

ВЕСТНИК

ДОНБАССКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ



ВЫПУСК 2022-3(155)

**ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ
С ПРИМЕНЕНИЕМ
НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ
И ТЕХНОЛОГИЙ**

ГОУ ВПО “Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры”

ВЕСТНИК

**Донбасской национальной академии
строительства и архитектуры**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Издается с декабря 1995 года
Выходит не меньше 6 раз в год

Выпуск 2022-3(155)

**ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ
С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ
МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Макеевка 2022

ДООУ ВПО “Донбаська національна академія
будівництва і архітектури”

ВІСНИК

**Донбаської національної академії
будівництва і архітектури**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Видається з грудня 1995 року
Виходить не менш 6 разів на рік

Випуск 2022-3(155)

**БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ
ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НОВИХ
МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

Макіївка 2022

Основатель и издатель

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Свидетельство о регистрации средства массовой информации серия ААА № 000094

выдано 17.01.2017 г. Министерством информации ДНР

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за достоверность приведенных сведений, точность данных по цитируемой литературе и за использование в статьях данных, не подлежащих открытой публикации.

В случае использования материалов ссылка на «Вестник ДонНАСА» является обязательной.

Выпускается по решению ученого совета

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Протокол № 9 от 26.04.2022 г.

Редакционный совет:

Горохов Е. В., д. т. н., профессор – главный редактор;

Мушанов В. Ф., д. т. н., профессор – зам. гл. редактора (научный редактор);

Югов А. М., д. т. н., профессор – технический редактор;

Зайченко Н. М., д. т. н., профессор – ответственный редактор выпуска.

Редакционная коллегия:

Бенаи Х. А., д. арх., профессор;

Веретенникова О. В., д. э. н., доцент;

Горохов Е. В., д. т. н., профессор;

Зайченко Н. М., д. т. н., профессор;

Левченко В. Н., к. т. н., доцент;

Лозинский Э. А., к. т. н., доцент;

Лукьянов А. В., д. т. н., профессор;

Мушанов В. Ф., д. т. н., профессор;

Назим Я. И., к. т. н., доцент;

Нездойминов В. И., д. т. н., профессор;

Попов Д. В., к. т. н., доцент;

Савенков Н. В., к. т. н., доцент;

Югов А. М., д. т. н., профессор.

Корректоры Л. М. Лещенко, Е. В. Гнездилова

Программное обеспечение С. В. Гавенко

Компьютерная верстка Е. А. Солодкова

Подписано к выпуску 16.05.2022

Адрес редакции и издателя

86123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2,

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Телефоны: +38(062) 343-7033; +38(062) 343-7028

E-mail: vestnik@donnasa.ru, <http://vestnik.donnasa.ru>

Приказом МОН ДНР № 464 от 02.05.2017 г. журнал включен в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук

Выпущено в полиграфическом центре

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

86123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2

© ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 2022

Засновник і видавець

ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»
Свідцтво про реєстрацію засобу масової інформації серія ААА № 000094
видано 17.01.2017 р. Міністерством інформації ДНР

Автори надрукованих матеріалів несуть відповідальність за вірогідність наведених відомостей, точність даних за цитованою літературою і за використання в статтях даних, що не підлягають відкритій публікації.

У випадку використання матеріалів посилання на «Вісник ДонНАБА» є обов'язковим.

Випускається за рішенням Вченої ради
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»
Протокол № 9 від 26.04.2022 р.

Редакційна рада:

Горохов Є. В., д. т. н., професор – головний редактор;
Мушанов В. П., д. т. н., професор – заст. гол. редактора (науковий редактор);
Югов А. М., д. т. н., професор – технічний редактор;
Зайченко М. М., д. т. н., професор – відповідальний редактор випуску.

Редакційна колегія:

Бенаї Х. А., д. арх., професор;
Веретенникова О. В., д. е. н., доцент;
Горохов Є. В., д. т. н., професор;
Зайченко М. М., д. т. н., професор;
Левченко В. М., к. т. н., доцент;
Лозинський Е. О., к. т. н., доцент;

Лук'янов О. В., д. т. н., професор;
Мушанов В. П., д. т. н., професор;
Назим Я. І., к. т. н., доцент;
Нездоймінов В. І., д. т. н., професор;
Попов Д. В., к. т. н., доцент;
Савенков М. В., к. т. н., доцент;
Югов А. М., д. т. н., професор.

Коректори Л. М. Лещенко, О. В. Гнездилова
Програмне забезпечення С. В. Гавенко
Комп'ютерне верстання Є. А. Солодкова

Підписано до випуску 16.05.2022

Адреса редакції і видавця

86123, ДНР, м. Макіївка, вул. Державіна, 2,
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»
+38(062) 343-7033; +38(062) 343-7028
E-mail: vestnik@donnasa.ru, <http://vestnik.donnasa.ru>

Наказом МОН ДНР № 464 від 02.05.2017 р. журнал включено до переліку рецензованих наукових видань, в яких повинні бути опубліковані основні наукові результати дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата наук, на здобуття наукового ступеня доктора наук

Випущено у поліграфічному центрі
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»
86123, ДНР, м. Макіївка, вул. Державіна, 2

© ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», 2022

УДК 699.866

А. Н. БЕЛОУС, Э. А. ЛОЗИНСКИЙ, О. Е. БЕЛОУС

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНЫХ
ВКЛЮЧЕНИЙ НА АМПЛИТУДУ КОЛЕБАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ
ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД**

Аннотация. В статье рассматривается вопрос теплоустойчивости наружных ограждающих конструкций жилых зданий, выполненных по каркасно-щитовой схеме. Одной из особенностей каркасно-щитовых зданий является большая степень неоднородности наружных ограждающих конструкций. В щитах находится большое количество стоек, ригелей, перемычек а также связевых элементов. При этом не стоит забывать про линейные теплопроводные включения, вызванные формой здания – наружные и внутренние углы здания, балконы, оконные и дверные откосы и цокольные узлы. Были рассмотрены два характерных узла сопряжения для зданий, выполненных по каркасно-щитовому методу, с двумя видами каркаса: из ЛСТК профилей и из деревянных цельных брусев. В результате анализа полученных в модуле Simulation программного комплекса SolidWorks минимальных и максимальных значений температур на внутренней поверхности во времени была построена схема распределения амплитуд колебания для двух расчетных схем: наружного угла здания и узла сопряжения перекрытия и стены с ЛСТК и деревянным каркасом щитовой панели. Установлено, что в зоне теплопроводных включений конструкция превышает максимально допустимое нормативное значения в 5 и 3 раза для ЛСТК и деревянных профилей соответственно, что не удовлетворяет нормативным требованиям.

Ключевые слова: теплоустойчивость, нестационарный режим, температурное поле, перераспределение, амплитуда, методика.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Жилой фонд РФ и других стран СНГ по результатам исследований находится в удовлетворительном состоянии [1, 2], но не стоит забывать, что 70 % жилого фонда построено в период индустриализации и средний возраст зданий колеблется в пределах 50–60 лет.

Одним из путей решения задачи по улучшению качественных показателей жилого фонда – это строительство новых домов с повышенными показателями комфортности. При этом особое внимание необходимо уделять технологиям возведения зданий, которые попадают на рынок путем копирования или частичного внедрения иностранных методик в классические методы постройки зданий. Зачастую при возведении зданий, не зная тонкостей полного технологического цикла или не пройдя обучения в фирме, специализирующейся на соответствующей технологии, начинается повсеместное внедрение. Как пример неудачного внедрения можно привести повсеместное использование стальных метизов при соединении лёгких стальных тонкостенных конструктивных профилей (ЛСТК) с оцинкованным покрытием, что вызывает гальваническую коррозию и, как следствие, ослабление узлов сопряжения.

Одной из перспективных методик малоэтажного домостроения на современном строительном рынке является каркасно-щитовой метод. Данный метод получил второй виток развития с применением в качестве материала каркаса ЛСТК профилей и минеральной или базальтовой ваты в качестве заполнителя щита [3, 4].

Несмотря на многочисленные детальные исследования зданий, построенных по каркасно-щитовой технологии [5, 6, 7] как по несущей, так и теплоизоляционной способности, полученные результаты исследования характерны для зимнего периода года. Однако, как говорилось неоднократно, затраты

на кондиционирование для средней и южной полосы стран СНГ равны или же превышают затраты на отопление. При этом необходимо отметить, что множество конструкций с повышенным приведенным сопротивлением теплопередачи при нестационарном режиме не удовлетворяют требованиям теплоустойчивости, предъявляемым к конструкциям [8].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Определить степень влияния теплопроводных линейных включений в каркасно-щитовых зданиях в летний период года на амплитуду колебания температуры на внутренней поверхности ограждающих конструкций.

МЕТОДЫ

Теплоустойчивость ограждающих конструкций в теплый период года нормируется показателем амплитуды колебания температуры на внутренней поверхности. Согласно СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» амплитуда колебания температуры не должна превышать нормативного значения $A_{\tau}^{\text{п}}$, °С, определяемого по формуле

$$A_{\tau}^{\text{п}} = 2,5 - 0,1 \cdot (t_n - 21), \quad (1)$$

где t_n – средняя месячная температура наружного воздуха за июль, °С.

Методика нахождения амплитуды колебания температуры на внутренней поверхности согласно СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» не учитывает теплопроводные включения, таким образом предлагается расчет наружных ограждающих каркасных щитов рассчитывать согласно методике, предложенной в [9].

Одной из особенностей каркасно-щитовых зданий является большая степень неоднородности наружных ограждающих конструкций. В щитах находится большое количество стоек (шаг 400...600 мм по горизонтали), ригелей, перемычек а также связевых элементов (шаг в среднем от 0,3 до 0,5 высоты этажа). Не стоит и забывать про линейные теплопроводные включения, вызванные формой здания – наружные и внутренние углы здания, балконы, оконные и дверные откосы и цокольные узлы. Для такого большого количества теплопроводных включений, которые в некоторых случаях расположены в перпендикулярных плоскостях, необходимо использовать программы с моделированием нестационарной теплопередачи в трехмерном пространстве. Одной из таких программ может послужить модуль Simulation, входящий в расчетный комплекс SolidWorks.

В качестве данных для расчета задаются: геометрические характеристики конструкций, теплотехнические показатели материалов и начальная температура модели. Особое внимание необходимо уделить граничным условиям: закономерности изменения температуры во времени и процессу теплообмена поверхности с окружающей средой.

РЕЗУЛЬТАТЫ

С целью решения поставленной задачи предлагается рассмотреть два характерных узла сопряжения для зданий, выполнен по каркасно-щитовому методу, с двумя видами каркаса: первый выполнен из ЛСТК профилей, второй – из деревянных цельных брусев.

Первым узлом для расчета был принят внешний узел здания (рис. 1), с высотой этажа равной 3,0 м и длиной 1,5 м в горизонтальной плоскости.

В результате анализа полученных минимальных и максимальных значений температур на внутренней поверхности во времени была построена схема распределения амплитуд колебания для расчетных схем наружного угла здания с ЛСТК и деревянным каркасом щитовой панели.

Наиболее сложным с учетом моделирования геометрии и проходящих в модели процессов распределения теплового потока в пространстве и во времени является узел сопряжения перекрытия и наружной стены. Данный узел характерен тем, что панель перекрытия частично перерезает плоскость стены, при варианте каркаса щита с ЛСТК профилем, а в случае с деревянным каркасом с полной разрезкой стены.

При этом необходимо не забывать, что конструкция стены содержит вертикальные стойки щитов и обвязочные элементы периметра каркаса щита. В результате моделирования нестационарного процесса были получены значения температур на поверхностях с распределением во времени. Произведя анализ полученных значений, были рассчитаны амплитуды колебания температур на поверхностях, которые представлены на рис. 3 и 4.

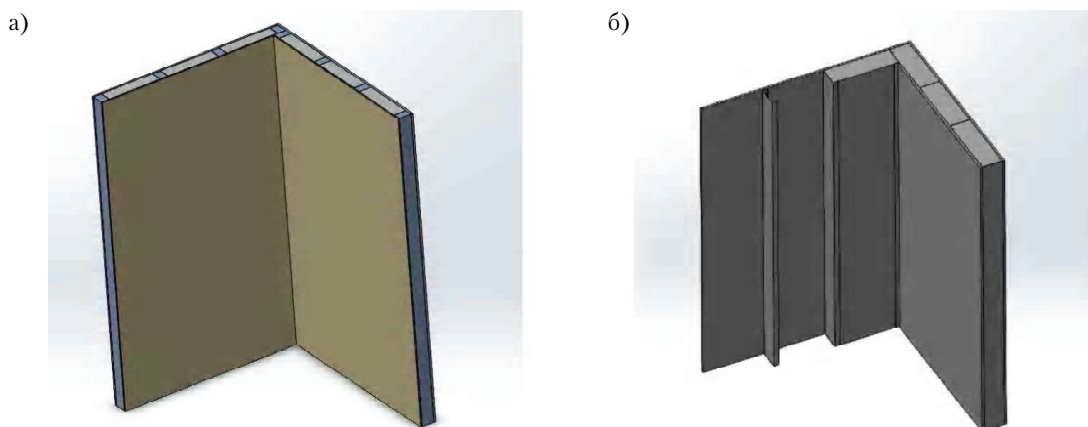


Рисунок 1 – Визуализация расчетных схем наружного угла здания: а) с деревянным каркасом щитовой панели; б) с каркасом щитовой панели, выполненным из ЛСТК профилей (включено частичное отображение схемы).

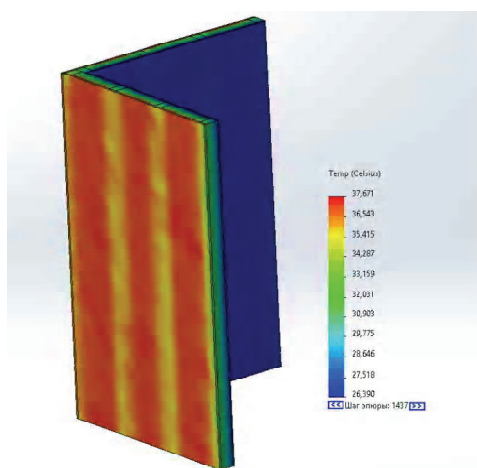


Рисунок 2 – Визуализация результатов моделирования нестационарного теплового режима для расчетных схем наружного угла здания с деревянным каркасом щитовой панели.

ВЫВОДЫ

Согласно полученным данным значений амплитуды колебания температуры на внутренней поверхности каркасных щитов здания в угловой зоне и уровне перекрытия (таблица) можно сделать вывод о большой разнице величин амплитуды в местах теплопроводных включений и основного поля.

Соответственно возникает резонный вопрос о соответствии данной конструкции нормативным требованиям СП 50.13330.2012 в части теплоустойчивости, и какое значение амплитуды колебания температуры на поверхности брать за нормируемый показатель.

Согласно общепринятой методике СП 50.13330.2012 расчетное значение амплитуды колебания на внутренней поверхности не зависит от материала каркаса щитов, при этом амплитуда рассчитывается по зоне утеплителя и её значение для данной конструкции составит 1,83 °С. Максимально допустимое нормативное значение амплитуды колебания с учетом климатических показателей соответствует 2,38 °С, таким образом, данная конструкция в зоне утеплителя удовлетворяет требованиям норм. Но согласно рассчитанным значениям амплитуды колебания температуры на внутренней поверхности и в местах теплопроводных включений (таблица) установлено превышение в 8 раз для щитов из ЛСТК профиля и в 4 раза для деревянных профилей значения амплитуды по сравнению с зоной утеплителя. При этом в зоне теплопроводных включений данная конструкция превышает максимально допустимое нормативное значения в 5 и 3 раза для ЛСТК и деревянных профилей соответственно, что не удовлетворяет нормативным требованиям.

Одним из вариантов нормирования максимально допустимой амплитуды колебания температуры на поверхности может послужить приведенное значение амплитуды колебания температуры.

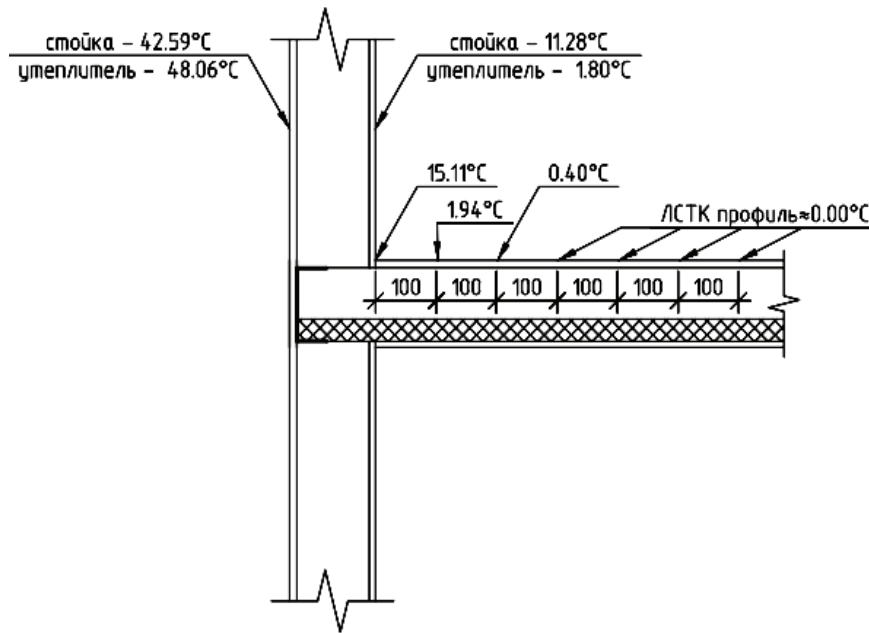


Рисунок 3 – Значения амплитуды колебания температуры для расчетной схемы сопряжения перекрытия и стены здания с ЛСТК каркасом щитовой панели.

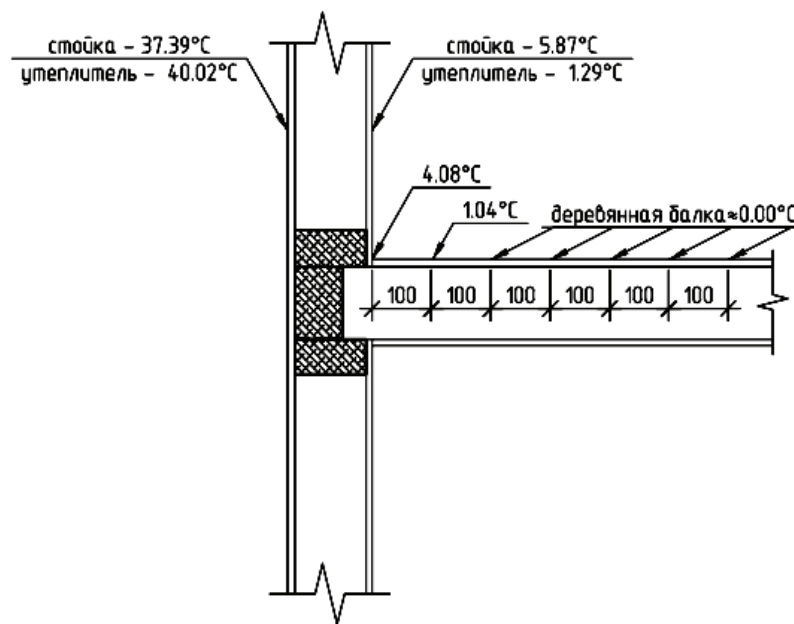


Рисунок 4 – Значения амплитуды колебания температуры для расчетной схемы сопряжения перекрытия и стены здания с деревянным каркасом щитовой панели.

Предлагается данное значение рассчитывать с учетом линейных и точечных теплопроводных включений по аналогии с приведенным сопротивлением теплопередаче ограждающих конструкций.

Для щитовых каркасов из ЛСТК профиля приведенное значение амплитуды колебания температуры на внутренней поверхности составило 5,97 °С, а для деревянных профилей 3,31 °С. Как видно, обе эти конструкции не удовлетворяют требованиям теплоустойчивости с учетом теплопроводных включений и требуют доработки конструктивного решения для климатических условий средней и южной полосы стран СНГ.

