.....	225
<i>Клычев Ш.И., Хидиров Д., Холдоров С.</i> Ориентационные потери солнечного излучения в плоских солнечных энергоустановках	229
Секция «Гидравлика»	232
<i>Будилова Е.Н., Шумихина А.А., Локтионова Е.А.</i> Взаимное влияние местных сопротивлений в воздуховодах с сетками и диафрагмами	232
<i>Петров С.В., Столяров О.Н.</i> Тепловизионное обследование систем отопления.....	235
<i>Донцова А.Е., Ольшевский В.Я., Столяров О.Н.</i> Мониторинг утечек воды в бетонных трубах с помощью встроенных датчиков на основе углеродных нитей	237
<i>Ковалев Д.В., Столяров О.Н.</i> Зависимость фильтрационной способности нетканого геосинтетического материала от степени заиливания	239
<i>Корниенко С.В., Гончаров С.В.</i> Граничные условия теплообмена для инженерной оценки теплоустойчивости озелененных крыш.....	241
Секция «Природообустройство»	244
<i>Акимов Л.И., Баденко В.Л.</i> Динамический фасад: от концепции до реализации с использованием парадигмы параметрического проектирования.....	244
<i>Акимов Л.И., Баденко В.Л.</i> Валидация метода оценки КЕО для определения энергозатрат на искусственное освещение по EN15193-1 (ГОСТ 32498-2013)	247
<i>Акимов Л.И., Баденко В.Л.</i> Концепция работы корневой XML-схемы информационной модели ОКС для сопровождения этапов жизненного цикла ОКС.....	249
<i>Акимов Л.И., Баденко В.Л.</i> Решение проблематики оценки эффективности работы динамических фасадов. Индикатор FVPI	252
<i>Акимов Л.И., Баденко В.Л.</i> Цифровой двойник как средство управления цифровым активом недвижимости на этапе эксплуатации ОКС	254
<i>Панасенкова И.С., Волкова Ю.В.</i> Анализ причин затопления на территории городов Крыма	257
<i>Килина А.В., Волкова Ю.В.</i> Нормативная документация, используемая при проектировании линейных парков вдоль водных объектов	259
<i>Комшанова А.А., Волкова Ю.В.</i> Способы защиты селитебных территорий от шума транспортных потоков.....	261
<i>Килина А.В., Волкова Ю.В.</i> Линейные парки	264
<i>Богданова А.А., Майдак И.Г., Павлов С.Я.</i> Сад Бенуа: предложения по реконструкции.....	266
<i>Майдак И.Г., Богданова А.А., Яценко Т.С., Павлов С.Я.</i> Митрополичий сад:	

предложения по реконструкции	268
<i>Панасенкова И.С., Смирнов Н.С., Яценко Т.С., Павлов С.Я.</i> Екатеринбургский парк:	
предложения по реконструкции	271
<i>Смирнов Н.С., Панасенкова И.С., Яценко Т.С., Павлов С.Я.</i> Исторические объекты	
Екатерингофского парка: результаты обследования	274
<i>Яценко Т.С., Панасенкова И.С., Смирнов Н.С., Майдак И.Г., Павлов С.Я.</i> Сад	
«Сен-Жермен»: предложения по реконструкции	276
<i>Смирнов Н.С., Терлеев В.В., Гарманов В.В., Дунаева Е.А., Моисеев К.Г.</i> Модель	
гидрофизических свойств почв и ее сравнение с наиболее известными аналогами	279
<i>Смирнов Н.С., Моисеев К.Г., Терлеев В.В., Гарманов В.В., Дунаева Е.А.</i> Определение	
плотности твердой фазы чернозема обыкновенного методом пикнометра в полярных и	
неполярных жидкостях	282
<i>Моисеев К.Г., Гарманов В.В., Дунаева Е.А.</i> Апробация фрактальной модели PSF-M	
для расчета водоудерживающей способности почв	284
<i>Моисеев К.Г., Зинчук Е.Г., Волкова Ю.В., Дунаева Е.А.</i> Поправки для уточнения величины	
почвенно-экологического индекса земельных угодий склонов разных экспозиций	287
<i>Ковалерчик Н.В., Гарманов В.В., Грик А.Р., Терлеев В.В.</i> Законодательные основы	
предоставления земельных участков для капитального ремонта газотранспортных	
объектов	290
<i>Лурсманашвили А.Э., Гарманов В.В., Богданов В.Л., Терлеев В.В.</i> Технология	
создания картограмм пригодности земель на основе архивных почвенных карт	293
<i>Плехова О.С., Уварова Е.Л.</i> Особенности рекультивации земель Арктической зоны	
Российской Федерации	296
<i>Корнева В.М., Павлова В.А.</i> Применение математического инструментария при	
обосновании рыночной стоимости земельных участков сельскохозяйственного сегмента	299
<i>Юнчик Ю.А.</i> Роль данных дистанционного зондирования Земли в процессе	
совершенствования управления землями сельскохозяйственного назначения	302
<i>Иванютин Н.М., Волкова Н.Е., Терлеев В.В.</i> Орошение сточными водами: мировой и	
отечественный опыт	304
<i>Бойко Н.Г., Вечерков В.В., Попович В.Ф.</i> Использование различных ручных буров	
для отбора почвенных проб	307
<i>Абдураимов С.Р., Бойко Н.Г., Дунаева Е.А.</i> Автоматизированные системы	
управления технологическими процессами на базе контроллера Siemens	310
<i>Тарасевский Ф.Г.</i> Метод непрерывного контроля наличия и определения	
концентрации нефтепродуктов в стоках промышленных предприятий	313
Секция «Инженерная защита окружающей среды»	315
<i>Левченко И.А., Политаева Н.А., Зибарев Н.В.</i> Изменение количества аммония	
и фосфат-ионов при биологической очистке сточных вод пивоваренного производства	
с использованием микроводорослей <i>Chlorella kessleri</i>	315
<i>Мех В.А., Молодкина Л.М.</i> Уровни производственного экологического контроля на	
компрессорной станции ООО «Газпром трансгаз Ухта»	317
<i>Востриков А.П.</i> Оценка экономического ущерба от аварийного разлива	
нефтепродуктов с танкера «Надежда»	320
<i>Политаева Н.А., Аль-Фради Фалих Хасан Абдулхуссейн, Чельшева В.П.</i>	
Сорбционный материал на основе хитозана-графена-бетулина-листьев финиковой	
пальмы для очистки стоков	323
<i>Вельможина К.А., Политаева Н.А.</i> Сравнение эффективности очистки сточных вод	
предприятия с применением различных видов микроводорослей <i>Chlorella</i>	326
<i>Егорова А.А., Чишти Мухаммад Мудассар, Андрианова М.Ю.</i> Обеззараживающее	