Таблица – Значения амплитуд колебания температуры узлов сопряжения конструкций

Местоположение	Амплитуда колебания температуры, °С	
	ЛСТК профиль	деревянный профиль
Вертикальный угол		
Угловая зона	10,90	8,33
Зона профиля	6,07	4,50
Зона утеплителя	1,43	1,97
Угол сопряжения перекрытия и стены		
Угловая зона	15,11	4,08
Зона профиля	11,28	5,87
Зона утеплителя	1,80	1,29

Также необходимо отметить, что при анализе распределения температур во времени исследуемой модели узла сопряжения перекрытия и стены было выявлено колебания температуры и в конструкции перекрытия. Так, для каркасных зданий из щитов, выполненных из ЛСТК профиля, зона колебания температуры вызвала возмущение на расстоянии около 200 мм в глубь помещения. Для каркасных зданий, выполненных из щитов с деревянным каркасом, данная зона возмущения составила примерно 100 мм. В дальнейших расчетах данную зону рекомендуется учитывать как дополнительную нагрузку на систему кондиционирования в летний период года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матехина, О. В. Современное состояние жилого фонда и вопросы его реконструкции / О. В. Матехина. – Текст : непосредственный // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2017. – № 2(20). – С. 21–24.
2. Винюкова, И. Н. Ветхий и аварийный жилой фонд: проблемы и перспективы / И. Н. Винюкова. – Текст : непосредственный // Наука и инновации в строительстве : сборник докладов Международной научно-практической конференции (к 165-летию со дня рождения В. Г. Шухова), Белгород, 17 апреля 2018 года. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2018. – С. 140–144.
3. Чайка, Д. А. Особенности применения технологии легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) в современном строительстве. – Текст : непосредственный / Д. А. Чайка, А. А. Юхнина // Молодежь и научно-технический прогресс : сборник докладов XII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых : в 3 т., Губкин, 18 апреля 2019 года. – Губкин : ООО «Ассистент плюс», 2019. – С. 423–427.
4. Тналиева, З. К. Исследование методов проектирования и строительства быстровозводимых зданий из ЛСТК / З. К. Тналиева. – Текст : непосредственный // Потенциал интеллектуально одарённой молодежи – развитию науки и образования : материалы IX Международного научного форума молодых ученых, инноваторов, студентов и школьников, Астрахань, 28–29 апреля 2020 года / под общей редакцией Т. В. Золиной. – Астрахань : Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. – С. 528–534.
5. Безбородов, Е. Л. Влияние перфорации на теплотехнические характеристики «термопрофилей» легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) / Е. Л. Безбородов. – Текст : непосредственный // Инновации и инвестиции. – 2019. – № 2. – С. 191–194.
6. Решетников, А. А. Анализ экономического преимущества перекрытия из ЛСТК перед деревянным / А. А. Решетников, В. Ю. Корнет, Д. А. Леонова. – Текст : непосредственный // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 3(50). – С. 123.
7. Нефедова, А. В. Технология Термокаркаса для Ограждающих Конструкций / А. В. Нефедова, Д. В. Немова. – DOI 10.34910/ALF6.11. – Текст : электронный // AlfaBuild. – 2018. – № 4(6). – С. 126–134. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_44907682_11216409.pdf (дата обращения: 12.04.2022).
8. Белоус, А. Н. Определение теплоустойчивости малоинерционных ограждающих конструкций / А. Н. Белоус, Л. З. Кулумбегова, О. Е. Белоус. – DOI 10.31675/1607-1859-2021-23-4-112-119. – Текст : электронный // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2021. – Том 23, № 4. – С. 112–119. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_46443609_16543404.pdf (дата обращения: 12.04.2022).
9. Теплоустойчивость наружных ограждающих конструкций с теплопроводными включениями в летний период года / А. Н. Белоус, О. Е. Белоус, Л. З. Кулумбегова, С. В. Крахин. – DOI 10.31675/1607-1859-2021-23-6-129-142. – Текст : электронный // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2021. – Том 23, № 6. – С. 129–142. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_47394889_83766000.pdf (дата обращения: 12.04.2022).

Получена 14.03.2022

О. М. БІЛОУС, Е. О. ЛОЗИНСЬКИЙ, О. Є. БІЛОУС
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕПЛОПРОВІДНИХ ВКЛЮЧЕНЬ НА
АМПЛІТУДУ КОЛИВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ В
ЛІТНІЙ ПЕРІОД
ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

Анотація. У статті розглядається питання теплостійкості зовнішніх конструкцій житлових будівель, виконаних за каркасно-щитовою схемою. Однією з особливостей каркасно-щитових будівель є великий рівень неоднорідності зовнішніх огорожувальних конструкцій. У щитах знаходиться велика кількість стійок, ригелів, перемичок і зв'язкових елементів. При цьому не варто забувати про лінійні теплопровідні включення, що викликані формою будівлі – зовнішні та внутрішні кути будівлі, балкони, віконні та дверні укоси та цокольні вузли. Були розглянуті два характерні вузли сполучення для будівель, виконаних за каркасно-щитовим методом, з двома видами каркасу: з ЛСТК профілів та з дерев'яних цільних брусів. В результаті аналізу отриманих у модулі Simulation програмного комплексу SolidWorks мінімальних та максимальних значень температур на внутрішній поверхні в часі була побудована схема розподілу амплітуд коливання для двох розрахункових схем: зовнішнього кута будівлі та вузла сполучення перекриття та стіни з ЛСТК та дерев'яним каркасом. Встановлено, що у зоні теплопровідних включень конструкція перевищує максимально допустиме нормативне значення у 5 та 3 рази для ЛСТК та дерев'яних профілів відповідно, що не задовольняє нормативним вимогам.

Ключові слова: теплостійкість, нестационарний режим, температурне поле, перерозподіл, амплітуда, методика.

ALEKSEI BELOUS, EDUARD LOZINSKY, OLHA BELOUS
COMPARATIVE ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF HEAT-CONDUCTING
INCLUSIONS ON THE AMPLITUDE OF FLUCTUATIONS IN THE
TEMPERATURE OF THE INNER SURFACE IN SUMMER
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article considers the issue of heat resistance of external structures of residential buildings made according to the frame-panel scheme. One of the features of frame-panel buildings is a high level of heterogeneity of external protective structures. The boards have a large number of racks, crossbars, jumpers and connecting elements. At the same time, we should not forget about linear heat-conducting inclusions caused by the shape of the building – external and internal corners of the building, balconies, window and door slopes and basements. Two characteristic junctions for buildings made by the frame-panel method were considered, with two types of frames: LSTK profiles and wooden solid beams. As a result of the analysis of the obtained values, in the Simulation module of the SolidWorks software package, minimum and maximum values of temperatures on the inner surface in time, a scheme of distribution of oscillation amplitudes was constructed for two calculation schemes: the outer corner of the building and the junction of the floor and the wall with LSTK and a wooden frame of the shield panel. It is established that in the zone of heat-conducting inclusions the construction exceeds the maximum allowable normative value by 5 and 3 times for LSTK and wooden profiles, respectively, which does not meet the regulatory requirements.

Key words: heat resistance, non-stationary mode, temperature field, redistribution, amplitude, method.

Белоус Алексей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования зданий и строительной физики ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследования состояния вопроса энергоэффективных конструктивных решений при проектировании и реконструкции зданий.

Лозинский Эдуард Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования зданий и строительной физики ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие методик оценки ветровых воздействий на здания, сооружения и их комплексы, совершенствование методик моделирования натурных и модельных испытаний зданий и сооружений на ветровое давление.

Белоус Ольга Евгениевна – ассистент кафедры проектирования зданий и строительной физики ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследования состояния вопроса энергоэффективных конструктивных решений при проектировании и реконструкции зданий.

Білоус Олексій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри проектування будівель та будівельної фізики ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ». Наукові інтереси: дослідження стану питання енергоефективних конструктивних рішень при проектуванні та реконструкції будівель.

Лозинський Едуард Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри проектування будівель та будівельної фізики ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток методик оцінки вітрового впливу на будівлі, споруди та їх комплекси, вдосконалення методик моделювання прикордонного шару атмосфери, натурних і модельних випробувань будівель і споруд на вітрове навантаження.

Білоус Ольга Євгенівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри проектування будівель та будівельної фізики ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження стану питання енергоефективних конструктивних рішень при проектуванні та реконструкції будівель.

Belous Aleksei – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Building Design and Construction Physics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research on the state of the issue of energy-efficient design solutions in the design and reconstruction of buildings.

Lozinsky Eduard – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Building Design and Construction Physics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of methods for assessing wind impact on buildings, structures and their complexes, improvement of methods for modeling the atmospheric boundary layer, fullscale and model tests of buildings and structures for wind load.

Belous Olha – Ph. D. (Eng.), Assistant, Building Design and Construction Physics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research on the state of the issue of energy-efficient design solutions in the design and reconstruction of buildings.

УДК 674.81

В. П. ЯРЦЕВ, В. М. ДАНИЛОВ

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия

ВЛИЯНИЕ УФ-ОБЛУЧЕНИЯ НА ТЕРМОФЛУКТУАЦИОННЫЕ КОНСТАНТЫ ДВП И ДСП ПРИ ПЕНЕТРАЦИИ

Аннотация. Представлены результаты экспериментальных исследований эксплуатационных свойств древесностружечной плиты и древесноволокнистой плиты, подверженных влиянию УФ-облучения. Актуальность работы заключается в необходимости выявления действия внешних факторов на свойства древесных плит и учета полученных результатов при прогнозировании длительной прочности. Для получения достоверных данных применена термофлуктуационная концепция прочности, позволяющая учитывать одновременное действие температуры, времени и нагрузки, а также дополнительные внешние воздействия. Изучены закономерности разрушения и деформирования древесных плит при пенетрации в широком диапазоне постоянных напряжений и температур как без дополнительных воздействий, так и при действии УФ-облучения. Рассчитаны термофлуктуационные константы, указывающие на характер разрушения и степени опасности воздействия. Установлено, что для всех материалов после действия УФ-облучения наблюдается значительная потеря долговечности и прочности.

Ключевые слова: древесноволокнистая плита, древесностружечная плита, материаловедение, термофлуктуация, УФ-облучение.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Одним из основных методов строительства жилых или небольших коммерческих сооружений является применение деревянных конструкций. Деревянное каркасное строительство популярно отчасти из-за его экономической технологии и широкой доступности материалов. Зачастую в качестве отделочных материалов таких каркасов применяют древесные плиты [1]. В данной работе исследуется влияние климатических факторов на эксплуатационные характеристики древесноволокнистой плиты и древесностружечной плиты.

В процессе эксплуатации все строительные материалы подвержены внешним воздействиям (влаги, действие пониженных и повышенных температур, ультрафиолет и т. д.). Действие внешних факторов может приводить к старению строительных материалов, т. е. к изменению их структуры, а также ухудшению их эксплуатационных свойств (прочность, теплостойкость и т. д.) [2, 3]. В настоящее время отсутствуют в достаточном объеме данные о влиянии данных воздействий и совершенно не изучено поведение материала во времени. Выявление действия внешних факторов на свойства древесных плит и учета полученных результатов при прогнозировании длительной прочности является актуальной задачей, ввиду массового применения данных материалов в строительной практике. Для получения достоверных результатов применяется обобщенная формула термофлуктуационной теории. Данная формула позволяет учитывать одновременное действие температуры, времени и нагрузки, а также внешние воздействия [4].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В мировой практике при изучении прочностных характеристик ДСП, ДВП и фанеры получены предельные значения прочности при различных видах нагружения (поперечный изгиб, сжатие, растяжение, пенетрация и т. д.) при нормальных условиях [2, 3, 5]. Но при этом в процессе изготовления и эксплуатации материал находится под воздействием длительных нагрузок в комбинации с действием

температурно-влажностных воздействий, атмосферных воздействий, солнечной радиации, которые необходимо изучить комплексно [6].

В настоящее время, изучаются физико-механические характеристики древесных плит с модернизирующими добавками, влияющими на огнестойкость, влагостойкость и т. п. [7-10]. Актуальной задачей является повышение экологичности данных материалов, на что может повлиять изменение технологии и связующего материала [7, 10].

Среди зарубежных авторов изучение физико-механических свойств древесных плит имеет большую популярность [11–13]. В связи с широкой распространенностью таких материалов изучается возможность применения этих материалов в сейсмических районах [14]. Также стоит отметить, что исследователи некоторых стран изучают свойства адаптированных видов древесных плит под местное сырье [15–18]. Например, применение наполнителя из бамбука с модернизирующими добавками [19].

Необходимо отметить, что в некоторых работах были предприняты попытки изучения длительной прочности ДСП, ДВП и фанеры, но без учета совместной работы различных факторов воздействия [20–22]. Рассмотрение длительной прочности с применением обобщенной формулы термофлуктуационной концепции позволит получить более точные результаты [4].

Обобщенная формула физически обосновывает четвертую константу T_m , которая описывает предельную температуру, при которой долговечность τ_m минимальна:

$$\tau = \tau_m \cdot \exp \left[\frac{U_0 - \gamma \cdot \sigma}{R} \cdot (T^{-1} - T_m^{-1}) \right], \quad (1)$$

где τ_m – долговечность материала или время до наступления одного из предельных состояний, [с];
 R – универсальная газовая постоянная, [кДж/моль·К];
 σ – напряжение, [МПа];
 T – температура, [К];
 τ_m , U_0 , γ , T_m – физические константы материала [4].

ЦЕЛИ

Опираясь на основные положения термофлуктуационной теории, определить влияние УФ-облучения на долговечность древесноволокнистой и древесностружечной плиты при пенетрации.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Испытания проводятся в режиме заданных постоянных напряжений до и после УФ-облучения при действии различных температур (20, 40, 60 °С). Эксперимент проводится с помощью рычажной установки с большой длиной рычага. Глубина погружения фиксируется индикатором часового типа. Термофлуктуационные константы, описывающие введение индентора в поверхность материала, получаются в ходе стандартных графоаналитических перестроений. По полученным экспериментальным данным строились графики в координатах $\lg \tau - \sigma$. Следующим шагом являлось стандартное перестроение семейства веерообразных прямых в координаты $\lg \tau - 1000/T$. Из полюса данных прямых определяются константы τ_m и T_m . Константы U_0 и γ находятся из графика, построенного в координатах $U_0 - \sigma$. Константой U_0 является значение, образуемое по оси ординат (U_0 , кДж/моль) точкой пересечения прямой, а γ – это угловой коэффициент прямой, взятый с обратным знаком.

Результаты испытаний пенетрацией при температурах 20, 40, 60 °С в координатах $\lg \tau - \sigma$ без внешних воздействий и после воздействия УФ-облучения приведены на рисунках 1 и 2.

Зависимости логарифма скорости от обратной температуры для древесных плит как до, так и после воздействия УФ-облучения линейны и сходятся в одной точке. Это подтверждает термофлуктуационную природу деформирования древесных плит при пенетрации. После УФ-облучения зависимости имеют вид обратных пучков. В результате графоаналитических перестроений этих графиков рассчитаны термофлуктуационные константы, которые приведены в таблице.

Данные константы характеризуют введение индентора в поверхность материала при пенетрации. Как видно, УФ-облучение вызывает значительные изменения данных констант.

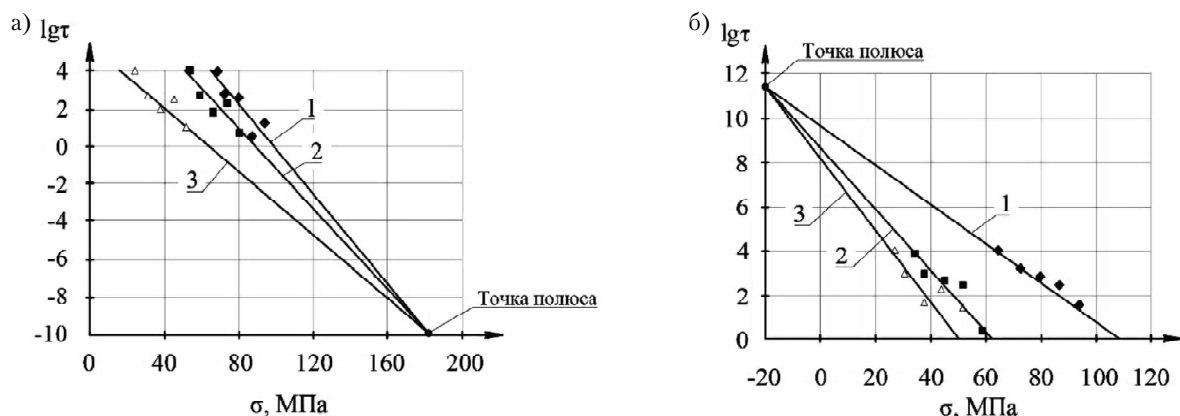


Рисунок 1 – Зависимость логарифма долговечности от напряжения и температуры для ДСП: а) без внешних воздействий; б) после УФ-облучения: 1 – при 20 °С; 2 – при 40 °С; 3 – при 60 °С.

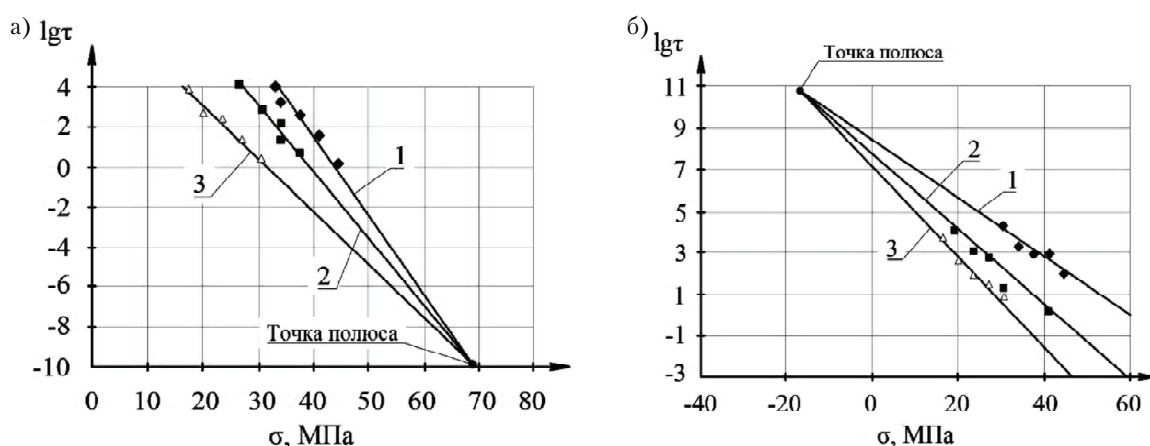


Рисунок 2 – Зависимость логарифма долговечности от напряжения и температуры для ДВП: а) без внешних воздействий; б) после УФ-облучения: 1 – при 20 °С; 2 – при 40 °С; 3 – при 60 °С.

Таблица – Значение термофлуктуационных констант древесных плит при пенетрации до и после воздействия УФ-облучения

Материал	Тип воздействия	Термофлуктуационные константы			
		$\tau_m, \text{с}$	$T_m, \text{К}$	$U_o, \text{кДж/моль}$	$\gamma, \text{кДж/(МПа} \times \text{моль)}$
Древесностружечная плита	Без воздействий	10^{-10}	455	68	6,47
	УФ-облучение	10^7	260	12	-3,33
Древесноволокнистая плита	Без воздействий	10^{-10}	476	175	1,83
	УФ-облучение	$10^{11,5}$	253	-22	0,32

ВЫВОДЫ

При изучении влияния УФ-облучения на характер введения твердого индентора при пенетрации получены термофлуктуационные константы, которые позволяют судить о степени влияния такого вида старения на долговечность. Установлено, что после 50 часов фотостарения в древесных плитах происходит изменение термофлуктуационных констант, сопровождающееся преобразованием прямого пучка (зависимость логарифма долговечности от напряжения) в обратный. Установлено, что для всех материалов после действия УФ-облучения наблюдается значительная потеря долговечности и прочности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Леонович, А. А. Древесноплитные материалы специального назначения : учебное пособие / А. А. Леонович. – [Б. м.] : Издательство Лань, 2019. – 160 с. – ISBN 978-5-8114-3537-1. – Текст : непосредственный.

2. Вахнина, Т. Н. Производство древесностружечных плит для строительства / Т. Н. Вахнина. – Текст : непосредственный // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2008. – № 21–2. – С. 83–84.
3. Рубинская, А. В. Возможность переработки твердых промышленных отходов в производстве древесноволокнистых плит / А. В. Рубинская, О. А. Баталова. – Текст : непосредственный // Химия растительного сырья. – 2015. – № 2-1(13-1). – С. 427–429.
4. Ярцев, В. П. Прогнозирование поведения строительных материалов при неблагоприятных условиях эксплуатации / В. П. Ярцев, О. А. Киселёва. – Тамбов : Издательство Тамбовского государственного технического университета, 2009. – 124 с. – Текст : непосредственный.
5. Плотникова, С. М. Влияние покоробленности древесностружечных плит на их прочность при изгибе / С. М. Плотникова. – Текст : непосредственный // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2007. – № 7. – С. 131–133.
6. Поиск оптимальных технологических режимов в производстве трудно воспламеняемых древесноволокнистых плит / А. В. Антонов, Н. А. Петрушева, Ю. Д. Алашкевич, Н. С. Решетова. Издательство // Химия растительного сырья. – 2016. – № 4. – С. 151–157.
7. Пасько, Ю. В. Технология низкотоксичных и водостойких древесностружечных плит на модифицированном фенольном связующем / Ю. В. Пасько, О. П. Мачнева, В. А. Войтюк. – Текст : непосредственный // Клеи. Герметики. Технологии. – 2020. – № 8. – С. 25–28.
8. Plywood and thermal insulation boards based on the modified phenol formaldehyde binder / T. N. Vakhina, A. A. Fedotov, I. V. Susoeva, V. E. Rumyantseva. – Текст : непосредственный // Lesnoy zhurnal (Russian forestry journal). – 2022. – № 1 (385). – С. 155–165.
9. Леонович, А. А. Получение огнезащитных древесноволокнистых плит с использованием фосфорамид ФКМ / А. А. Леонович, А. В. Шелоумов. – Текст : непосредственный // Лесной журнал. – 2014. – № 2. – С. 101–108.
10. Чистова, Н. Г. Совершенствование процесса получения древесноволокнистых плит сухим способом / Н. Г. Чистова, В. А. Якимов, Ю. Д. Алашкевич. – Текст : непосредственный // Химия растительного сырья. – 2016. – № 3. – С. 119–124.
11. Suchsland, O. Fiberboard manufacturing practices in the United States / O. Suchsland, G. E. Woodson. – United States : Government printing office, 1987. – 270 p. – Текст : непосредственный.
12. Ramesh, P. Environmental Impact of Wood Based Biocomposite Using Life Cycle Assessment Methodology / P. Ramesh, H. Mohit, A. Mozhi Selvan. – Текст : непосредственный // Wood Polymer Composites. – 2021. – Editors: Sanjay Mavinkere Rangappa, Jyotishkumar Parameswaranpillai, Mohit Hemanth Kumar, Suchart Siengchin. – P. 255–268.
13. Hrazsky, J. A contribution to the properties of combined plywood materials / J. Hrazsky, P. Kral. – Текст : непосредственный // Journal of forest science. – 2007. – Volume 53(10). – P. 483–490.
14. Demir, A. The effect of some technological properties of plywood panels on seismic resistant performance of wooden shear wall / A. Demir, C. Demirkir, I. Aydin. – Текст : непосредственный // Sigma J Eng & Nat Sci. – 2019. – Volume 10(1). – P. 37–45.
15. Akgul, M. Manufacture of Medium Density Fiberboard (MDF) Panels from Rhododendron (R. ponticum L.) Biomass / M. Akgul, O. Camlibel. – Текст : непосредственный // Building and Environment. – 2008. – Vol. 43. – P. 438–443.
16. Investigation of 3D-Moldability of Flax Fiber Reinforced Beech Plywood / J. Jorda, G. Kain, M. Barbu [et al.]. – Текст : непосредственный // Polymers. – 2020. – Volume 12(12). – PP. 1–11.
17. Ashori, A. Properties of Medium Density Fiberboard Based on Bagasse Fibers / A. Ashori, A. Nourbakhsh, A. Karegarfard. – Текст : непосредственный // Journal of Composite Materials. – 2009. – Volume 43(18). – P. 1927–1934.
18. Properties of Medium Density Fiberboards Made from Renewable biomass / X. P. Ye, J. Julson, M. Kuo [et al.]. – Текст : непосредственный // Bioresource Technology. – 2007. – Volume 98(5). – P. 1077–1084.
19. Durability of fiber boards made of jabon and andong bamboo with additional activated carbon additives against dry wood termites and subterranean termites / D. R. Trisatya, E. R. Satiti, D. A. Indrawan, R. M. Tampubolon. – Текст : непосредственный // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Volume 415. – DOI: 10.1088/1755-1315/415/1/012004.
20. Мамонтов, С. А. Оценка стойкости древесноволокнистых плит к старению / С. А. Мамонтов, А. А. Мамонтов. – Текст : непосредственный // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). – 2020. – № 1. – С. 416–419.
21. The Effect of Prestressing and Temperature on Tensile Strength of Basalt Fiber-Reinforced Plywood / R. Lohmus, H. Kallakas, E. Tuhkanen [et al.]. – Текст : непосредственный // Materials. – 2021. – Volume 14(4701). – P. 1–9.
22. Mechanical Properties of Cellulose and Flax Fiber Unidirectional Reinforced Plywood / J. Jorda, G. Kain, M. Barbu [et al.]. – Текст : непосредственный // Polymers. – 2022. – Volume 14(843). – P. 1–15.

Получена 15.03.2022

В. П. ЯРЦЕВ, В. М. ДАНИЛОВ

ВПЛИВ УФ-ОПРОМІНЕННЯ НА ТЕРМОФЛУКТУАЦІЙНІ КОНСТАНТИ ДВП І ДСП ПРИ ПЕНЕТРАЦІЇ

Тамбовський державний технічний університет, м. Тамбов, Росія

Анотація. Представлені результати експериментальних досліджень експлуатаційних властивостей деревностружкової плити і деревноволокнистої плити, схильних до впливу УФ-опромінення. Актуальність роботи полягає в необхідності виявлення дії зовнішніх факторів на властивості деревних плит і урахування отриманих результатів при прогнозуванні тривалої міцності. Для отримання достовірних даних застосована термофлуктуаційна концепція міцності, що дозволяє враховувати одночасну дію температури, часу і навантаження, а також додаткові зовнішні впливи. Вивчені закономірності руйнування і деформування деревних плит при пенетрації в широкому діапазоні постійних напружень і температур як без додаткових впливів, так і при дії УФ-опромінення. Розраховані термофлуктуаційні константи, що вказують на характер руйнування і ступені небезпеки впливу. Встановлено, що для всіх матеріалів після дії УФ-опромінення спостерігається значна втрата довговічності і міцності.

Ключові слова: деревноволокниста плита, деревностружкова плита, матеріалознавство, термофлуктуація, УФ-опромінення.

VIKTOR YARTSEV, VLADISLAV DANILOV

THE EFFECT OF UV IRRADIATION ON THE THERMAL FLUCTUATION CONSTANTS OF FIBERBOARD AND CHIPBOARD DURING PENETRATION

Tambov State Technical University, Tambov, Russia

Abstract. The results of experimental studies of the operational properties of chipboard and fiberboard exposed to UV irradiation are presented. The relevance of the work lies in the need to identify the effect of external factors on the properties of wood slabs and consider the results obtained when predicting long-term strength. To obtain reliable data, the thermal fluctuation concept of strength is applied, which allows considering the simultaneous effect of temperature, time, and load, as well as additional external influences. The patterns of destruction and deformation of wood slabs during penetration in a wide range of constant stresses and temperatures, both without additional influences and under the action of UV irradiation, have been studied. Thermal fluctuation constants indicating the nature of destruction and the degree of danger of exposure are calculated. It is established that for all materials, after the action of UV irradiation, there is a significant loss of durability and strength.

Key words: fiberboard, chipboard, materials science, thermal fluctuation, UV irradiation.

Ярцев Виктор Петрович – доктор технических наук, профессор кафедры конструкций зданий и сооружений Тамбовского государственного технического университета, г. Тамбов, Россия. Научные интересы: механика полимеров и древесных композитов; вопросы долговечности и работоспособности строительных материалов, изделий и конструкций на основе древесины; разработка способов повышения долговечности и работоспособности материалов, изделий и конструкций; разработка способов повышения долговечности строительных материалов; использование отходов предприятий для разработки строительных материалов и изделий.

Данилов Владислав Михайлович – аспирант кафедры конструкции зданий и сооружений Тамбовского государственного технического университета, г. Тамбов, Россия. Научные интересы: механика древесных композитов; вопросы долговечности и работоспособности строительных материалов, изделий и конструкций на основе древесины.

Ярцев Віктор Петрович – доктор технічних наук, професор кафедри конструкцій будівель і споруд Тамбовського державного технічного університету, м. Тамбов, Росія. Наукові інтереси: механіка полімерів і деревних композитів; питання довговічності і працездатності будівельних матеріалів, виробів і конструкцій на основі деревини; розробка способів підвищення довговічності і працездатності матеріалів, виробів і конструкцій; розробка способів підвищення довговічності будівельних матеріалів; використання відходів підприємств для розробки будівельних матеріалів і виробів.

Данилов Владислав Михайлович – аспірант кафедри конструкцій будівель і споруд Тамбовського державного технічного університету, м. Тамбов, Росія. Наукові інтереси: механіка деревних композитів; питання довговічності і працездатності будівельних матеріалів, виробів і конструкцій на основі деревини.

Yartsev Viktor – D. Sc. (Eng.), Professor; Structures of Buildings and Structures Department, Tambov State Technical University, Tambov, Russia. Scientific interests: mechanics of polymers and wood composites; issues of durability and operability of building materials, products and structures based on wood; development of ways to increase the durability and operability of materials, products, and structures; development of ways to increase the durability of building materials; use of waste from enterprises for the development of building materials and products.

Danilov Vladislav – post-graduate student, Structures of Buildings and Structures Department, Tambov State Technical University, Tambov, Russia. Scientific interests: mechanics of wood composites; issues of durability and operability of building materials, products and structures based on wood.

УДК 691.175.5

А. М. КАПИЗОВА, М. А. АЛИЕВА, А. Г. ЧЕРНЫШОВАГосударственное автономное образовательное учреждение Астраханской области высшего образования
«Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», г. Астрахань, Россия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ СВОЙСТВ НАПОЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ ПУТЕМ АНАЛИЗА ИХ ПОЖАРООПАСНОСТИ

Аннотация. В статье приводится анализ пожароопасных свойств напольных покрытий с целью определения наиболее пожаробезопасного материала. Для достижения поставленной цели нами были определены их пожароопасные характеристики: кислородный индекс, горючесть, степень токсичности, воспламеняемость и дымообразующая способность. Исходя из приведенных в статье данных можно сделать вывод о том, что в большинстве своем рассматриваемые нами материалы являются пожароопасными материалами, но среди них и есть экземпляры, обладающие пожаробезопасными свойствами. К данным материалам можно отнести кварцвиниловую плитку и коммерческий линолеум. В статье также приводится анализ методов огнезащиты рассматриваемых нами покрытий, из которого можно сделать вывод, что универсального средства понижения пожароопасных свойств напольных покрытий на данный момент нет.

Ключевые слова: напольные покрытия, степень токсичности, кислородный индекс, горючесть, воспламеняемость.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

На сегодняшний день существует большое разнообразие напольных покрытий, но не все качественные и прочные отделочные материалы для пола пользуются спросом. Люди выбирают более доступный по цене материал, который может быть менее пожаробезопасным. Следовательно, мы считаем, что специалистам пожарной безопасности необходимо знать состав отделочных материалов, ведь от этого зависит скорость и эффективность пожаротушения.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Известны публикации по рассматриваемой области [1–3]. В этих работах приведена классификация по классам пожарной опасности, но нет данных, по каким критериям осуществляется данная классификация.

ЦЕЛЬ

С целью определения наиболее пожаробезопасного материала, проведен анализ пожароопасных свойств напольных покрытий.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В таблице 1 приведены химический состав, кислородный индекс (КИ) и стоимость наиболее популярных видов напольных покрытий.

Данные, приведенные в табл. 1 показывают, что материалы, обладающие более высоким значением КИ, являются более пожаробезопасными.

Для наглядности на рисунке представлена диаграмма со значениями КИ основных горючих компонентов, входящих в состав анализируемых нами образцов покрытий.

Далее в таблице 2 представлены другие пожароопасные свойства горючих компонентов напольных покрытий.

© А. М. Капизова, М. А. Алиева, А. Г. Чернышова, 2022

Таблица 1 – Сравнительный анализ напольных покрытий

№	Название напольных покрытий	Состав	КИ	Цена
1	Тканый ковролин	Натуральная шерсть Латекс Вспененный латекс, либо искусственный войлок	КИ-25 КИ-21	от 800 Р /м ²
2	Ламинат	Меламинфор-мальдегидная смола (МЛФ) Целлюлоза Хвойные волокна	КИ-39,6	от 1 200 Р / мм
3	Кварцвиниловая плитка	Песок кварц – 80 % Поливинилхлорид (ПВХ) спрimesями – 20 %	КИ-49	от 1 500 Р / м ²
4	Натуральный линолеум	Джутовые волокна Известковый наполнитель Пробковые древесная крошка (ПДК) Льняное масло	КИ-23,5	от 987 Р / м ²
5	Коммерческий линолеум	Стекловолокно	–	от 680 Р /м ²

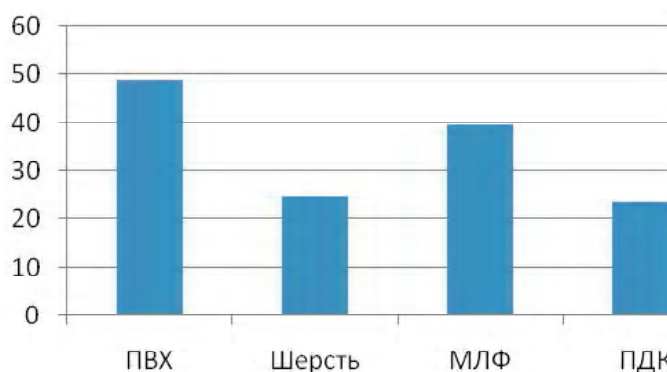


Рисунок – Кислородный индекс некоторых веществ, входящих в состав напольных покрытий.

Таблица 2 – Другие пожароопасные свойства основных горючих компонентов рассматриваемых напольных покрытий

№	Горючие компоненты	Г	В	Т	Д
1	Натуральная шерсть	Г2	В2	Т2	Д3
2	Латекс	Г3	В3	Т3	Д3
3	Меламинфор-мальдегидная смола	Г1	В1	Т2	Д2
4	ПВХ с примесями	Г1	В1	Т2	Д2
5	Пробковая древесная крошка	Г3	В3	Т2	Д3

Исходя из данных, приведенных в таблице 2, можно понять, что высокими пожароопасными свойствами обладают такие горючие компоненты, как натуральная шерсть и пробковая древесная крошка, а более высокими – ПВХ с примесями (стабилизаторами) и меломинформальдегидные смолы.

Большая часть напольных покрытий являются полимерными строительными материалами. Их нельзя перевести в разряд негорючих, но возможно снизить их пожарную опасность.

Существует несколько способов снижения горючести полимерных материалов, которые можно условно разделить на четыре группы:

1. Огнезащита с использованием устойчивых к пламени материалов (огнезащитных покрытий).

2. Введение негорючих наполнителей.
3. Введение замедлителей горения или антипиреирующих составов.
4. Модификация полимерных материалов.

Далее в табл. 3 мы представили, какой способ снижения горючести характерен для определенного вида напольного покрытия.

Таблица 3 – Способы понижения горючести некоторых напольных покрытий

№	Название напольных покрытий	Способ снижения горючести	Некоторые особенности данного способа понижения горючести
1	Тканый ковролин	Метод распыления огнезащитной пропиткой	Повышают класс пожарной опасности и эксплуатационные свойства Срок сохранения огнезащитных свойств – 5 лет.
2	Ламинат	Огнезащитная пропитка НДФ панели, входящий в состав ламината	Повышают класс пожароопасности
3	Кварцвиниловая плитка	Добавление в ПВХ фосфорсодержащих антипиренов	Снижение горючести, дымообразующей способности, степени воспламеняемости
4	Натуральный линолеум	–	–

ВЫВОДЫ

Из приведенного в статье анализа напольных покрытий на предмет их пожароопасности можно сделать вывод о том, что в большинстве своем это все-таки пожароопасные материалы, но среди них и есть экземпляры, обладающие пожаробезопасными свойствами, это кварцвиниловая плитка, так как в ее составе есть ПВХ с высоким КИ, и коммерческий линолеум, содержащий в своем составе негорючий компонент стекловолокно.

В современном мире существуют также способы понижения горючести напольных покрытий, но из приведенного анализа (таблица 3) видно, что универсального средства понижения их пожароопасных свойств на данный момент нет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка пожарной опасности напольных покрытий при производстве пожарно-технической экспертизы / Г. В. Плотникова, А. И. Волкова, В. Ю. Селезнев, А. С. Ковалько. – Текст : непосредственный // Вестник Восточно-Сибирского института Министерства внутренних дел России. – 2013. – № 3 (66) – С. 76–83.
2. Еремина, Т. Ю. Методология оценки характеристик пожарной опасности напольных покрытий в России и странах ЕС / Т. Ю. Еремина, Н. И. Константинова, М. П. Григорьева. – Текст : непосредственный // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2014. – № 5. – С. 33–37.
3. Интернет-магазин «Интерьер». Анализ материалов, соответствующих новому Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности / Интернет-магазин «Интерьер». – Текст : электронный // Про-полы.ru : [сайт]. – 2021. – URL: <https://propoly.ru/articles/olinoleume/28961/> (дата обращения: 11.04.2022).
4. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон № 123-ФЗ : [принят Государственной думой 4 июля 2008 года : одобрен Советом Федерации 11 июля 2008 года]. – Москва : Проспект ; Санкт-Петербург : Кодекс, 2017. – 158 с. – ISBN 978-5-392-26365-3. – Текст : непосредственный.
5. ГОСТ 12.1.044-89. Система стандартов безопасности труда пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения = Occupational safety standards system. Fire and explosion hazard of substances and materials. Nomenclature of indices and methods of their determination : Межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 12.12.89 N 3683 : дата введения 1991-01-01 / разработан Министерством внутренних дел СССР. – Москва : Стандартинформ, 2017. – V, 43, [1] с. – Текст : непосредственный.

Получена 16.03.2022

А. М. КАПИЗОВА, М. А. АЛИЕВА, А. Г. ЧЕРНИШОВА
ВИЗНАЧЕННЯ ПОЖЕЖОБЕЗПЕЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПІДЛОГОВИХ
ПОКРИТТІВ ШЛЯХОМ АНАЛІЗУ ЇХ ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕКИ

Державна автономна освітня установа Астраханської області вищої освіти «Астраханський державний архітектурно-будівельний університет», м. Астрахань, Росія

Анотація. У статті наводиться аналіз пожежонебезпечних властивостей покриттів для підлоги з метою визначення найбільш пожежобезпечного матеріалу. Для досягнення поставленої мети нами були визначені їх пожежонебезпечні характеристики: кисневий індекс, горючість, ступінь токсичності, займистість та димоутворююча здатність. Виходячи з наведених у статті даних можна зробити висновок про те, що здебільшого аналізовані нами матеріали є пожежонебезпечними матеріалами, але серед них і є екземпляри, що мають пожежобезпечні властивості. До цих матеріалів можна віднести кварцвінілову плитку та комерційний лінолеум. У статті також наводиться аналіз методів вогнезахисту аналізованих нами покриттів, з якого можна зробити висновок, що універсального засобу зниження пожежонебезпечних властивостей підлогових покриттів на даний момент немає.

Ключові слова: покриття для підлоги, ступінь токсичності, кисневий індекс, горючість, займистість.

ALFIYA KAPIZOVA, MARYAM ALIYEVA, ANNA CHERNYSHOVA
DETERMINATION OF FIRE-SAFE PROPERTIES OF FLOOR COVERINGS BY
ANALYZING THEIR FIRE HAZARD

State Autonomous Educational Institution of the Astrakhan Region of Higher Education
«Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering», Astrakhan, Russia

Abstract. The article provides an analysis of the fire properties of floor coverings in order to determine the most fireproof material. To achieve this goal, we determined their fire hazard characteristics: oxygen index, combustibility, degree of toxicity, flammability and smoke generating ability. Based on the data presented in the article, it can be concluded that for the most part the materials we are considering are fire hazardous materials, but among them there are instances that have fireproof properties. These materials include quartz vinyl tiles and commercial linoleum. The article also provides an analysis of the methods of fire protection of the coatings we are considering, from which we can conclude that at the moment there is no universal means of reducing the fire-hazardous properties of floor coverings.

Key words: floor coverings, degree of toxicity acid index, flammability, flammability.

Капизова Альфия Манцуровна – кандидат химических наук, доцент; доцент кафедры пожарной безопасности и водопользования Государственного автономного образовательного учреждения Астраханской области высшего образования «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», г. Астрахань, Россия. Научные интересы: методы идентификации и контроля пожароопасных свойств строительных материалов и средств огнезащиты

Алиева Марьям Адельбековна – студент Государственного автономного образовательного учреждения Астраханской области высшего образования «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», г. Астрахань, Россия. Научные интересы: пожарная безопасность.

Чернышова Анна Геннадьевна – кандидат географических наук, доцент кафедры пожарной безопасности и водопользования Государственного автономного образовательного учреждения Астраханской области высшего образования «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», г. Астрахань, Россия. Научные интересы: экология, техносферная безопасность.

Капізова Альфія Манцурівна – кандидат хімічних наук, доцент; доцент кафедри пожежної безпеки та водокористування Державної автономної освітньої установи Астраханської області вищої освіти «Астраханський державний архітектурно-будівельний університет», м. Астрахань, Росія. Наукові інтереси: методи ідентифікації та контролю пожежонебезпечних властивостей будівельних матеріалів та засобів вогнезахисту

Алієва Мар'ям Адельбеківна – студент Державної автономної освітньої установи Астраханської області вищої освіти «Астраханський державний архітектурно-будівельний університет», м. Астрахань, Росія. Наукові інтереси: пожежна безпека.

Чернишова Ганна Геннадіївна – кандидат географічних наук, доцент кафедри пожежної безпеки та водокористування Державної автономної освітньої установи Астраханської області вищої освіти «Астраханський державний архітектурно-будівельний університет», м. Астрахань, Росія. Наукові інтереси: екологія, техносферна безпека.

Kapizova Alfiya – Ph. D. (Chemical), Associate Professor; Associate Professor of the Fire Safety and Water Management Department, State Autonomous Educational Institution of the Astrakhan Region of Higher Education «Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering», Astrakhan, Russia. Scientific interests: methods of identification and control of fire hazardous properties of building materials and fire protection means.

Aliyeva Maryam – student, State Autonomous Educational Institution of the Astrakhan Region of Higher Education «Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering», Astrakhan, Russia. Scientific interests: fire safety.

Chernyshova Anna – Ph. D. (Geographical), Associate Professor, Fire Safety and Water Management Department, State Autonomous Educational Institution of the Astrakhan Region of Higher Education «Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering», Astrakhan, Russia. Scientific interests: ecology, technosphere safety.

УДК 624.131.28

К. Г. КОНДРАШИН, Т. К. КУРБАТОВА, Н. А. РАКОВИЧ, Р. А. ПЕТРОВГосударственное автономное образовательное учреждение Астраханской области высшего образования
«Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», г. Астрахань, Россия

УКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ СИНТЕТИЧЕСКИМИ СМОЛАМИ ПРИ ДОРОЖНОМ И АЭРОДРОМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. При расширении застроенных территорий некоторая часть отчуждается в связи с невозможностью или большой сложностью производства на ней строительных работ. Поиск способов укрепления слабых грунтов весьма актуален. Наиболее исследована и чаще всего применяется для укрепления грунтов в дорожном и аэродромном строительстве фурфурол-анилиновая смола (ФАС). Она обладает гидрофобизирующими и структурообразующими свойствами. Проявление того или иного свойства зависит от количества ФАС, которое введено в грунт. При обработке грунтов со слабодиссоциирующей и кислой реакцией малыми (до 2 %) дозами ФАС последняя не проявляет структурообразующих свойств, а лишь гидрофобизирует грунт. При введении в грунт более 2 % ФАС начинают проявляться структурообразующие свойства. Эффективность укрепления грунтов ФАС зависит от химического, минерального и гранулометрического состава их, содержания в них легкорастворимых солей, органических веществ, а также от других факторов.

Ключевые слова: слабые грунты, дорожное и аэродромное строительство, синтетические полимеры, химическое укрепление.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Грунты являются основой – фундаментом для производимых на них строительных работ. Крайне необходимо исследование текущего состояния грунтов, прогноз на будущее и определение возможности укрепления слабых грунтов. Слабые грунты являются препятствием для расширения строительства зданий и сооружений, дорог и т. д.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

При изучении влияния минерального состава грунтов на эффективность укрепления установили [4], что грунты, состоящие из минералов, строение кристаллической решетки которых таково, что на поверхности расположены главным образом анионы, в одинаковой степени поддаются гидрофобизации ФАС.

К таким минералам относятся гидрослюда, каолинит, монтмориллонит, кварц и т. п. Грунты, состоящие преимущественно из минералов, на поверхности кристаллических решеток которых расположены главным образом катионы, в меньшей степени пригодны.