действие высоковольтных разрядов на воду	329
<i>Овчинникова Е.А., Молодкина Л.М. Спектральный анализ воды из водоисточника</i>	
г. Нижний Тагил.....	332
<i>Азарова А.Д. Оценка биогазового потенциала пивной дробины</i>	
<i>Yasir Gunawan. Seasonal variations of water quality of the Neva River.....</i>	
<i>Косолапов О.Ю., Сергеев О.Е., Политаева Н.А. Использование микроводорослей</i>	
для улучшения качества воздушной среды помещения.....	339
<i>Raza Irfan. Methods of methane emission calculation for landfill in Delhi (India).....</i>	
<i>Berkay Han. The impact of population on CO₂ emissions in Turkey in last 30 years (1990–2019)..</i>	
<i>Косолапов О.Ю., Сергеев О.Е., Политаева Н.А. Моделирование процессов снижения</i>	
CO ₂ в помещении с использованием микроводорослей	345
<i>Raza Irfan. Water quality index (WQI) assessment of groundwater in Faridabad,</i>	
Naryana (India)	348
Секция «Городское строительство и хозяйство»	351
<i>Шамсутдинова В.Ф., Кротов О.М., Барабанщиков Ю.Г. Расширяющаяся добавка</i>	
для бетона на основе золы-уноса Назаровской ГРЭС	351
<i>Герке С.А., Губанова А.А., Меркулов А.А. Влияние размеров конечных элементов</i>	
на расчет монолитной плиты	353
<i>Routyeh M.L., Badenko V.L., Zaborova D.D. Using BIM to improve energy performance</i>	
of the buildings.....	356
<i>Крылова П.В. Проектирование и расчет рамной опоры для устройства</i>	
ветрогенераторов	358
<i>Цветкова О.В., Ямшианов И.В. Повышение энергоэффективности здания</i>	
при помощи энергосберегающих наружных конструкций.....	361
<i>Комарова О.В., Брайла Н.В. Техническое состояние зданий как индикатор</i>	
качества эксплуатации.....	364
<i>Гусева А.Л., Олехнович Я.А. Испытание опытных образцов с применением</i>	
композитной и металлической арматуры	367
<i>Гнедая А.Е., Царёва О.С. Современные методы составления картограммы</i>	
земляных работ.....	369
<i>Кокая Д.В., Заборова Д.Д. Экологическая оценка теплоизоляционных материалов</i>	
для ограждающей конструкции.....	372
<i>Рауль У., Беляева С.В. Влияние условий низких температур на строительный</i>	
процесс здания.....	375
<i>Дмитровская Д.О. Концепт модульной теплицы в современной городской структуре..</i>	
<i>Баловнева В.М., Мишакова А.В. Современные материалы, используемые</i>	
при облицовке фасадов высотных зданий	380
<i>Поленок Е.П., Криулин К.Н. Оптимизация параметров коллектора дождевой</i>	
канализации с учетом фактора времени	383
<i>Немчанинова В.А., Криулин К.Н. Схема реконструкции системы дождевой канализации.....</i>	
<i>Тихонова Д.С., Криулин К.Н. Опыт проектирования и эксплуатации кровель подземных</i>	
автостоянок в Санкт-Петербурге.....	389
<i>Коваль А.В., Заборова Д.Д. Анализ освещения Дома ученых с применением</i>	
энергоэффективных технологий.....	392
<i>Соболева А.Н., Шавва А.А. Изменение функционального назначения объекта</i>	
культурного наследия с обеспечением требований пожарной безопасности.....	394
<i>Quasmi Aamir Waqar. Passive house design and its affordances in India</i>	
<i>Saif Khan. Utilization of solar energy – a step towards building sustainable environment.....</i>	
<i>Мишкина Ю.О. Необходимость развития велоинфраструктуры Санкт-Петербурга</i>	
402	

НЕДЕЛЯ НАУКИ СПбПУ

Сборник материалов
Всероссийской конференции

4–10 апреля 2022 года

Часть 1

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, т. 2; 95 3004 – научная и производственная литература

Подписано в печать 27.04.2022. Формат 60×84/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 25,75. Тираж 52. Заказ 2029.

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.