ЦЕЛИ

В данной работе исследуется возможность применения синтетических смол в дорожном и аэродромном строительстве.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Применение ФАС обосновано тем, что поверхность минералов плохо сорбирует смолу. Кроме того, такие грунты обычно имеют щелочную среду, в которой хуже происходит образование соли Стенхауза – основного гидрофобизирующего компонента.

Что касается гранулометрического состава, то наилучшие результаты получают при обработке грунтов оптимального состава; несколько хуже поддаются обработке супеси, менее пригодны тяжелые глины.

Значительное влияние на эффективность действия ФАС оказывает состав обменных катионов. Наилучшие результаты получают, если грунты имеют обменные катионы Fe^{2+} , Al^{3+} , H^+ , несколько хуже при наличии в грунтах обменного катиона Ca^{2+} . Грунты, поглощенные натрием, даже при повышенных дозах ФАС остаются водонеустойчивыми. Повышенную дозировку ФАС требуют гумусированные грунты. Учитывая все эти факторы, была предложена классификация грунтов по степени их пригодности для укрепления ФАС.

Чтобы придать наиболее пригодным грунтам с помощью ФАС стойкость, прочность и морозостойкость, требуется сравнить небольшое количество смолы.



Рисунок 1 – Зависимость прочности образцов грунта от количества ФАС: 1 – воздушно-сухие образцы; 2 – водонасыщенные; 3 – суточное водопоглощение.

С увеличением дозы ФАС прочность и водоустойчивость укрепленных грунтов возрастает. Повышение прочности обуславливается главным образом приростом конденсационной структуры, образованной смолой, а не повышением гидрофобизации грунтов, так как водоустойчивость увеличивается медленно (рис. 1).

Прочность грунтов повышается до определенного предела. Предполагается, что такое количество ФАС соответствует полному сорбционному насыщению грунтов. Дальнейшее добавление смолы приводит к образованию более толстых пленок ее, хаотическому расположению молекул и, следовательно, к понижению прочности грунтов. Резкое снижение водопоглощения наблюдается примерно при 2 % ФАС. Дальнейшее увеличение дозы ФАС мало способствует повышению водоустойчивости грунтов.

Считают, что качество укрепления грунтов ФАС в значительной степени определяется правильной технологией обработки грунтов. Особое значение имеют время и качество уплотнения обработанных грунтов [2, 3].

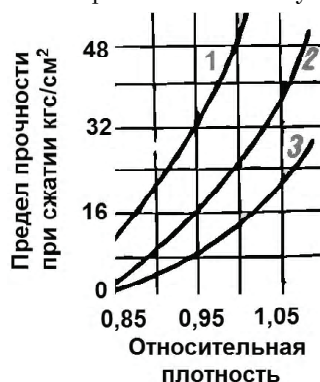


Рисунок 2 – Зависимость прочности грунтов, укрепленных ФАС, от степени уплотнения.

Зависимость прочности грунтов, укрепленных ФАС, от степени уплотнения показана на рисунке 2 и подчиняется экспоненциальному закону, что выражается формулой

$$\sigma = 3,3D \ln \frac{\delta}{\delta_m} - 0,85,$$

где σ – предел прочности на сжатие водонасыщенных грунтов, кг/см^2 (Н/м^2);

D – доза добавки ФАС, % от веса сухого грунта;

δ – объемный вес скелета грунта, г/см^3 ;

δ_m – максимальное значение объемного веса скелета грунта, г/см^3 ;

$\ln$ – основание натуральных логарифмов.

Гидрофобность грунтов с увеличением степени уплотнения повышается незначительно. Гидрофобность характеризуется коэффициентом отношения фактической влажности грунта к влажности, соответствующей верхнему пределу пластичности.

Таким образом, уплотнение является большим резервом снижения расхода дорогостоящих ФАС и играет особенно важную роль в формировании прочной структуры укрепленных грунтов.

Основные технологические требования при укреплении грунтов ФАС [5] приведены в таблице.

Лучшие результаты получаются при раздельном внесении анилина и фурфурола в грунт, так как при смешивании их быстро увеличивается вязкость смолы.

Из других синтетических смол перспективными для укрепления грунтов в дорожном строительстве являются карбамидные смолы и полиакриламид (ПАА) [6].

Таблица – Основные технологические требования при укреплении грунтов ФАС

Содержание в размельченном грунте агрегатов, % по весу	
Мельче 2 мм	Более 50
Крупнее 5 мм	Менее 50
В том числе крупнее 10 мм	Менее 10
Отклонение влажности смеси от оптимальной перед уплотнением, %	Не более 2
Коэффициент уплотнения смеси	Не менее 0,98
Коэффициент уплотнения смеси после внесения реагента в грунт, ч:	
При температуре воздуха до 25 °С	Не более 6
При температуре воздуха более 25 °С	Не более 4

Предел прочности грунтов, укрепленных смолами М и МФ-17 при влажности на пределе текучести, увеличивается с увеличением количества смолы. Наибольшее значение прочности достигнуто у песков, наименьшее – у суглинков. При достаточном количестве смолы прочность до и после водонасыщения примерно одинаковы. Для укрепления суглинистых грунтов необходимо большее количество карбамидных смол – удовлетворительные результаты достигаются только при внесении 14...16 % (по весу) сухой смолы.

Прочность грунтов, укрепленных карбамидными смолами, нарастает в основном в течение первых семи суток после обработки (больше 50 % предела прочности образцов в возрасте 28 суток). После этого прочность нарастает медленно. Чем выше исходная влажность грунтов, тем ниже прочность их после укрепления. Грунты, укрепленные карбамидными смолами, имеют достаточно высокую морозостойкость (рис. 3).

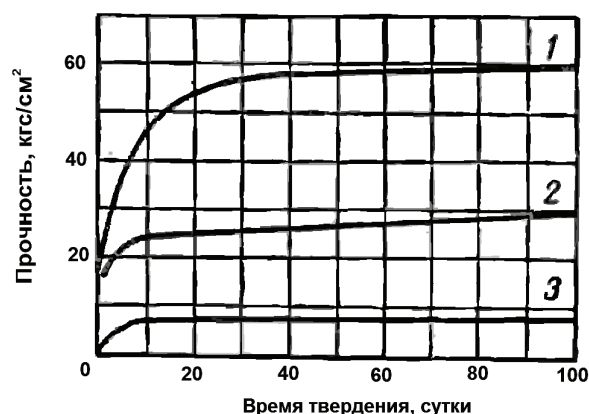


Рисунок 3 – График зависимости прочности от времени твердения образцов:

1 – смола : вода = 1 : 0; 2 – смола : вода = 1 : 0,5; 3 – смола : вода = 1 : 1.

Опыты по укреплению грунтов карбамидными смолами позволили сделать следующие выводы [1]:
1. Карбамидными смолами можно укреплять кислые песчаные и супесчаные грунты любой влажности. Суглинистые грунты требуют чрезмерного расхода смол. Грунты карбонатные и со щелочной реакцией укреплять карбамидными смолами нельзя.

2. Карбамидные смолы МФ-17, особенно крепитель М, целесообразно применять для обработки грунтов с малой степенью переувлажнения. Применение карбамидных смол для укрепления сухих и оптимально влажных грунтов в настоящее время не оправдывается экономически, хотя технически вполне осуществимо.

3. Хорошим структурообразователем при укреплении грунтов является полиакриламид (ПАА). Эффект улучшения структуры грунтов становится заметным при введении его 0,0001...0,001 % от веса грунта. С увеличением содержания ПАА прочность грунтов значительно повышается.

Кроме прочности, глинистые грунты, укрепленные ПАА, приобретают водопрочность и водоустойчивость без дополнения реагентов-отвердителей. Сам ПАА после схватывания становится нерастворимым. Как видно из таблицы, прочность грунта в водонасыщенном состоянии снижается, но при

последующем высушивании восстанавливается. Это относится и к песчаным грунтам, но они должны быть предварительно уплотнены. Без предварительного уплотнения песчаные грунты, даже при содержании 1...2 % ПАА, приобретают, по-видимому, главным образом коагуляционную структуру.

Основные технологические требования по применению ПАА сводятся к введению реагента в грунт в виде водного раствора и равномерному распределению его тщательным перемешиванием. При выборе реагентов для укрепления грунтов следует учитывать ряд факторов, определяющих их эффективность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Татьянников, Д. А. Исследование характера зависимости «деформация – линейная жесткость» для разных типов геосинтетических материалов / Д. А. Татьянников, В. И. Клевеко. – Текст : непосредственный // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2013. – № 1. – С. 165–172.
2. Игошева, Л. А. Геосинтетические материалы в конструкциях дорожных одежд автомобильных стоянок в сложных инженерно-геологических условиях / Л. А. Игошева, В. И. Клевеко. – Текст : непосредственный // Геология в развивающемся мире. – 2015. – Том 2. – С. 33–37.
3. Игошева, Л. А. Применение геосинтетических материалов при проектировании автомобильных стоянок в сложных инженерно-геологических условиях / Л. А. Игошева, О. А. Петренева, В. И. Клевеко. – Текст : электронный // Строительство и архитектура. Опыт и современные технологии. – 2015. – Выпуск 4, ч. 1. – URL: <http://sbornikstf.pstu.ru/council/?n=4&s=243> (дата обращения: 11.04.2022).
4. Construction Processes / J. Chu, S. Varaksin, U. Klotz, P. Meng?. – Текст : непосредственный // State of the Art Report : proceedings of the 17 International Conference on Soil Mechanics & Geotechnical Engineering, Alexandria, Egypt, 5–9 October 2009. – Egypt : [s. n.], 2009. – P. 14–28.
5. ГОСТ 33149-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог в сложных условия = Mobile roads of general use. Rules for designing roads in difficult conditions : Межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21 июля 2015 г. N 920-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 33149-2014 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 декабря 2015 г. : введен впервые : дата введения 2015-12-01 / разработан Федеральным государственным унитарным предприятием «Российский дорожный научно-исследовательский институт» (ФГУП «РОСДОРНИИ»). – Москва : Стандартинформ, 2015. – 45 с. – Текст : непосредственный.
6. Хожметов, Г. Х. Экспериментально-теоретические исследования устойчивости насыпей автомобильных дорог, армированных геосинтетическими материалами / Г. Х. Хожметов, А. Д. Каюмов, С. И. Комилов. – Текст : непосредственный // Вестник Каздорнии. – Алматы, 2019. – № 1–2. – С. 149–158.

Получена 18.03.2022

К. Г. КОНДРАШИН, Т. К. КУРБАТОВА, Н. О. РАКТОВИЧ, Р. А. ПЕТРОВ ЗМІЦНЕННЯ ҐРУНТІВ СИНТЕТИЧНИМИ СМОЛАМИ ПРИ ДОРОЖНЬОМУ І АЕРОДРОМНОМУ БУДІВНИЦТВІ

Державна автономна освітня установа Астраханської області вищої освіти «Астраханський державний архітектурно-будівельний університет», м. Астрахань, Росія

Анотація. При розширенні забудованих територій деяка частина відчувається у зв'язку з неможливістю або великою складністю виробництва на ній будівельних робіт. Пошук способів зміцнення слабких ґрунтів вельми актуальний. Найбільш досліджена і найчастіше застосовується для зміцнення ґрунтів в дорожньому і аеродромному будівництві фулфурол-анілінова смола (ФАС). Вона має гідрофобізуючі і структуротвірні властивості. Прояв тієї чи іншої властивості залежить від кількості ФАС, яка введена в ґрунт. При обробці ґрунтів зі слабкою і кислотою реакцією малими (до 2 %) дозами ФАС не проявляє структуротвірних властивостей, а лише гідрофобізує ґрунт. При введенні в ґрунт більше 2 % ФАС починають проявлятися структуротвірні властивості. Ефективність зміцнення ґрунтів ФАС залежить від хімічного, мінерального і гранулометричного складу їх, вмісту в них легкорозчинних солей, органічних речовин, а також від інших факторів.

Ключові слова: слабкі ґрунти, дорожнє та аеродромне будівництво, синтетичні полімери, хімічне укріплення.

KIRILL KONDRASHIN, TATIANA KURBATOVA, NADEZHDA RAKTOVICH,
ROMAN PETROV
STRENGTHENING OF SOILS WITH SYNTHETIC RESINS IN ROAD AND
AIRFIELD CONSTRUCTION

State Autonomous Educational Institution of the Astrakhan Region of Higher Education
«Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering», Astrakhan, Russia

Abstract. With the expansion of built-up areas, some part is alienated due to the impossibility or great complexity of construction work on it. The search for ways to strengthen weak soils is very relevant. Furfural-aniline resin (FAS) is the most studied and most often used to strengthen soils in road and airfield construction. It has hydrophobic and structure-forming properties. The manifestation of one or another property depends on the number of FAS that is introduced into the soil. When treating soils with slightly acidic and acidic reactions with small (up to 2 %) doses of FAS, the latter does not exhibit structure-forming properties, but only hydrophobizes the soil. When more than 2 % of FAS is introduced into the soil, structure-forming properties begin to manifest. The effectiveness of strengthening the soils of the FAS depends on their chemical, mineral and granulometric composition, the content of easily soluble salts, organic substances in them, as well as other factors.

Key words: weak soils, road and airfield construction, synthetic polymers, chemical reinforcement.

Кондрашин Кирилл Геннадьевич – ассистент кафедры геодезии, кадастрового учёта Государственного автономного образовательного учреждения Астраханской области высшего образования «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», г. Астрахань, Россия. Научные интересы: почвоведение, экология, гидрология, геодезия.

Курбатова Татьяна Камильевна – член Союза дизайнеров РФ, старший преподаватель кафедры дизайна и реставрации Государственного автономного образовательного учреждения Астраханской области высшего образования «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», г. Астрахань, Россия. Научные интересы: архитектура, освещение, дизайн, энергоэффективное оборудование.

Рактович Надежда Алексеевна – член Союза дизайнеров РФ, доцент кафедры дизайна и реставрации Государственного автономного образовательного учреждения Астраханской области высшего образования «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», г. Астрахань, Россия. Научные интересы: архитектура, освещение, дизайн, энергоэффективное оборудование.

Петров Роман Андреевич – младший научный сотрудник Научно-исследовательской лаборатории приоритетных исследований региона, Государственного автономного образовательного учреждения Астраханской области высшего образования «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», Астрахань, Россия. Научные интересы: почвоведение, экология.

Кондрашин Кирило Геннадійович – асистент кафедри геодезії, кадастрового обліку Державної автономної освітньої установи Астраханської області вищої освіти «Астраханський державний архітектурно-будівельний університет», м. Астрахань, Росія. Наукові інтереси: ґрунтознавство, екологія, гідрологія, геодезія.

Курбатова Тетяна Каміліївна – член Спільки дизайнерів РФ, старший викладач кафедри дизайну та реставрації Державної автономної освітньої установи Астраханської області вищої освіти «Астраханський державний архітектурно-будівельний університет», м. Астрахань, Росія. Наукові інтереси: архітектура, освітлення, енергоефективне обладнання.

Рактович Надія Олексіївна – член Спільки дизайнерів РФ, доцент кафедри дизайну та реставрації Державної автономної освітньої установи Астраханської області вищої освіти «Астраханський державний архітектурно-будівельний університет», м. Астрахань, Росія. Наукові інтереси: архітектура, освітлення, енергоефективне обладнання.

Петров Роман Андрійович – молодший науковий співробітник Науково-дослідної лабораторії пріоритетних досліджень регіону Державної автономної освітньої установи Астраханської області вищої освіти «Астраханський державний архітектурно-будівельний університет», м. Астрахань, Росія. Наукові інтереси: ґрунтознавство, екологія.

Kondrashin Kirill – Assistant, Geodesy, Cadastral Accounting Department, State Autonomous Educational Institution of the Astrakhan Region of Higher Education «Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering», Astrakhan, Russia. Scientific interests: soil science, ecology, hydrology, geodesy.

Kurbatova Tatiana – member of the Union of Designers of the Russian Federation, Senior Lecturer, Design and Restoration Deptment, State Autonomous Educational Institution of the Astrakhan Region of Higher Education «Astrakhan State

University of Architecture and Civil Engineering», Astrakhan, Russia. Scientific interests: architecture, lighting, design, energy-efficient equipment.

Raktovich Nadezhda – member of the Union of Designers of the Russian Federation, Associate Professor, Design and Restoration Department, State Autonomous Educational Institution of the Astrakhan Region of Higher Education «Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering», Astrakhan, Russia. Scientific interests: architecture, lighting, design, energy-efficient equipment.

Petrov Roman – junior researcher, Research Laboratory of Priority Analysis of the Region, State Autonomous Educational Institution of the Astrakhan Region of Higher Education «Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering», Astrakhan, Russia. Scientific interests: soil science, ecology.

УДК 629.1

С. А. ГОРОЖАНКИН, Н. В. САВЕНКОВ, О. О. ЗОЛОТАРЁВ, Л. Р. КОВАЛЁВА
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

АНАЛИЗ ЕЗДОВЫХ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЦИКЛОВ АВТОМОБИЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ВАРИАЦИОННЫХ РЯДОВ

Аннотация. Приведенный в статье материал направлен на рассмотрение вопроса математической обработки законов движения автомобилей путем их разложения в вариационные ряды. В качестве примера приведены результаты для стандартизированных ездовых циклов: Нового европейского ездового цикла NEDC и Всемирного гармонизированного ездового цикла WLTC. Также, на примере системы компьютерной алгебры Mathcad в работе предложен простейший алгоритм для преобразования исследуемых зависимостей в вариационный ряд с заданными параметрами. Полученные в исследовании результаты могут быть применены как для анализа, в т.ч. сравнительного, фактических режимов движения автомобилей, в том числе ездовых циклов, так и для решения задач синтеза перспективных силовых установок, а также алгоритмов их управления на основе комплексной многопараметрической оптимизации с учетом наборов режимов движения в эксплуатации.

Ключевые слова: ездовой цикл, вариационный ряд, скорость движения автомобиля, время движения, алгоритм, вариант, интервал.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Множество известных методик многопараметрической оптимизации и рационального выбора режимных и конструкционных параметров автомобильных силовых установок основаны на комплексном критерии эффективности, который среди прочих важных показателей учитывает режимы движения в условиях стандартизированных ездовых испытательных циклов. Например, работы [1–3]. Однако стоит принимать во внимание, что фактические режимы движения автотранспортных средств на различных маршрутах разных городов мира могут в значительной степени отличаться от испытательных циклов в силу множества эксплуатационных факторов. Поэтому, становится очевидным, что существует вполне обоснованная необходимость в проведении отдельных исследований этих фактических режимов движения. Для решения этой задачи может быть применено множество подходов, в том числе и на основании опытных исследований. Отдельного изучения при этом требует вопрос обработки и, при необходимости, усреднения полученных результатов. В настоящей работе на примере действующих ездовых циклов предложена и рассмотрена процедура обработки заданного закона движения автомобиля путем разложения в вариационный ряд.

ОСНОВНАЯ ЦЕЛЬ СТАТЬИ

Обосновать практическую значимость и предложить соответствующую методику для преобразования закона движения автомобиля, на примере стандартизированного ездового цикла, в вариационный ряд.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ездовым циклом (ЕЦ) является установленная соответствующим государственным или международным нормативным документом определенная последовательность режимов движения автотранспортного средства (АТС), применяемая при определении в относительно равных (среднеэксплуатационных) условиях, топливно-экономических эксплуатационных свойств и экологических качеств АТС.

ЕЦ разрабатываются на основании статистического исследования действительных режимов движения автомобилей различных категорий и классов в городских и магистральных условиях различных регионов мира.

В качестве примера, в настоящей работе рассмотрены два ездовых цикла: 1) Новый европейский ездовой цикл (NEDC, действует в РФ для официального утверждения АТС категорий N_1 и M_1 в отношении определения расхода топлива и экологических качеств, [4, 5]); 2) Всемирный гармонизированный ездовой цикл (WLTC) для АТС категорий N_1 и M_1 III класса энерговооруженности с максимальной скоростью более 120 км/ч [6].

ЕЦ WLTC, приведенный на рис. 1а, состоит из фрагментов Low_{3-2} , $Medium_{3-2}$, $High_{3-2}$, $Extra\ High_3$. ЕЦ NEDC для АТС с энерговооруженностью от 30 Вт/кг состоит из последовательности 4 городских фрагментов ECE-15, образующих Европейский городской ездовой цикл UDC, и Европейского магистрального ездового цикла EUDC, рис. 1, б.

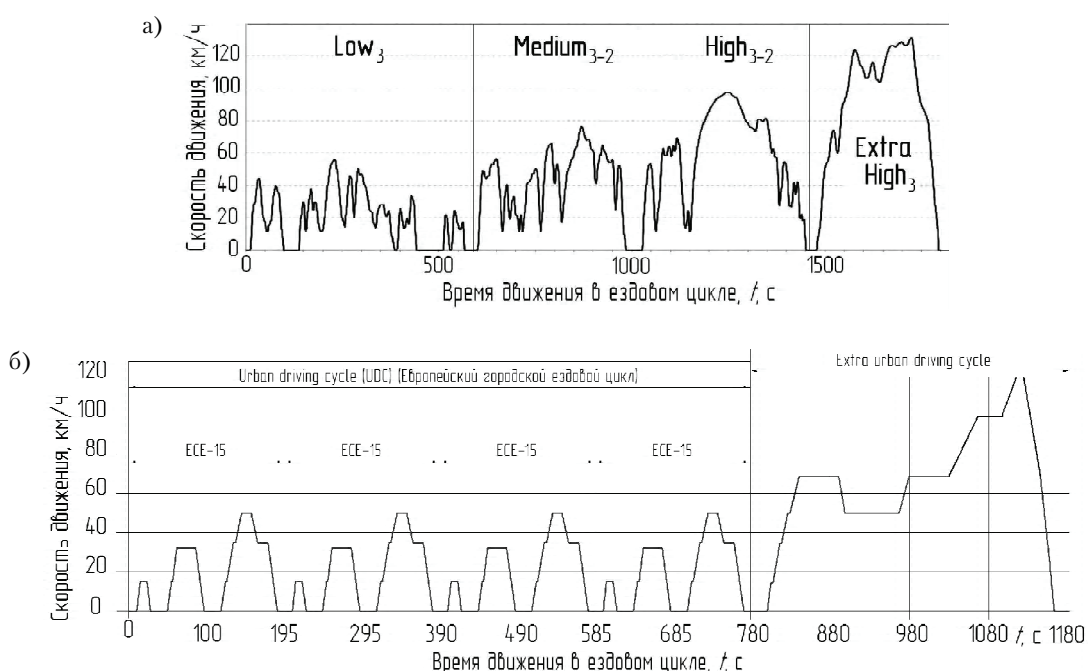


Рисунок 1 – Исследуемые в работе испытательные ездовые циклы: а) новый европейский ездовой цикл NEDC; б) всемирный гармонизированный ездовой цикл WLTC.

Вариационным рядом является ранжированный ряд распределения по величине какого-либо признака объекта или процесса. При этом признак носит название варьирующего, а его отдельные числовые значения называются вариантами. Число, показывающее, сколько раз данная варианта встречается в вариационном ряду, называется частотой [7].

В примере с рассматриваемыми ездовыми циклами, которые представляют собой зависимости скорости движения от времени $V = f(t)$, признаком будет являться скорость движения, а её отдельные числовые значения – вариантами; частотами t будет являться накопленное время движения, соответствующее определенной варианту.

Вариационный ряд возможно разбивать на отдельные (по возможности равные) части, которые называются квантилями (медиана, терциль, квартиль, дециль, процентиль).

В соответствии с Правилом Стёрджеса [8] (эмпирическим правилом оптимального количества интервалов, на которые разбивается наблюдаемый диапазон изменения случайной величины при построении гистограммы плотности её распределения), количество интервалов определяется как:

$$n = 1 + 3,322 \cdot \lg N, \quad (1)$$

где n – количество интервалов, на которые рекомендуется разбивать вариационный ряд;
 N – накопленное значение частот всего вариационного ряда (для рассматриваемых в работе ЕЦ параметру N будет соответствовать общее время ЕЦ: $N = 1\,180$ с для NEDC и $N = 1\,794$ с для WLTC).

С учетом (1), n для NEDC составляет 11,2, а для WLTC 11,8. При округлении в большую сторону для обоих ЕЦ возможно принять $n = 12$. Размах вариации R для каждого ЕЦ равен максимальной скорости движения в этом цикле: $R = 120$ км/ч для NEDC и $R = 131,3$ км/ч для WLTC. При этом длина каждого интервала вариационного ряда составляет $h = R/n$: $h = 10$ км/ч для NEDC и $h = 10,94$ км/ч для WLTC.

Учитывая достаточно большой массив исходных данных (опорных точек) дискретной зависимости $V = f(t)$ для каждого ЕЦ, приведенной в операционной карте на этот цикл, рационально выполнять построение соответствующего вариационного ряда с помощью специальных вычислительных алгоритмов. В настоящей работе для этой цели применена система компьютерной алгебры Mathcad. Разработанный простейший алгоритм для создания на основе ЕЦ вариационного ряда приведен на рис. 2.

```

t(v) :=  $\left\{ \begin{array}{l} z \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 0, 1 \dots N \\ \quad \left\{ \begin{array}{l} z \leftarrow z + 1 \text{ if } v \leq V(i) < (v + h) \\ z \leftarrow z \text{ otherwise} \end{array} \right. \\ z \end{array} \right.$ 

```

Рисунок 2 – Листинг программы Mathcad для преобразования зависимости $V = f(t)$ ездового цикла в вариационный ряд $t = f(v)$.

Приведенный на рис. 2 алгоритм состоит из 5 строк и основан на итерационном цикле «for». Тело этого цикла (строки № 3 и № 4) выполняется последовательно для каждого значения переменной цикла « i », в качестве которой принята последовательность значений времени движения в ЕЦ (согласно соответствующей операционной карте). В программу введена непрерывная функция скорости движения в ЕЦ $V = f(t)$, составленная на основании соответствующей операционной карты с помощью аппроксимации; данная функция находится в строке № 3 в виде « $V(i)$ ». Алгоритм позволяет определить значение параметра вывода « z », в качестве которого принято значение частоты t (суммарного времени) вариационного ряда, соответствующее определенному интервалу скоростей движения АТС (аргументу). Аргументом вариационного цикла « v » является дискретная последовательность точек начала интервалов скоростей движения АТС: $v = (0, h, \dots, R)$.

Таким образом, вариационный ряд $t = f(v)$, полученный на основе ЕЦ, позволяет оценить, сколько по времени занимает движение АТС в определенных интервалах скоростей.

Результаты работы приведенной программы для рассматриваемых ЕЦ приведены на рис. 3 и рис. 4.

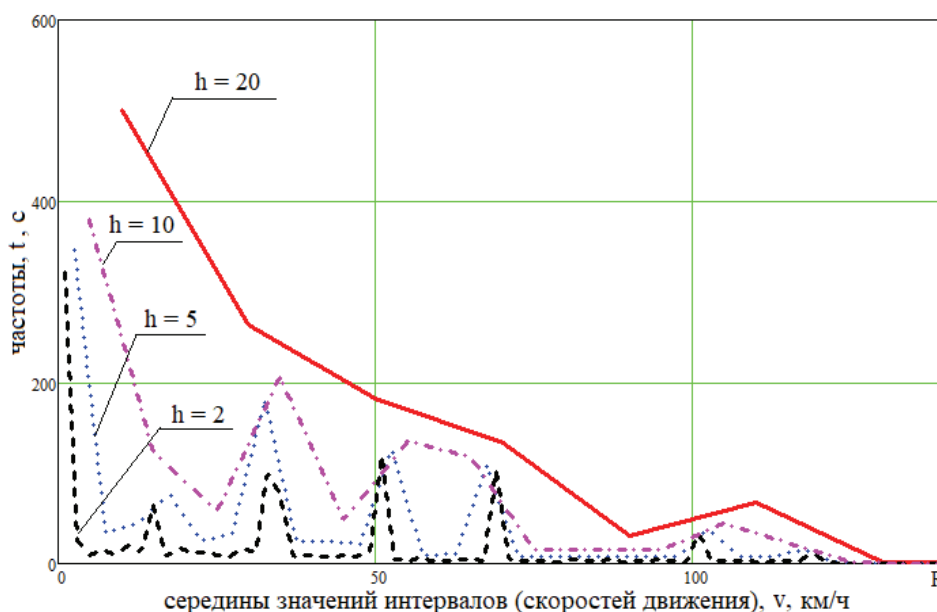


Рисунок 3 – Графическое изображение вариационного ряда в виде полигона частот, полученного на основе ездового цикла NEDC для различных значений длины интервалов.

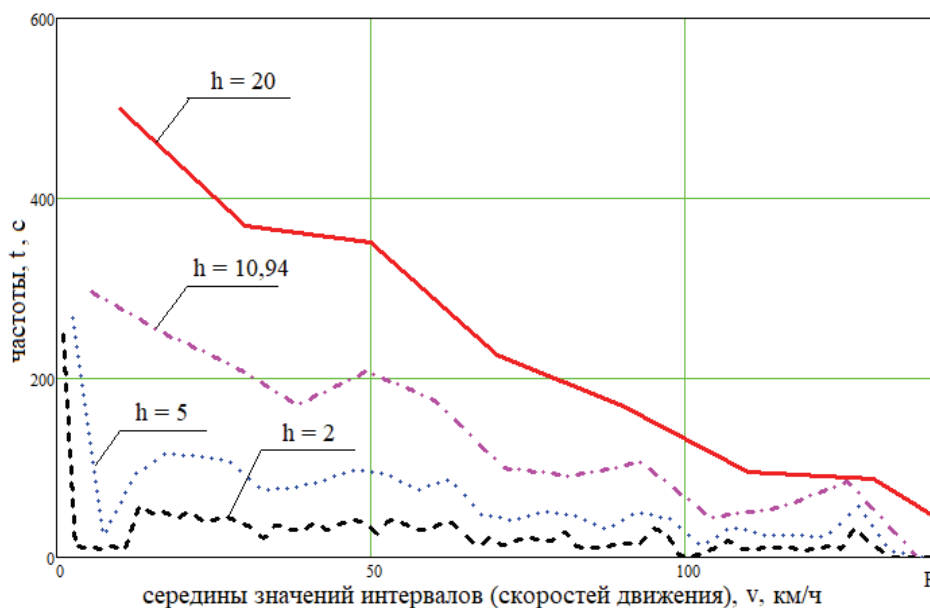


Рисунок 4 – Графическое изображение вариационного ряда в виде полигона частот, полученного на основе ездового цикла WLTC для различных значений длины интервалов.

Таблица – Результаты разложения в вариационные ряды функций скорости ездовых циклов

№ интервала, p	NEDC, $h = 10$				WLTC, $h = 10,94$				
	Нижняя граница	Верхняя граница	Середины интервалов	Частоты	Нижняя граница	Верхняя граница	Середины интервалов	Частоты	
	v , км/ч	$v+h$, км/ч	$v+0,5 \cdot h$	t , с	v , км/ч	$v+h$, км/ч	$v+0,5 \cdot h$	t , с	
1	0	10	5	379	0	10	5	295	
2	10	20	15	122	10,94	21	16	251	
3	20	30	25	58	21,88	32	27	216	
4	30	40	35	206	32,82	43	38	170	
5	40	50	45	47	43,76	54	49	207	
6	50	60	55	135	54,7	65	60	175	
7	60	70	65	118	65,64	76	71	100	
8	70	80	75	15	76,58	87	82	91	
9	80	90	85	16	87,52	98	92	106	
10	90	100	95	15	98,46	109	103	44	
11	100	110	105	45	109,4	120	114	55	
12 = n	110	120	115	23	120,34	131	125	84	
Сумма частот, N (общее время ЕЦ)				1 180	Сумма частот, N (общее время ЕЦ)				1794

На графиках зависимости смещены вправо на величину $0,5 \cdot h$. Их расположение таково, чтобы узловые точки располагались в центре каждого интервала.

Проверка правильности работы предложенного алгоритма:

$$N = \sum t(v). \quad (2)$$

Результаты разложения функций $V = f(t)$ рассмотренных ездовых циклов в вариационные ряды при количестве интервалов h , принятом в соответствии с (1), также приведены в таблице.

На основе полученных зависимостей можно сделать вывод, что для обоих рассмотренных ЕЦ распределение частот вариационных рядов является ассиметричным – значительная часть общего времени цикла сопровождается отсутствием движения АТС либо его движением с минимальной скоростью (первый интервал таблицы). При рекомендуемом h для вариационного ряда цикла NEDC более выражена зубчатая форма – ввиду наличия протяжённых участков движения с постоянной скоростью, а более вогнутая форма этой кривой свидетельствует о меньшей средней скорости ездового цикла (среднего арифметического вариантов ряда):

$$V_{CP} = \frac{\sum_{i=1}^n ((v_p + 0,5 \cdot h) \cdot t_p)}{N}. \quad (V_{CP} = 33 \text{ км/ч для NEDC и } 46,7 \text{ км/ч для WLTC}). \quad (3)$$

Для комплексного анализа параметров исследуемых ЕЦ путем их преобразования в вариационные ряды могут быть рассчитаны и другие характеристики: мода, медиана, дисперсия, коэффициент вариации, интерквартильный интервал и т. д.

Также стоит отметить, что длина интервалов h , а соответственно и их количество, могут быть скорректированы в соответствии с конкретной прикладной задачей. На примере выполненного преобразования, при $h < 5$ вариационные ряды приобретают вид спектра шумов частот и, очевидно, польза от их практического применения не существенна.

ВЫВОД

По аналогии с полученными результатами могут быть составлены вариационные ряды не только для функции скорости движения в ЕЦ, но и для соответствующих ускорений. Кроме того, для решения перспективных задач синтеза конструктивных и режимных параметров силовых установок полезным входным параметром будет являться вариационный ряд, вариантами в котором будет являться требуемая мощность на ведущих колёсах, а частотами – накопленное время движения в конкретном ездовом цикле. Таким образом, совокупность вариационных рядов, характеризующих как кинематические параметры режимов движения, так и показатели уравнения мощностного баланса автомобиля в этих условиях, вполне обоснованно может лечь в основу перспективных методик многопараметрической оптимизации автомобильных силовых установок на основе комплексных критериев эффективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Русаков, С. С. Разработка методики оптимизации передаточных чисел механической ступенчатой трансмиссии легкового автомобиля с учетом режимов работы его двигателя : специальность 05.05.03 «Колесные и гусеничные машины» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Русаков Сергей Сергеевич ; Ижевский государственный технический университет. – Ижевск, 2007. – 134 с. – Текст : непосредственный.
2. Адысов, А. Ю. Разработка методики выбора передаточных чисел трансмиссии автомобиля на основе рационального сочетания тягово-скоростных свойств, топливной экономичности и токсичности выхлопных газов : специальность 05.05.03 «Колесные и гусеничные машины» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Адысов Александр Юрьевич ; Нижегородский государственный технический университет. – Нижний Новгород, 2002. – 200 с. – Текст : непосредственный.
3. Блохин, А. Н. Разработка методики поиска рациональных передаточных чисел трансмиссии с учетом эксплуатационных свойств и назначения автомобиля : специальность 05.05.03 «Колесные и гусеничные машины» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Блохин Александр Николаевич ; Нижегородский государственный технический университет. – Нижний Новгород, 2006. – 256 с. – Текст : непосредственный.
4. ГОСТ Р 54810-2011. Автомобильные транспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний : издание официальное : утверждён и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 декабря 2011 г. № 1178-ст : введен впервые : дата введения 2012-09-01 / подготовлен Федеральным государственным унитарным предприятием «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ» (ФГУП «НАМИ»). – Москва : Стандартинформ, 2012. – 23 с. – Текст : непосредственный.
5. Uniform provisions concerning the approval of passenger cars equipped with an internal combustion engine with regard to the measurement of the emission of carbon dioxide and fuel consumption and of categories M1 and N1 vehicles equipped with an electric power train with regard to the measurement of electric energy consumption and range. UNECE 2004. – Текст : электронный // Европейская экономическая комиссия ООН : официальный сайт. – 2004. – URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/12faf0c9-6266-4af2-97e4-6a67b5fbaf44> (дата обращения: 10.03.2022).
6. United Nations Global Technical Regulation on Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedures (WLTP), UNECE 2018. – Текст : электронный // Европейская экономическая комиссия ООН : официальный сайт. – 2018. – URL: <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29registry/ECE-TRANS-180a15am4e.pdf>* (дата обращения: 10.03.2022).
7. Венецкий, И. Г. Вариационные ряды и их характеристики / И. Г. Венецкий. – Москва : Статистика, 1970. – 155 с. – Текст : непосредственный.

8. Sturges, H. The choice of a class-interval / H. Sturges. – Текст : непосредственный // J. Amer. Statist. Assoc. – 1926. – Volume 21. – P. 65–66.

Получена 21.03.2022

С. А. ГОРОЖАНКІН, М. В. САВЕНКОВ, О. О. ЗОЛОТАРЬОВ, Л. Р. КОВАЛЬОВА
АНАЛІЗ ЇЗДОВИХ ВИПРОБУВАЛЬНИХ ЦИКЛІВ АВТОМОБІЛІВ ЗА
ДОПОМОГОЮ ВАРІАЦІЙНИХ РЯДІВ
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Наведений у статті матеріал спрямовано на розгляд питання математичного опрацювання законів руху автомобілів шляхом їх розкладання в варіаційні ряди. Як приклад наведено результати для стандартизованих їздових циклів: нового європейського їздового циклу NEDC та Всесвітнього гармонізованого їздового циклу WLTC. Також, на прикладі системи комп'ютерної алгебри Mathcad, у роботі запропоновано найпростіший алгоритм для перетворення досліджуваних залежностей у варіаційний ряд із заданими параметрами. Отримані в дослідженні результати можуть бути використані як для аналізу, у т. ч. порівняльного, фактичних режимів руху автомобілів, у тому числі їздових циклів, так і для розв'язання задач синтезу перспективних силових установок, а також алгоритмів їх керування на основі комплексної багатопараметричної оптимізації з урахуванням наборів режимів руху в експлуатації.

Ключові слова: їздовий цикл, варіаційний ряд, швидкість руху автомобіля, час руху, алгоритм, варіанта, інтервал.

SERGEY GOROZHANKIN, SAVENKOV NIKITA, OLEG ZOLOTAREV,
LILIA KOVALEVA
AUTOMOTIVE DRIVING TEST CYCLE ANALYSIS USING VARIATION SERIES
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Mathematical processing of the laws of driving of automotive by expanding them into variational series is considered in the article. As an example, the results for standardized riding cycles are given: the New European Riding Cycle NEDC and the Worldwide Harmonized Riding Cycle WLTC. Also, using the example of the Mathcad computer algebra system, the simplest algorithm for converting the studied dependencies into a variational series with specified parameters is proposed. The results which were obtained in the study can be applied both for the analysis, including comparative, of actual driving modes of cars, including driving cycles, and for solving problems of synthesis of promising power plants, as well as algorithms for their control based on complex multiparametric optimization taking into account sets of driving modes in operation.

Key words: driving cycle, variation series, vehicle speed, driving time, algorithm, option, interval.

Горожанкин Сергей Андреевич – доктор технических наук, профессор кафедры автомобильного транспорта, сервиса и эксплуатации ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: автомобильный транспорт, силовые агрегаты, теплотехника, газовая динамика.

Савенков Никита Владимирович – кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой автомобильного транспорта, сервиса и эксплуатации ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: топливная экономичность автомобилей на неустановившихся режимах движения.

Золотарёв Олег Олегович – преподаватель-стажёр кафедры автомобильного транспорта, сервиса и эксплуатации ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: силовые установки гибридных автомобилей.

Ковалёва Лилия Руслановна – магистрант кафедры автомобильного транспорта, сервиса и эксплуатации ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: многоступенчатые трансмиссии грузовых автомобилей.

Горожанкін Сергій Андрійович – доктор технічних наук, професор кафедри автомобільного транспорту, сервісу і експлуатації ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: автомобільний транспорт, силові агрегати, теплотехніка, динаміка газів.

Савенков Микита Володимирович – кандидат технічних наук, доцент; завідувач кафедри автомобільного транспорту, сервісу і експлуатації ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: паливна економічність автомобілів на нестабільних режимах руху.

Золотарьов Олег Олегович – викладач-стажист кафедри автомобільного транспорту, сервісу і експлуатації ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: силові установки гібридних автомобілів.

Ковальова Лілія Русланівна – магістрант кафедри автомобільного транспорту, сервісу і експлуатації ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: багатоступінчасті трансмісії вантажних автомобілів.

Gorozhankin Sergey – D. Sc. (Eng.), Professor; Automobile Transport, Service and Operation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: automobile transport, power units, ICE, gas dynamics.

Savenkov Nikita – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Head of the Automobile Transport, Service and Operation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: fuel efficiency of cars on transient driving modes.

Zolotarev Oleg – trainee lecturer, Automobile Transport, Service and Operation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: power units of the hybrid vehicles.

Kovaleva Lilia – master's student, Automobile Transport, Service and Operation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: multi-stage truck transmissions.

УДК 699.82:624.07:69.07:692.843

В. А. МАЗУР, В. О. КИСЕЛЁВА

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ПОЛОВ И ОГРАЖДЕНИЯ КАРЕ РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКОВ

Аннотация. Развитие народного хозяйства страны предопределяет необходимость строительства новых, ремонта и реконструкции существующих резервуарных парков. Повышенные требования к экологической и пожаробезопасности, химической и биологической стойкости, изоляционным свойствам приводят к определённым проблемам при проектировании полов и ограждении каре, так как практически отсутствуют нормативные рекомендации по их проектированию. В статье показана принципиальная схема пола каре, приведены основные варианты устройства отдельных слоёв, проанализированы факторы и требования, влияющие на выбор конструктивного решения полов каре. Показана необходимость разработки научнообоснованных рекомендаций по выбору конструктивного решения полов и ограждения каре резервуарных парков. Определена актуальность дальнейших исследований, которые позволят оптимизировать конструктивные решения полов каре с учётом предъявляемых факторов и требований.

Ключевые слова: резервуарный парк, пол каре, конструктивное решение, ограждение, обвалование, изоляционный слой.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Резервуарные парки для хранения нефти и нефтепродуктов являются сложными инженерно-техническими сооружениями, к которым предъявляется целый ряд требований не только при строительстве, но и в процессе эксплуатации. При отсутствии должной защиты территории, на которой они располагаются, даже малые аварийные ситуации в виде местной протечки резервуара могут привести к крупномасштабным экологическим катастрофам. Поэтому к каре и ограждениям резервуарных парков предъявляется целый комплекс требований, включающий не только противопожарную безопасность и охрану окружающей среды, но и конструктивные, и эксплуатационные требования и т. д. [1–2]. Изучение отечественной нормативной базы и опыта проектирования каре резервуарных парков за рубежом показало, что в основном освещены вопросы проектирования ёмкостей для хранения нефтепродуктов, а научнообоснованные рекомендации по проектированию и строительству полов и ограждения практически отсутствуют. В современной практике строительства с каждым годом увеличивается количество резервуарных парков, возникает необходимость в ремонте существующих полов и ограждения каре, однако научно обоснованных рекомендаций по конструктивному составу полов каре в открытом доступе нет. Что определяет актуальность дальнейших исследований.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В процессе изучения нормативных документов, научных трудов, связанных с проектированием резервуарных парков, установлено, что в основном рассматриваются вопросы планирования территории нефтебазы. Изучению этого вопроса посвящены работы Г. А. Пектемирова, Г. В. Шишкина, Л. А. Мацкина, С. В. Алексеева, Г. А. Грознова [5–9] и др. В работах зарубежных учёных A. Sengupta, M. Yi-Fei, X. Wua, L. Nabavi, [10–13] и др. большое внимание уделяется вопросам по предотвращению аварий и безопасной компоновки. В отечественных нормах проектирования требования к устройству полов каре резервуарных парков сводятся к нормам проектирования противофильтрационных экранов полигонов по обезвреживанию и захоронению токсичных отходов [3], в зарубежной

практике аналогично ссылаются на директивы совета ЕС [4]. Поэтому вопросы проектирования, устройства и эксплуатации полов каре резервуарных требуют дальнейших исследований.

ЦЕЛИ

Выполнить комплексный анализ факторов, влияющих на конструктивное решение полов и ограждения каре резервуарных парков хранения нефтепродуктов.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Несмотря на планомерное развитие нефтедобывающей, перерабатывающей, нефтехимической и строительной промышленности, а также ужесточение требований, предъявляемых к нефтепроводам и сооружениям, связанных с хранением нефтепродуктов, основной проблемой при эксплуатации остаются аварии на территории резервуарных парков, приводящие к разливам нефтепродуктов как в периметре самого парка, так и за его пределами. Поэтому при проектировании и эксплуатации резервуарных парков особые требования предъявляются к конструкциям полов и ограждения каре (*конструктивные требования*).

Принципиальная конструкция пола каре [14] состоит из обязательных последующих слоёв (рисунок): уплотнённого грунта, основания, изоляционного слоя, разделительного слоя, защитного покрытия.

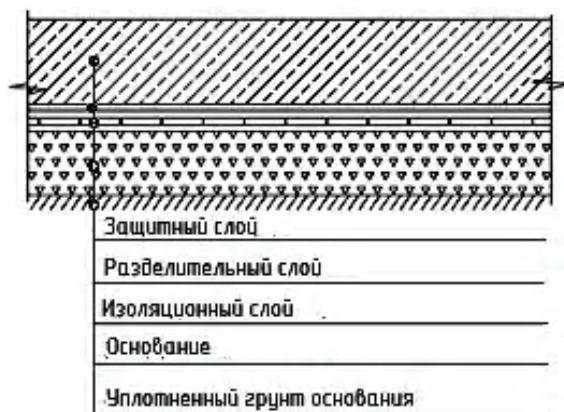


Рисунок – Принципиальная схема конструктивного состава пола каре.

В качестве основания применяют уплотнённый глиняный или песчаный слой, монолитную бетонную или асфальтобетонную плиту, сборные железобетонные плиты.

В качестве изоляционного слоя устраивают обмазочную (наливную) гидроизоляцию из жидкого стекла, битумной мастики или резины, прокладную изоляцию из геомембраны, двух слоёв плёнки ПНД или бентонитовых матов.

В качестве разделительного слоя прокладывают рулонный геотекстиль или стекловолокно.

В качестве защитного слоя устраивают песчаную отсыпку, отсыпку грунтом с последующим озеленением, выполняют бетонный пол каре или укладывают плитку.

На выбор конструктивного решения и состава пола каре влияет ряд факторов: нагрузки (постоянные и (или) временные, экстренные, точечные или равномерно распределённые), природно-климатические условия района строительства, географические факторы и рельеф, требования к негорючести и химической стойкости защитного покрытия, ремонтпригодность конструкции пола, условия форс-мажора, специфические требования и т. д.

Нагрузки. При проектировании полов каре резервуарного парка необходимо учитывать нагрузки, влияющие на данный объект от начала проектирования и строительства до завершения срока его эксплуатации. На полы каре действуют постоянные, временные и экстренные нагрузки. В качестве постоянных рассматривается собственный вес конструкции пола, вес трубопроводов при наземной прокладке, вес дорог, дорожек и проходов и т. п. В качестве временных нагрузок учитываются климатические (снеговые, ветровые, гололёдные, дождевые) и механические нагрузки (нагрузка от перемещения по территории людей и машин). В качестве экстренной принимается нагрузка при разливе нефти и нефтепродуктов.

В зависимости от максимального сочетания приложенных нагрузок на предполагаемый участок при проектировании пола резервуарного парка определяется оптимальный вариант его конструктивного решения.

Природно-климатические условия района строительства характеризуются климатом отведённой местности для строительства резервуарного парка, сформировавшимся вследствие её географического положения. Основными характеристиками являются: среднегодовая (в также максимальная летняя и минимальная зимняя) температура воздуха и верхних слоёв грунта, преобладающие скорость и направление ветра, влажность воздуха, атмосферное давление, уровень солнечной радиации и количество осадков. Из этого фактора исходят требования морозоустойчивости, стойкости к воздействию низких и высоких температур, солнечной инсоляции и т. д.

Географические факторы и рельеф. Расположение региона строительства, геологическое строение местности, доступность материалов, возможность использования машин и механизмов необходимо учитывать при проектировании комплексного конструктивного решения пола каре резервуарного парка.

Инженерно-геологические условия строительства. Перед разработкой проекта определяются инженерно-геологические характеристики грунтов на участке строительства резервуарного парка, уточняется плотность грунта, его состав, а также уровень залегания грунтовых вод.

К специфическим обязательным требованиям стойкости при проектировании полов и ограждения каре резервуарных парков относятся требования к негорючести, гидро-, био- и химической стойкости верхнего защитного покрытия. Например, требование в негорючести состоит в том, чтобы при возгорании в случае разлива жидкости защитное покрытие с момента начала пожара могло выдержать высокие температуры и/или удержало на некоторое время проникновение нефти и нефтепродуктов в последующие слои пола каре. Используют гравийное, щебёночное, песчаное, шлаковое, земляное, бетонное или железобетонное защитное покрытие.

Также обязательным специфическим требованием является необходимость устройства противоточного барьера (изоляция при разливе нефти). В отличие от строительных конструкций, выполняемых по грунту с гидроизоляционным слоем с внешней стороны (со стороны грунта), в полах каре резервуарных парков фактически необходимо устройство двух гидроизоляционных слоёв – со стороны грунта и со стороны защитного слоя (так называемый противоточный барьер).

В процессе эксплуатации резервуарного парка возможны разливы нефти и нефтепродуктов, которые, конечно, стараются устранить в минимальные сроки. Для этого верхнее защитное покрытие пола должно быть химически стойким и не терять своих гидроизоляционных свойств при взаимодействии с нефтепродуктами.

Ремонтопригодность слоёв – обязательное требование, предъявляемое к полам каре в процессе длительной эксплуатации комплекса. Долговечность работы всей конструкции пола каре зависит от его состава и характеристик отдельных слоёв. Поэтому необходимо подбирать конструктивный состав пола каре таким образом, чтобы нижние слои пола обладали большим сроком или все слои имели приблизительно одинаковый срок безремонтной эксплуатации.

Условия форс-мажора могут возникать в результате сейсмических и взрывных воздействий, а также эксплуатационных и аварийных ситуаций, когда происходит повреждение нефтепродуктопроводов, ёмкостей и пр., приводящие к разливам, возгоранию или взрыву ёмкости, деформациям полов и ограждения каре. Возникновение данных воздействий предугадать невозможно, но их влияние можно предусмотреть при проектировании в экстренных нагрузках и в специфических требованиях к сдвигоустойчивости, эластичности, химической стойкости и негорючести слоёв пола каре.

ВЫВОДЫ

Выбор оптимального конструктивного решения пола и ограждения каре резервуарного парка является сложной задачей вследствие множества возможных решений по устройству отдельных слоёв пола, специфичности предъявляемых к полам требований и разнообразия факторов, влияющих на этот выбор. На основании анализа выбранных в статье факторов необходимо выполнить их ранжирование для более полного учёта их влияния на выбор отдельных слоёв пола каре. Поэтому необходимы дальнейшие исследования в данном направлении, так как оптимизация конструктивных решений пола каре позволит повысить надёжность устройства конструкции, существенно сократив стоимость и сроки производства работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 155.13130.2014. Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности = Warehouses of oil and oil products. Fire safety requirements : издание официальное : утвержден приказом МЧС России от 26 декабря 2013 г. № 837 : дата введения 2014-01-01 / разработан Всероссийским орденом «Знак Почета» научно-исследовательским институтом противопожарной обороны МЧС России (ВНИИПО), ООО «ПОЖОБОРОНПРОМ», ЗАО «АРТСОК», ООО «Каланча». – Москва : МЧС России, 2014. – 42 с. – Текст : непосредственный.
2. ГОСТ Р 53324-2009. Ограждения резервуаров. Требования пожарной безопасности = Dyking of storage tanks. Fire safety requirements : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 февраля 2009 г. № 100-ст. : дата введения 2009-02-08 / разработан Всероссийским орденом «Знак Почета» научно-исследовательским институтом противопожарной обороны (ВНИИПО). – Москва : Стандартинформ, 2009. – 11 с. – Текст : непосредственный.
3. СП 127.13330.2017. Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию = Landfills for the disposal and burial of toxic industrial wastes. Basic provisions on design : актуализированная редакция СНиП 2.01.28-85 : издание официальное : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 14 ноября 2017 г. № 1533/пр и введен в действие с 15 мая 2018 г. : дата введения 2018-05-15 / исполнители АО «ЦНС». – Москва : Стандартинформ, 2017. – 30 с. – Текст : непосредственный.
4. Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste. – Текст : непосредственный // Official Journal L 182. – 1999. – P. 1–19.
5. Пектемиров, Г. А. Справочник инженера и техника нефтебаз / Г. А. Пектемиров. – Москва : Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы, 1962. – 325 с. – Текст : непосредственный.
6. Шишкин, Г. В. Справочник по проектированию нефтебаз / Г. В. Шишкин. – Москва : Недра, 1978. – 216 с. – Текст : непосредственный.
7. Мацкин, Л. А. Эксплуатация нефтебаз / Л. А. Мацкин, И. Л. Черняк, М. С. Илембитов. – 3-е изд. – Москва : Недра, 1975. – 392 с. – Текст : непосредственный.
8. Алексеев С. В. Обустройство резервуарных парков : монография / С. В. Алексеев, В. А. Алексеев, С. И. Поникаров ; Министерство образования и науки РФ, Казан. гос. технол. ун-т. – Казань : КГТУ, 2010. – 97 с. – Текст : непосредственный.
9. Грознов, Г. А. Строительство нефтебаз и автозаправочных станций / Г. А. Грознов. – Москва : Недра, 1980. – 77 с. – Текст : непосредственный.
10. Sengupta, A. Engineering layout of fuel tanks in a tank farm / A. Sengupta, A. Gupta, I. Mishra. – Текст : непосредственный // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. – 2011. – Volume 24, Issue 5. – P. 568–574.
11. Yi-fei, M. Preliminary Study on Safety Performance Evaluation of Petrochemical Plant Layout / M. Yi-fei, Z. Dong-feng, Z. Zhi-qiang. – Текст : непосредственный // Procedia Engineering. – 2013. – Volume 52. – P. 277–283.
12. Research on the relationship between causal factors and consequences of incidents occurred in tank farm using ordinal logistic regression / X. Wua, L. Houa, Y. Wena [et al.]. – Текст : непосредственный // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. – 2019. – Volume 61. – P. 287–297.
13. Nabavi, S. R. Optimization of Facility Layout of Tank farms using Genetic Algorithm and Fireball Scenario / S. R. Nabavi, A. H. Taghipour, A. Mohammadpour Gorji. – Текст : непосредственный // Chemical Product and Process Modeling. – 2015. – P. 12–22.
14. Мазур, В. А. Влияние компоновки зоны хранения в резервуарных парках на выбор конструктивно-технологического решения устройства защитного барьера / В. А. Мазур, А. В. Крупенченко, В. О. Киселева. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – Выпуск 2019-6(140) Технология, организация, механизация и геодезическое обеспечение строительства. – С. 34–39. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42982124> (дата обращения: 12.04.2022).

Получена 25.02.2022

В. О. МАЗУР, В. О. КИСЕЛЬОВА
АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВИБІР КОНСТРУКТИВНИХ
РІШЕНЬ ПІДЛОГ КАРЕ РЕЗЕРВУАРНИХ ПАРКІВ
ДОО ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Розвиток народного господарства країни зумовлює необхідність будівництва нових, ремонту та реконструкції існуючих резервуарних парків. Підвищені вимоги до екологічної та пожежної безпеки, хімічної та біологічної стійкості, ізоляційним властивостям призводять до певних проблем при проектуванні підлог і огорожі каре, так як практично відсутні нормативні рекомендації щодо їх проектування. У статті показана принципова схема підлоги каре, наведені основні варіанти улаштування окремих шарів, проаналізовані фактори і вимоги, що впливають на вибір конструктивного рішення

підлог каре. Показано необхідність розробки науковообґрунтованих рекомендацій щодо вибору конструктивного рішення підлог і огорожі каре резервуарних парків. Визначено актуальність подальших досліджень, які дозволять оптимізувати конструктивні рішення підлог каре з урахуванням пропонуванних факторів і вимог.

Ключові слова: резервуарний парк, підлога каре, конструктивне рішення, огорожа, обвалування, ізоляційний шар.

VICTORIIA MAZUR, VICTORIIA KISELYOVA
ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING ON THE CHOICE OF CONSTRUCTIVE
SOLUTIONS FOR THE FLOORS OF TANK FARMS
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The development of the national economy of the country determines the need for the construction of new, repair and reconstruction of existing tank farms. Increased requirements for environmental and fire safety, chemical and biological resistance, insulation properties lead to certain problems when designing floors and fencing squares, since there are practically no regulatory recommendations for their design. The article shows the schematic diagram of the square floor, the main variants of the device of individual layers are given, the factors and requirements affecting the choice of a constructive solution of square floors are analyzed. The necessity of developing scientifically-based recommendations on the choice of a constructive solution for floors and fencing of tank farms is shown. The relevance of further research is determined, which will optimize the design solutions of the square floors, taking into account the factors and requirements.

Key words: tank farm, floor square, structural solution, fencing, collapsing, insulation layer.

Мазур Вікторія Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: совершенствование конструктивно-технологических решений по устройству и капитальному ремонту ограждающих конструкций зданий и сооружений.

Киселёва Виктория Олеговна – аспирант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: конструктивно-технологические решения по устройству изоляции и защитных барьеров зданий и сооружений.

Мазур Вікторія Олександрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології та організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вдосконалення конструктивно-технологічних рішень по влаштуванню і капітальному ремонту огорожувальних конструкцій будівель і споруд.

Кисельова Вікторія Олегівна – аспірант кафедри технології та організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: конструктивно-технологічні рішення по влаштуванню ізоляції і захисних бар'єрів будівель і споруд.

Mazur Victoriia – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improvement of structural and technological solutions for the installation and overhaul of enclosing structures of buildings and structures.

Kiselyova Victoriia – post-graduate student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: structural and technological solutions for insulation and protective barriers of buildings and structures.

UDC 72.025.5 (725)

HAFIZULLA BENAI, TAMARA ZAGORUIKO, NATALIA SMIRNOVA
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

SCIENTIFIC AND EXPERIMENTAL ASPECTS OF ARCHITECTURAL AND URBAN SURVEYING OF SPECTACULAR BUILDINGS AND STRUCTURES DURING RECONSTRUCTION

Abstract. In the present scientific paper, the complex questions connected with scientific and experimental aspects of architectural and town-planning inspection of entertainment buildings and structures at their reconstruction are presented. Covering this theme testifies to the fact that buildings and structures for entertainment purposes, realized in the period of standardization, at the moment of fast development of city building, require complex architectural and urban planning reconstruction. The authors proposed methodology of architectural and urban survey and formulated approaches, reflecting scientific foundations in the reconstruction of public buildings, and justified their experimental significance in the structure of modern building development. The main approaches of architectural and urban survey, based on the principles of sustainable development of urban planning system and improvement of the architectural typology of objects of entertainment purpose are formulated and systematized in a logical sequence. The scientific paper has been aimed at the further development of project proposals for the reconstruction of the spectacular buildings and structures in order to increase the social and operational characteristics, as well as to increase the architectural attractiveness of the object of reconstruction.

Key words: architectural and urban survey, entertainment buildings, reconstruction, scientific substantiation, experimental aspects.

STATEMENT OF THE PROBLEM

The need for reconstruction activities is due to the fact that the objects of entertainment purpose, in modern operating conditions, have undergone moral and physical deterioration, which significantly affects the architectural and aesthetic perception, as well as the structural and technical characteristics of objects to be reconstructed at the architectural and urban planning levels. The solution of the problems in the field of architectural and urban planning reconstruction at the level of scientific and experimental research will improve the architectural and aesthetic perception of the reconstruction objects, in particular, help preserve the existing typical historic buildings, as well as revive those buildings that have lost their original value.

ANALYSIS OF RECENT RESEARCH AND PUBLICATIONS

The scientific and practical experience of the Department of Architecture of the State Educational Institution of Higher Professional Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture» touches upon the fundamental directions for the implementation of the concept of sustainable development of buildings and structures and urban areas to be reconstructed. Separate attention should be paid to the scientific works of Kh. A. Benai and T. V. Radionov [1, 5], aimed at experimental and conceptual developments in the reconstruction of urban development. Scientific papers by Ye. A. Gaivoronsky [3] are aimed at identifying regional features of the formation of the architecture of Donbass, as well as papers by N. V. Sholukh [7] are associated with the identification of the principles of formation of the environment of low-mobile groups of the population. Aspects of the preservation and use of objects of historical, architectural and cultural heritage are studied in detail in scientific works by S. A. Boroznov [2]. The above studies and scientific papers prove that the reconstruction of spectacular buildings is a complex process, which should be considered at all levels of architectural and urban planning.

The aim of the paper is to substantiate the necessity of improvement and transformation of buildings for entertainment purposes during their reconstruction, with the following development of methodology of architectural and urban planning surveys, based on the modern scientific and experimental studies.

MAIN MATERIAL

Reconstruction in architectural activity is a complex process, the realization of which can be effective if the research is carried out on the basis of long-term architectural and urban planning strategy aimed at permanent renovation and adaptation of the building to the changing requirements and ideas of a comfortable and aesthetic urban environment.

Before we focus on identifying possible approaches of architectural and urban planning survey of the objects for entertainment purposes, we should consider the circumstances, which cause the necessity of their reconstruction.

A large part of spectacular buildings and structures belongs to the first mass series, erected in the period of 50–60 years of XX century. It should be noted that among the domestic examples, preserved to this day in their original appearance, only a small number of them are fully exploited. That is, entertainment facilities have not exhausted their physical resource, but are obsolete, no longer meet current standards and requirements.

To date, spectacular buildings and structures are the leading elements in the architectural ensembles of urban development, their social significance and the uniqueness of the architectural and artistic solutions determine the role of urban planning.

Since the entertainment buildings and structures have a broad typology, approach to their reconstruction cannot be uniform for all of them. Reconstruction methods of entertainment buildings and structures depend on their existing town-planning, architectural and planning and operational features.

In the scientific and practical studies in the field of architectural reconstruction, first of all, attention is paid to architectural and urban survey of urban development, in which there are different typologies of architectural objects that create the unity of the architectural ensemble, which forms the integrity of urban development.

The necessity of reconstruction measures of public facilities lies in the following scientific and experimental recommendations.

Scientific basis of architectural and urban survey of spectacular buildings and structures to be reconstructed

Scientific grounds of architectural and town-planning inspection of the objects of entertainment purposes during the reconstruction are based on the principles of sustainable development of town-planning system and improvement of architectural typology.

Urban planning survey of entertainment buildings includes the following activities:

- analysis of the urban planning situation of urban areas, namely identification of particularly significant areas in which entertainment buildings subjected to reconstruction are located, including those located within historic and protected areas;
- revelation of social infrastructure condition, that is determination of sightseeing building location in relation to the zone of attraction, which depends on the peculiarities of settlement system and development of engineering and transport infrastructure of the city territory;
- on the basis of the analysis of a town-planning situation and revealing a condition of a social infrastructure definition of priorities of reconstruction of entertainment buildings according to the character of placing buildings in city structure and their architectural importance for qualitative functioning of town-planning systems [5];
- revelation of the dynamics of territory development, which is connected with the level of attractiveness of the territory, where the object of reconstruction is situated and which is most subjected to physical and moral obsolescence [4];
- assessment of the environmental condition of the urban development environment, namely, assessment of the current environmental situation, the level and nature of environmental pollution in order to increase the likelihood of attracting investment and the prospects for socio-economic development of the territory [5];
- identification of scientific and methodological approach of the most priority, based on previously achieved scientific results in this direction, allowing the process of reconstruction of public buildings to be implemented taking into account all requirements aimed at improving the architecture of the object of reconstruction and its functional and social purposes.

Architectural survey of entertainment buildings during the reconstruction consists of the following complex analysis:

- identification of objects with an increased degree of obsolescence and determination of the type of obsolescence on the basis of compliance with modern characteristics of entertainment buildings (physical, functional, local, figurative obsolescence) [4];
- analysis of compliance of entertainment buildings with the functional purpose of the adjacent development and identification of compositional dominants for the harmonious combination of the reconstruction object with the previously existing urban environment;
- study of promising features of the entertainment facility, and the possibility of expanding its existing performance characteristics;
- definition of approaches to reconstruction of entertainment buildings and their territories by means of complete or partial transformation of the object (preservation, adaptive use, dismantling and redevelopment) [1];
- identification of innovative solutions in the reconstruction of entertainment buildings through the use of new stylistic and formative techniques that will give the object new typological characteristics.

Experimental aspects of architectural and urban survey of entertainment buildings and facilities during their reconstruction

Objects of entertainment such as theaters, cinemas, circuses and concert halls have a great architectural potential (for example, large spaces, explicit constructions and plastic architectural forms).

In architectural practice there are a lot of variants of reconstruction of entertainment buildings, the choice of concrete approach depends on a set of architectural, town-planning and social-economic factors and should be aimed at qualitative transformation of the existing buildings.

The practical implementation of the adopted scientific solutions will allow developing a unified experimental algorithm based on the system of exploratory design through the development of unique design solutions.

In the experimental framework the authors propose to include the use of the following new methods of reconstruction of the spectacular buildings and structures:

- Reproductive method of reconstruction, that is minimal interference in the structure of the building, preservation of the object without changing its volume and composition of the urban ensemble, if required, reproduction of the original building with the restoration of the main elements [6].

Reproductive methods of reconstruction include the following architectural and urban planning activities: major repairs and modernization.

Major repairs are construction work aimed at improving the physical and technical properties of the object, including the restoration or replacement by similar architectural and structural elements, as well as the restoration of the building as a whole without changing its basic technical and economic indicators.

Modernization – as well as major repairs, is to improve the architectural and technical qualities of the object, but the modernization does not mean a partial renovation of individual elements, but a complete internal renovation of the building, by changing its volume and planning solution, but without increasing the total volume of the building and changing its appearance.

Renovation means- renovation by replacing or restoring basic elements unsuitable for operation as a result of physical or moral wear and tear.

The adaptive method of reconstruction consists in preservation of the existing functional purpose of the building and introduction some new changes, implying complete or partial redevelopment of the premises in order to improve the architectural and operational qualities of buildings [3].

In general, the reconstruction of buildings and structures is a radical change in the planning of the structure of the object of reconstruction and its territory in order to increase the functional comfort of use. For entertainment buildings and structures reconstruction is a complex of architectural and construction measures associated with a change in the main technical and economic indicators of the building (increasing the total area, capacity and carrying capacity) or a change in its functional purpose, in order to improve the conditions and the number of services provided.

Adaptive methods of reconstruction can include the following activities – functional transformation and achievement of architectural recognizability and uniqueness.

Functional transformation of buildings and structures in the reconstruction, aimed at improving the existing functionality through the adaptation of new functions or transformation of existing functions, as well as the restoration of lost functions.

Achievement of architectural recognizability and uniqueness, which is able to give a modern look and increase the usable area of the reconstruction objects by applying new approaches of shaping, the use of modern forms, which will interact organically with the urban and historical buildings.

In the world practice all the above mentioned approaches of reconstruction are used, in this or that degree of their expression. However, the choice of only one direction of architectural and urban reconstruction on its own may not be sustainable and it will only be counted as a "cosmetic" intervention.

Thus, the process of architectural and urban survey during the reconstruction of public facilities should include in its universal methodology the following components: originality, autonomy, adaptation – characterizing the ability of buildings and structures to fit into the existing conditions behind the construction, as well as ability for transformation.

CONCLUSION

The research has shown that the reconstruction of public buildings and structures built during the Soviet period is a natural and necessary process and has as its purpose the formation of local centers of attraction of cultural life of the population.

Among the main features of the reconstruction, the authors note such a requirement as the compliance with social needs of the functional filling of the entertainment buildings and facilities in conjunction with the historical, cultural and architectural and urban aspects.

On the basis of proposed scientific and practical algorithm of architectural and town-planning survey it has been established that reconstruction of entertainment buildings and structures is advisable to realize in complex. The study of new scientific research in the field of architectural and urban survey of entertaining buildings and structures allows revealing the latest approaches, ways and methods by which objects of entertaining purpose can achieve typological and functional uniqueness and architectural recognizability.

Depending on the development of design proposals for the reconstruction of the spectacular buildings, it is necessary to consider the system of priority, social need, architectural and urban planning and constructive and technological capabilities of buildings and structures.

REFERENCES

1. Бенаи, Х. А. Методические мероприятия, рекомендуемые при выполнении проектов по реконструкции типовой застройки / Х. А. Бенаи, Т. В. Радионов. – Текст : непосредственный // Современные проблемы архитектуры и градостроительства. – 2013. – № 34. – С. 42–47.
2. Борознов С. А. Интеграция как средство объединения исторической и современной застройки / С. А. Борознов, Е. А. Гайворонский. – Текст : непосредственный // Строительство – формирование среды жизнедеятельности : сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Москва, 26–28 апреля 2017 г. – Москва : [Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет], 2017. – ISBN 978-5-7264-1660-1. – С. 24–26.
3. Волкова, Т. Ф. Методы реконструкции городской среды / Т. Ф. Волкова. – Текст : электронный // Электронный научно-практический журнал «Современные научные исследования и инновации». – 2015. – № 4 (48), часть 6. – URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/04/51758> (дата обращения: 12.04.2022).
4. Гайворонский, Е. А. Разработка программы исследования региональных особенностей архитектуры городов Донбасса / Е. А. Гайворонский. – Текст : непосредственный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2006. – Выпуск 2006-3(59) Проблемы градостроительства и архитектуры. – С. 31–34.
5. Радионов, Т. В. Разработка методологии архитектурно-градостроительной динамики, обеспечивающей реконструкцию жилых и общественных зданий сооружений / Т. В. Радионов. – Текст : непосредственный // Научно-технический и производственный журнал «Архитектура. Строительство. Образование». – 2018. – Выпуск 1 (11). – С. 96–102.
6. Радионов, Т. В. Репродуктивный метод реконструкции объектов типовой застройки / Т. В. Радионов. – Текст : непосредственный // Современные проблемы архитектуры и градостроительства. – 2013. – Выпуск 33. – С. 325–330.
7. Шолух, Н. В. Социальные и методологические аспекты реконструкции квартальной застройки промышленного города в районах компактного проживания слепых / Н. В. Шолух, А. В. Анисимов. – Текст : непосредственный // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2015. – Том 11, № 4. – С. 199–212.
8. Naciye, D. Revitalizing historic urban quarters: A model for determining the most relevant strategic approach / D. Naciye. – Текст : непосредственный // European Planning Studies. – 2005. – Vol. 13, No 5. – P. 748–772.

Получена 28.03.2022

Х. А. БЕНАИ, Т. И. ЗАГОРУЙКО, Н. Р. СМЕРНОВА
 НАУЧНЫЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗРЕЛИЩНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ
 ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Аннотация. В данной научной работе освещены комплексные вопросы, связанные с научными и экспериментальными аспектами архитектурно-градостроительного обследования зрелищных зданий и сооружений при их реконструкции. Освещение данной темы свидетельствует о том, что здания и сооружения зрелищного назначения, реализованные в период стандартизации на момент стремительного развития городской застройки, требуют комплексной архитектурно-градостроительной реконструкции. Авторами предложена методология архитектурно-градостроительного обследования и сформулированы подходы, отражающие научные основы в области реконструкции общественных зданий, а также обоснована их экспериментальная значимость в структуре современной застройки. Сформулированные и систематизированные в логической последовательности основные подходы архитектурно-градостроительного обследования основаны на принципах устойчивого развития градостроительной системы и совершенствования архитектурной типологии объектов зрелищного назначения. Научная статья направлена на дальнейшие разработки проектных предложений реконструкции зрелищных зданий и сооружений с целью приумножения социальных и эксплуатационных характеристик, а также повышения архитектурной привлекательности объекта реконструкции.
Ключевые слова: архитектурно-градостроительное обследование, зрелищные здания, реконструкция, научное обоснование, экспериментальные аспекты.

Х. А. БЕНАИ, Т. І. ЗАГОРУЙКО, Н. Р. СМЕРНОВА
 НАУКОВІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ АСПЕКТИ АРХІТЕКТУРНО-МІСТОБУДІВНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ВИДОВИЩНИХ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД ПІД ЧАС РЕКОНСТРУКЦІЇ
 ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У цій науковій роботі висвітлено комплексні питання, пов'язані з науковими та експериментальними аспектами архітектурно-містобудівного обстеження видовищних будівель та споруд при їх реконструкції. Висвітлення цієї теми свідчить про те, що будівлі та споруди видовищного призначення, реалізовані в період стандартизації на момент стрімкого розвитку міської забудови, вимагають комплексної архітектурно-містобудівної реконструкції. Авторами запропоновано методологію архітектурно-містобудівного обстеження та сформульовано підходи, що відображають наукові засади в галузі реконструкції громадських будівель, а також обґрунтовано їх експериментальну значущість у структурі сучасної забудови. Сформульовані та систематизовані в логічній послідовності основні підходи архітектурно-містобудівного обстеження, засновані на засадах сталого розвитку містобудівної системи та вдосконалення архітектурної типології об'єктів видовищного призначення. Наукова стаття спрямована на подальші розробки проектних пропозицій реконструкції видовищних будівель та споруд з метою примноження соціальних та експлуатаційних характеристик, а також підвищення архітектурної привабливості об'єкта реконструкції.
Ключові слова: архітектурно-містобудівне обстеження, видовищні будівлі, реконструкція, наукове обґрунтування, експериментальні аспекти.

Бенаи Хафизулла Аминуллович – доктор архитектуры, профессор; заведующий кафедрой архитектурного проектирования и дизайна архитектурной среды ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование проблем развития жилищной архитектуры в городах Донбасса, исследование проблем развития градостроительства и архитектуры Донецкого региона.

Загоруйко Тамара Ивановна – доцент кафедры иностранного языка и педагогики высшей школы ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: методика преподавания иностранных языков, роль преподавателя в учебном процессе, проблемы воспитания студенческой молодежи.

Смирнова Наталья Романовна – магистр архитектуры; ассистент кафедры архитектурного проектирования и дизайна архитектурной среды ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследования в области реконструкции, модернизации зрелищных зданий и сооружений общественного назначения.

Бенай Хафізулла Амінулович – доктор архітектури, професор; завідувач кафедри архітектурного проектування і дизайну архітектурного середовища ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження проблем розвитку житлової архітектури в містах Донбасу, дослідження проблем розвитку містобудування та архітектури Донецького регіону.

Загоруйко Тамара Іванівна – доцент кафедри іноземних мов і педагогіки вищої школи ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: методика викладання іноземних мов, роль викладача в навчальному процесі, проблеми виховання студентської молоді.

Смирнова Наталія Романівна – магістр архітектури; асистент кафедри архітектурного проектування і дизайну архітектурного середовища ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження в області реконструкції, модернізації видовищних будівель і споруд громадського призначення.

Benai Hafizulla – D. Sc. (Architecture), Professor; the Head of Architectural Planning and Design of Architectural Environment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the study of the problems of the development of housing architecture in the cities of Donbas, as well as the study of the problems of urban development and architecture of the Donetsk region.

Zagoruiko Tamara – Associate Professor, of the Foreign Language and Higher School Pedagogy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: methods of teaching foreign languages, the role of the teacher in the educational process, problems of educating student youth.

Smirnova Natalia – Master of Architecture; Assistant, Architectural Planning and Design of Architectural Environment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research in the field of reconstruction, modernization of spectacular buildings and public facilities.

УДК 624.9

С. Н. ЦАРЕНКО, М. Д. СГИБНЕВ

ФГБОУВО «Камчатский государственный технический университет»

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОСНОВЕ
УПРУГОЙ ОДНОМАССОВОЙ СИСТЕМЫ С НЕСТАЦИОНАРНОЙ
ОПОРОЙ**

Аннотация. В статье рассмотрена модель одномассовой консольной конструкции с нестационарной опорой. Данная модель применяется в динамическом методе исследования строительных конструкций на действие сейсмических нагрузок. Предложен унифицированный подход к получению расчетных зависимостей, который основан на разложении функции переносного движения в ряд Фурье. В качестве примера проведены исследования динамических напряжений в конструкциях водонапорных башен системы Рожновского. Перемещение опоры моделируется тремя затухающими гармоническими функциями, что соответствует силе землетрясения в 8 баллов. Исследование проведено с учетом изменения собственной частоты башни в зависимости от уровня ее наполнения. Результаты моделирования показали, что конструкции с рассматриваемыми параметрами можно эксплуатировать при сейсмичности 8 баллов при ограничениях по уровням наполнения или опорожнения. Предложенный подход можно, также использовать при исследовании динамики разного типа конструкций при технологических воздействиях, например, на плавучих платформах и кораблях.

Ключевые слова: вынужденные колебания, одномассовая система, консольный стержень, землетрясение, ряд Фурье, водонапорная башня.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование напряженно-деформированного состояния (НДС) упругих систем при динамических нагрузках является актуальной научно-практической задачей. В силу многообразия возникновения динамических эффектов, отсутствуют строго алгоритмизированные и унифицированные подходы к решению данных задач. Одной из наиболее проработанных в данной области является проблема учета динамических нагрузок на здания и сооружения при сейсмических воздействиях. Этому вопросу посвящен целый ряд научных работ [1–7], практические рекомендации к расчетам сооружений в сейсмоактивных регионах представлены в нормативной документации [8–11]. Несмотря на разнообразие всех типов конструкций и сооружений, для случая сейсмического воздействия можно выделить некоторые общие черты: нагружение конструкции происходит силами инерции за счет смещения грунта (опоры): продольного, поперечного или углового, для большинства расчетных схем подходит модель консольного стержня.

В качестве основных моделей для исследования динамики упругих систем используют: одномассовые модели, системы с дискретными и распределенными параметрами. Одномассовые системы могут использоваться как самостоятельные модели, когда сосредоточенная масса груза или оборудования во много превышает массу упругой конструкции, например, водонапорные башни, ветрогенераторы, башенные краны и пр. [1], в приближенных расчетах [12] или применяться для аппроксимации главной формы колебаний в системах с дискретными и распределенными параметрами [2].

Целью данной работы является создание унифицированного подхода к решению задачи динамики одномассовой консольной конструкции с нестационарной опорой, которую можно использовать, в зависимости от параметров перемещения опоры, для моделирования НДС объектов как при сейсмических, так и технологических воздействиях, например, при движении платформы башенного крана, при волнении или столкновении кораблей и пр. [13, 14].

Полуостров Камчатка находится в сейсмически активной зоне, на которой в любой момент может произойти землетрясение. Если не учитывать вероятное сейсмическое воздействие, то в процессе эксплуатации конструкций возникает угроза причинения вреда жизни и здоровью людей, имуществу и др. Наибольшую опасность землетрясение представляет для высотных сооружений, на рис. 1 представлены примеры некоторых высотных сооружений, находящиеся в сейсмоактивной зоне в Камчатском крае.

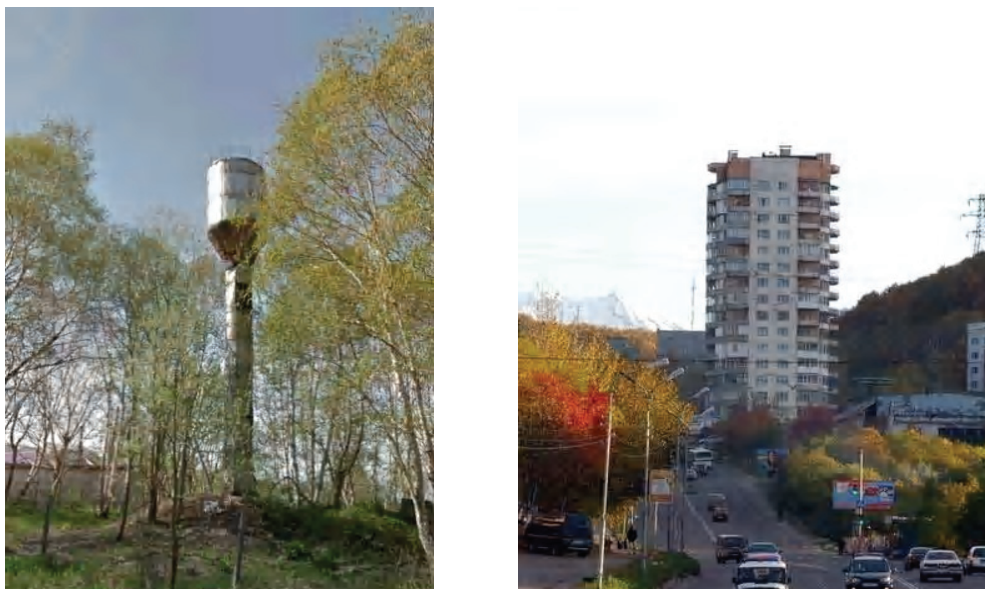


Рисунок 1 – Примеры высотных зданий и сооружений в Камчатском крае.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

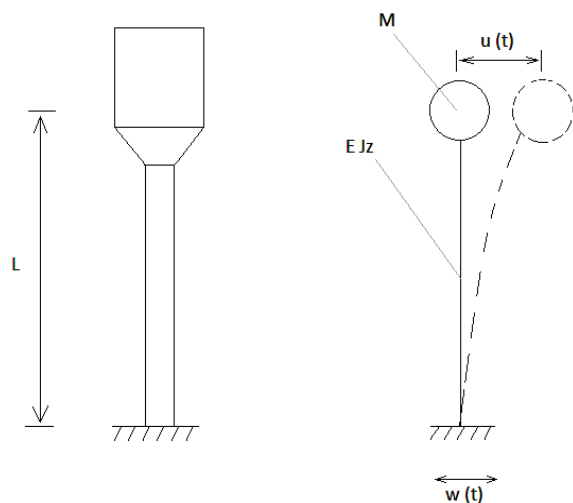


Рисунок 2 – Расчетная схема одномассовой консольной конструкции.

В соответствии с известным динамическим методом расчета на сейсмические нагрузки [1], движение массы рассматривается как сложное, состоящее из переносного движения опоры $w(t)$ и относительного колебательного движения $u(t)$, полное перемещение – $y(t) = w(t) + u(t)$ (рис. 2). Для рассматриваемого случая уравнение движения массы без учета действия диссипативных сил имеет вид

$$M\ddot{y} = R, \quad (1)$$

где $R = -u/\delta_1$ – упругая реакция,
 $\delta_1 = l^3/(3EJ_z)$ – перемещение от единичной силы, для консольного стержня,
 l – длина консоли,
 EJ_z – изгибная жесткость стержня. Подставив выражения для силы и перемещения в формулу (1), получим уравнение для относительного движения

$$\ddot{u} + \omega^2 u = -\ddot{w}, \quad (2)$$

где $\omega = \sqrt{3EJ_z/(Ml^3)}$ – частота собственных колебаний.

Поиск решения уравнения (2) не представляет особой сложности, однако, если учитывать переходные процессы при перемещении опоры, например, разгон и последующее торможение, нарастающие и затухающие гармонические перемещения и т. п., то трудоемкость решения будет возрастать из-за

необходимости на границах промежутков каждого процесса проводить состыковку по начальной скорости и перемещению. Унифицировать решение можно, если функцию в правой части для исследуемого промежутка времени представить в форме ряда Фурье.

Разложение функции $w(t)$ для периода времени T в ряд по синусам имеет вид

$$w(t) = \sum_{n=1}^{\infty} a_{wn} \sin \frac{\pi n t}{T}, \quad (3)$$

где a_{wn} – коэффициенты разложения функции в ряд Фурье.

Решение уравнения (2) можно получить в виде

$$u(t) = \frac{\dot{y}_0}{\omega} \sin \omega t + y_0 \cos \omega t + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_{wn} \pi^2 n^2}{\omega^2 T^2 - \pi^2 n^2} \left(\sin \frac{\pi n t}{T} - \frac{\omega t}{\pi n} \sin \omega t \right), \quad (4)$$

здесь y_0 ; $\dot{y}_0$ – перемещение и скорость массы в начальный момент времени.

Полное перемещение массы будет определяться зависимостью

$$y(t) = \frac{\dot{y}_0}{\omega} \sin \omega t + y_0 \cos \omega t + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_{wn} \omega^2 T^2}{\omega^2 T^2 - \pi^2 n^2} \left(\sin \frac{\pi n t}{T} - \frac{\pi n}{\omega t} \sin \omega t \right). \quad (5)$$

Рассмотрим случай, когда перемещение грунта (опоры) при сейсмических колебаниях описывается детерминированной моделью Корчинского в виде ряда затухающих гармонических функций [1, 2]

$$w(t) = \sum_{i=1}^m w_{ai} e^{-\alpha_i t} \sin \beta_i t, \quad (6)$$

где w_{ai} – амплитудные значения составляющих гармоник,
 α_i , β_i – коэффициент затухания и частота соответствующей гармоники.

Разложим функцию (6) за некоторый промежуток времени T , который в произведении с собственной частотой ω не должен быть кратен πn , в ряд Фурье по синусам, тогда коэффициенты ряда (3) будут определяться зависимостью

$$a_{wn} = \sum_{i=1}^m w_{ai} \left(\frac{\alpha_i T (1 - (-1)^n e^{-\alpha_i T} \cos \beta_i T) + (-1)^n (\beta_i T - \pi n) e^{-\alpha_i T} \sin \beta_i T}{(\alpha_i T)^2 + (\beta_i T - \pi n)^2} - \right. \\ \left. - \frac{\alpha_i T (1 - (-1)^n e^{-\alpha_i T} \cos \beta_i T) + (-1)^n (\beta_i T + \pi n) e^{-\alpha_i T} \sin \beta_i T}{(\alpha_i T)^2 + (\beta_i T + \pi n)^2} \right). \quad (7)$$

С учетом коэффициентов (7) по формулам (3)–(5) определяется переносное, относительное и абсолютное движение массы. Изгибающий момент и максимальные напряжения в заделке определяется зависимостями:

$$M(t) = \frac{1}{\delta_1} u(t) l = \frac{3EJ_z}{l^2} u(t); \quad \sigma(t) = \frac{3Eh_{\max}}{l^2} u(t), \quad (8)$$

где $h_{\max} = J_z / W_z$ – максимальная ордината точки сечения стержня,
 W_z – момент сопротивления стержня.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

В диссертации [15] приведены исследования спектральных характеристик множества землетрясений камчатского региона. Для формулы (6) используем аппроксимацию перемещений грунта тремя гармониками, для которых амплитудно-частотные характеристики возьмем из работы [15], рассеивание энергии примем 5 %, тогда зависимость (6) примет вид

$$w(t) = 0,03e^{-0,104t} \sin 3,09t - 0,0099e^{-0,037t} \sin 8,77t + 0,0014e^{-0,012t} \sin 26,7t. \quad (9)$$

На графиках рис. 3 представлены: спектрограмма (рис. 3, а), велосиграмма (рис. 3, б), акселерограмма (рис. 3, в), построенные с использованием зависимости (9). Амплитудные значения перемещения, скорости и ускорения составили соответственно: 3,9 см; 16,4 см/с; 198 см/с², данные показатели соответствуют землетрясению силой 8 баллов [16].

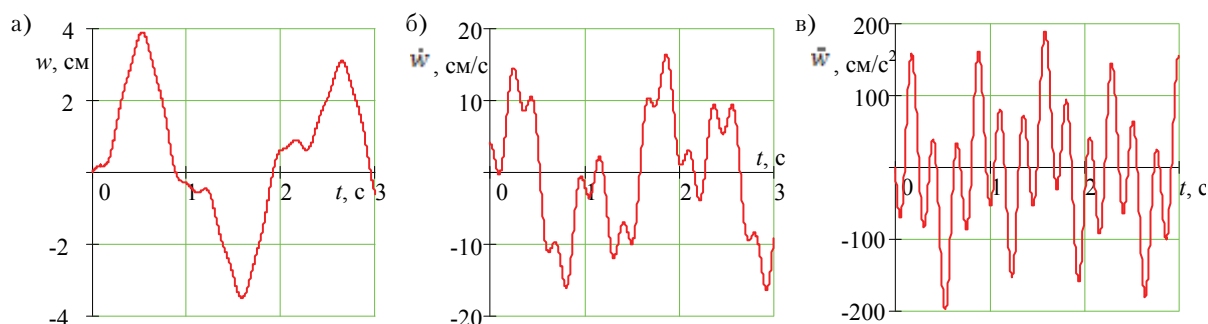


Рисунок 3 – Сейсмические характеристики перемещения грунта: а) спектрограмма; б) велосиграмма; в) акселерограмма.

В качестве объектов моделирования рассмотрим стальные водонапорные башни системы Рожновского [17]. В отличие от прочих сооружений водонапорные башни имеют особенность – в процессе их наполнения или опорожнения изменяется значение собственной частоты конструкции. Для удобства в таблице приведены параметры модели консольного стержня с сосредоточенной на конце массой (рис. 2) для соответствующих конструкций башен, взятых с сайта производителя [17]. Все рассматриваемые башни имеют ствол толщиной стенки – 6 мм, диаметром – 1 220 мм, таким образом, для всех конструкций – $h_{\max} = 0,61$ м, а жесткость стержня – $J_z = 855,7$ МН·м².

Таблица – Параметры одномассовой модели для разных конструкций водонапорных башен

Позиция №	Номенклатура	Длина l , м	Масса* $M_{\max} - M_{\min}$, т	Собственная частота $\omega_{\min} - \omega_{\max}$, рад/с
1	БР10-1	11,2	11,2–1,2	12,8–39,2
2	БР10-2	13,2	11,3–1,3	9,96–29,2
3	БР-15	13,4	16,3–1,3	8,15–29,3
4	БР20-1	11,9	21,3–1,3	8,43–33,9
5	БР20-2	16,9	21,6–1,6	4,95–18
6	БР25-1	14,2	26,7–1,7	5,79–22,9
7	БР25-2	17,2	26,9–1,9	4,33–16,4
8	БР50-1	19,3	52,4–2,4	2,61–12,2
9	БР50-1	21,7	52,6–2,6	2,19–9,89

*Масса конструкции приведена к сосредоточенной по принципу равенства частоты первой формы системы с распределенными параметрами с частотой одномассовой модели [12].

Для моделирования НДС конструкций башен, выражение (9), в соответствии с формулой (7), разложим в ряд Фурье на интервале $T = 3$ с. На графиках рис. 4, для конструкции башни позиция 1 при полном ее заполнении ($M = 11,2$ т, $\omega = 12,8$ рад/с), показаны перемещения массы: относительное (4), абсолютное (5) и переносное (6), а также изгибные напряжения в основании стержня (8). Как видно из графиков (рис. 4, а), переносные перемещения дают преимущественный вклад в долю абсолютных перемещений, при этом максимальные напряжения в основании (рис. 4, б) составляют – $\sigma_{\max} \approx 33$ МПа, что ниже критических значений. Это связано с тем, что собственная частота значительно отличается от частот внешнего воздействия (9), однако в процессе эксплуатации собственная частота изменяется и может совпасть с одной из гармоник (9).

Для оценки максимальных напряжений, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации, $\sigma_{\max}$ рассмотрим, как функцию от собственной частоты, изменяющейся в пределах, представленных в

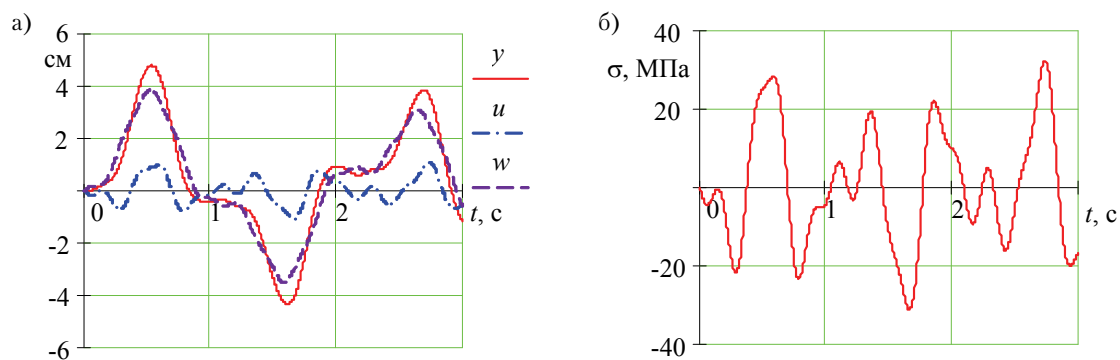


Рисунок 4 – Результаты моделирования НДС водонапорной башни позиция № 1 ($M = 11,2$ т, $\omega = 12,8$ рад/с): а) графики перемещений бака башни; б) график изгибных напряжений в основании башни.

таблице. На графиках рис. 5 представлены численные исследования максимальных напряжений для всех позиций, представленных в таблице.

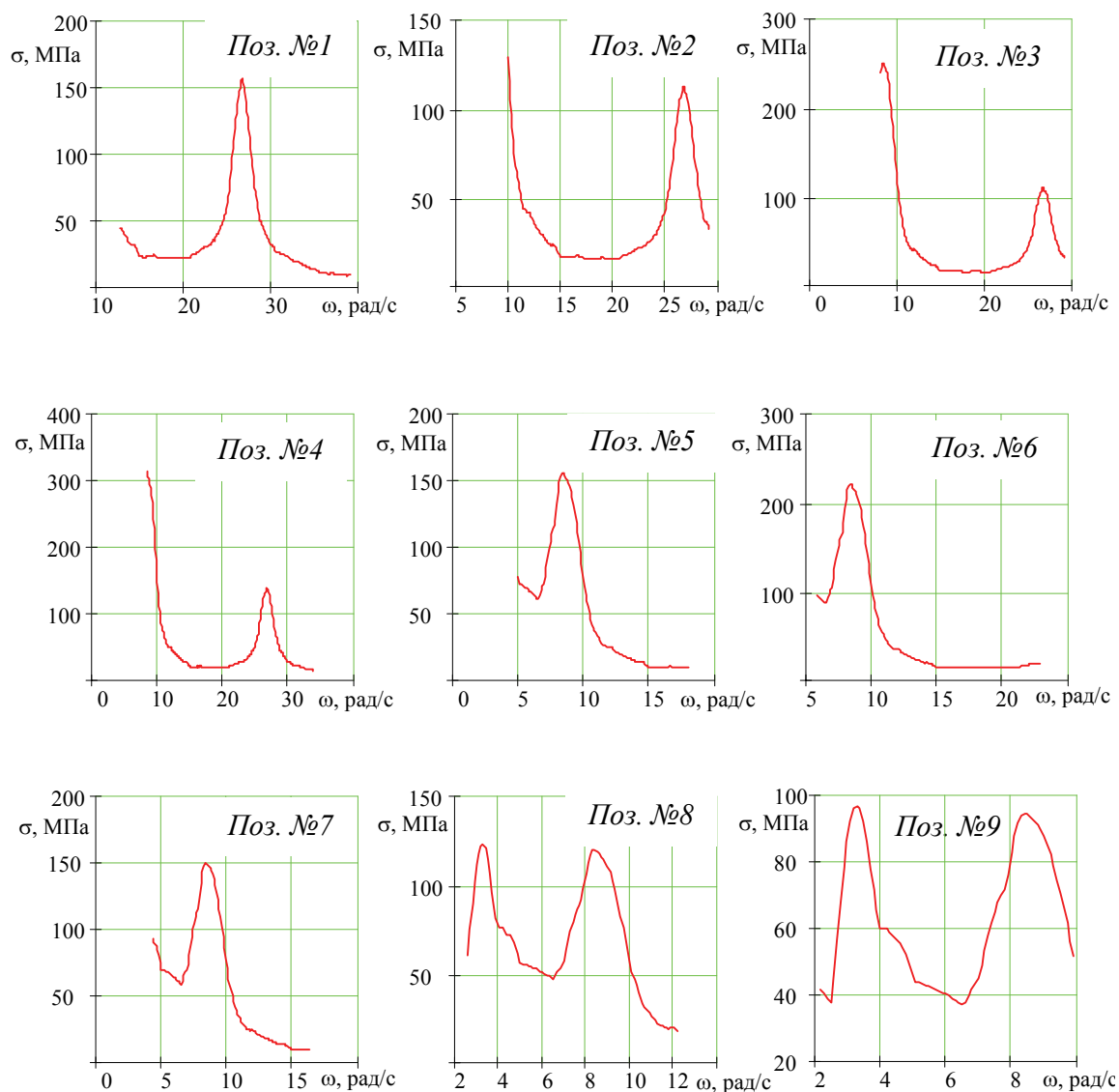


Рисунок 5 – Максимальные напряжения в конструкциях башен позиции № 1 – № 9 в зависимости от собственной частоты башни.

Как видно из графиков рис. 5, для конструкций башен в процессе их эксплуатации возможно появление резонансных явлений при совпадении собственной частоты с одной или двумя гармониками, при этом напряжения могут превышать критические значения. Следует отметить, что на сайте предприятия-изготовителя [17] указано, что башни рассчитаны на эксплуатацию в зонах сейсмичностью не выше 6 баллов. Можно также отметить, что представленный расчет является весьма упрощенным и не учитывает, что спектральная характеристика сейсмического воздействия зависит также от более точного географического положения [15] ее размещения, кроме того, не приняты во внимание внутренние диссипативные силы. Тем не менее можно отметить что при определенных условиях представленные конструкции башен можно эксплуатировать при сейсмичности более 6 баллов, но для этого требуется провести дополнительные изыскания на конкретной местности, учитывая отдаление от очагов сейсмической активности, также возможно ограничить эксплуатационный уровень наполнения или опорожнения бака.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный в работе способ интегрирования дифференциального уравнения движения массы с упругой связью на нестационарной опоре представляет собой универсальный подход к решению данной задачи с любыми начальными условиями. Применение предложенного способа актуально для поиска аналитических решений в случае сложного движения опоры, в частности, для моделирования переходных процессов (разгон и последующее торможение) или удара. Ограничение метода зависит от возможности разложения функции перемещения на исследуемом промежутке времени в ряд Фурье. Данный подход к решению задачи можно распространить также и на модели с конечным количеством дискретных масс и системы с распределенными параметрами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сейсмостойкое строительство зданий : учебное пособие для вузов / Под редакцией И. Л. Корчинского. – Москва : «Высшая школа», 1971. – 320 с. – Текст : непосредственный.
2. Джинчвелашвили, Г. А. Нелинейные динамические методы расчета зданий и сооружений с заданной обеспеченностью сейсмостойкости : специальность 05.23.17 «Строительная механика» : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Джинчвелашвили Гурам Автандилович. – М., 2015. – 427 с. – [Место защиты: Московский государственный строительный университет]. – Текст : непосредственный.
3. Курбацкий, Е. Н. Динамические коэффициенты или спектры реакций (ответов) сооружений / Е. Н. Курбацкий, В. Л. Мондрус. – Текст : непосредственный // Строительные науки. – 2009. – № 1. – С. 107–114. – DOI: 10.22337/2077-9038-2019-1-107-114.
4. Курбацкий, Е. Н. Соотношения между амплитудными спектрами фурье и спектрами максимальных реакций (спектрами ответов) на землетрясения / Е. Н. Курбацкий, Е. А. Пестрякова, С. С. Харитонов. – Текст : непосредственный // Строительство и реконструкции. – 2020. – № 1(87). – С. 20–30. – DOI: 10.33979/2073-7416-2020-87-1-20-30.
5. Низомов, Д. Н. Спектральный анализ сейсмических колебаний / Д. Н. Низомов, И. Каландарбеков, А. А. Ходжибоев. – Текст : непосредственный // Доклады академии наук республики Таджикистан. – 2015. – Т. 58, № 11. – С. 1009–1016.
6. Chopra, A. K. Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering / A. K. Chopra; 4th Edition. – New Jersey : Prentice Hall, Englewood Cliffs, 2012. – 994 p. – Текст : непосредственный.
7. Anderson, J. G. A model for the shape of the fourier amplitude spectrum of acceleration at high frequencies / J. G. Anderson, S. E. Hough. – Текст : непосредственный // Bulletin of the Seismological Society of America. – Volume 74, № 5. – P. 1969–1993.
8. РБ-006-98. Руководства по ядерной и радиационной безопасности: Определение исходных сейсмических колебаний грунта для проектных основ : нормативный документ : утверждено Постановлением Госатомнадзора России от 29 декабря 1999 г. № 3 : дата введения : 1999-07-01 / разработчики И. В. Калиберда, Г. А. Агапова, Ф. Ф. Аптикаев [и др.]. – Москва : НТЦ ЯРБ, 2000. – 76 с. – Текст : непосредственный.
9. ГОСТ Р 57546-2017. Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности = Earthquakes. Seismic intensity scale : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 июля 2017 г. N 721-ст : введен впервые : дата введения 2017-09-01. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 32 с. – Текст : непосредственный.
10. ИСО 3010. Основы расчета конструкций – Сейсмические воздействия на конструкции ; издание второе. – [Б. м. : б. и.], 2001. – 54 с. – Текст : непосредственный.
11. РТМ 108.020.37-81. Оборудование атомных энергетических установок. Расчет на прочность при сейсмическом воздействии : издание официальное : утвержден и введен в действие указанием Министерства энергетического машиностроения от 04.06.81 N ЮК-002/4365 : введен впервые : дата введения 1981-06-04 / исполнители В. В. Костарев, В. А. Ветошкин, А. Ю. Щукин [и др.]. – Москва : Научно-производственное объединение по исследованию

- и проектированию энергетического оборудования им. И. И. Ползунова (НПО ЦКТП), 1981. – 36 с. – Текст : непосредственный.
12. Шевченко, Ф. Л. Задачи по сопротивлению материалов / Ф. Л. Шевченко, С. Н. Царенко. – Донецк : ДонНТУ, 2011. – 356 с. – Текст : непосредственный.
 13. Царенко, С. Н. Математическое моделирование динамики стержневой конструкции на плавучей платформе / С. Н. Царенко. – Текст : непосредственный // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития : материалы Второй международной научно-технической конференции, Петропавловск-Камчатский, 23–25 ноября 2019 г. / ответственный за выпуск О. А. Белов. – Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ, 2020. – С. 163–169.
 14. Товстик, П. Е. О влиянии формы спектральной плотности случайного волнения на колебания морской стационарной платформы // П. Е. Товстик, Т. М. Товстик, В. А. Шеховцов. – Текст : непосредственный // Вестник СПбГУ. Серия 1. – 2012. – Выпуск 2. – С. 61–68.
 15. Скоркина, А. А. Изучение спектральных свойств камчатских землетрясений магнитудного диапазона 3–6 : специальность 25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» : диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. – Петропавловск-Камчатский, 2017. – 130 с. – [Место защиты: Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН]. – Текст : непосредственный.
 16. Уточнение исходной сейсмичности и сейсмическое микрорайонирование участков транспортных сооружений : методическое пособие / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва : Федеральное автономное учреждение «Федеральный центр нормирования, стандартизации и оценки соответствия в строительстве», 2018. – 215 с. – Текст : непосредственный.
 17. Стальные водонапорные башни (системы Рожновского) // КВОиТ : [сайт]. – 2006–2019. – URL: <http://kvoit-tula.ru/products/kvo/stalnye-vodonapornye-bashni> (дата обращения: 25.04.2022).

Получена 29.03.2022

С. М. ЦАРЕНКО, М. Д. СГІБНЄВ
МОДЕЛЮВАННЯ СЕЙСМІЧНИХ ВПЛИВІВ НА ОСНОВІ ПРУЖНОЇ
ОДНОМАСОВОЇ СИСТЕМИ З НЕСТАЦІОНАРНОЮ ОПОРОЮ
ФДБОЗ ВО «Камчатський державний технічний університет»

Анотація. У статті розглянуто модель одномасової консольної конструкції з нестационарною опорою. Дана модель застосовується в динамічному методі дослідження будівельних конструкцій на дію сейсмічних навантажень. Запропоновано уніфікований підхід до отримання розрахункових залежностей, який заснований на розкладанні функції переносного руху в ряд Фур'є. Як приклад проведені дослідження динамічних напружень в конструкціях водонапірних веж системи Рожновського. Переміщення опори моделюється трьома згасаючими гармонійними функціями, що відповідають силі землетрусу в 8 балів. Дослідження проведено з урахуванням зміни власної частоти вежі залежно від рівня її наповнення. Результати моделювання показали, що конструкції з розглянутими параметрами можна експлуатувати при сейсмічності 8 балів при обмеженнях за рівнями наповнення або спорожнення. Запропонований підхід можна також використовувати при дослідженні динаміки різного типу конструкцій при технологічних впливах, наприклад, на плавучих платформах і кораблях.

Ключові слова: вимушені коливання, одномасова система, консольний стрижень, землетрус, ряд Фур'є, водонапірна вежа.

SERGEY TSARENKO, MAXIM SGIBNEV
MODELING OF SEISMIC IMPACTS BASED ON AN ELASTIC ONE-MASS
SYSTEM WITH A NON-STATIONARY SUPPORT
Kamchatka State Technical University

Abstract. The article considers a model of a single-mass cantilever structure with a non-stationary support. This model is used in the dynamic method of studying building structures for the effect of seismic loads. A unified approach to obtaining computational dependencies is proposed, which is based on the decomposition of the portable motion function into a Fourier series. As an example, studies of dynamic stresses in the structures of water towers of the Rozhnovsky system have been carried out. The movement of the support is modeled by three damped harmonic functions, and correspond to an earthquake force of 8 points. The study was carried out taking into account the change in the natural frequency of the tower depending on the level of its filling. The simulation results showed that structures with the considered parameters can be operated with a seismicity of 8 points with restrictions on the levels of filling or emptying. The proposed approach can also be used to study the dynamics of different types of structures under technological influences, for example, on floating platforms and ships.

Key words: forced oscillations, single-mass system, cantilever rod, earthquake, Fourier series, water tower.

Царенко Сергей Николаевич – доктор физико-математических наук, доцент кафедры технологических машин и оборудования ФГБОУ ВО «Камчатский государственный технический университет». Научные интересы: динамика и устойчивость упругих систем; теория расчета конструкций и сооружений.

Сгибнев Максим Дмитриевич – курсант ФГБОУ ВО «Камчатский государственный технический университет». Научные интересы: динамика и устойчивость упругих систем.

Царенко Сергій Миколайович – доктор фізико-математичних наук, доцент кафедри технологічних машин та обладнання ФДБОЗ ВО «Камчатський державний технічний університет». Наукові інтереси: динаміка і стійкість пружних систем; теорія розрахунку конструкцій і споруд.

Сгібнев Максим Дмитрович – курсант ФДБОЗ ВО «Камчатський державний технічний університет». Наукові інтереси: динаміка і стійкість пружних систем.

Tsarenko Sergey – D. Sc. (Physical and Mathematical Sciences), Associate Professor; Technological Machines and Equipment Department, Kamchatka State Technical University. Scientific interests: dynamics and stability of elastic systems; theory of calculation of constructions and structures.

Sgibnev Maxim – cadet of the Kamchatka State Technical University. Scientific interests: dynamics and stability of elastic systems.

УДК 614.8 «363»:711.4

В. А. ХМЕЛЕВСКОЙ, Л. Г. ЛЕВЧЕНКО

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

УСТОЙЧИВОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В ВОЕННОЕ ВРЕМЯ

Аннотация. Повышение устойчивости функционирования опасных производственных объектов должно являться органической составной частью деятельности проектных, строительных, монтажных организаций, осуществляющих проектирование, строительство и монтаж опасных производственных объектов и их технологического оборудования, руководства и всего производственного персонала объектов в процессе его эксплуатации от ввода до вывода. В статье раскрыты основные требования повышения устойчивости функционирования опасных производственных объектов, которые должны быть встроены в процедуру принятия управленческих, проектных, строительных, хозяйственных и социальных решений при создании и эксплуатации опасных производственных объектов на приоритетных правах. Рассмотрены организационные мероприятия и инженерно-технические мероприятия по отношению: к зданиям и сооружениям предприятия, его гидротехническим сооружениям, установкам на открытых площадках, технологическому оборудованию, сетям коммунально-энергетического хозяйства, сетям связи и управления технологическим процессом, системам безопасности, пожаротушения и безаварийной остановки производства.

Ключевые слова: опасные промышленные объекты, устойчивость функционирования опасных производственных объектов, чрезвычайные ситуации.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В современных условиях устойчивость функционирования опасных производственных объектов на территории Донецкой Народной Республики сталкивается с множеством проблем, в случае применения боеприпасов (ракет из «Града», а также артиллерийских снарядов крупного калибра и мин) в военное время, где имеют место значительные разрушения зданий и сооружений, а также потери населения.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросам устойчивости функционирования опасных производственных объектов посвящены работы как российских, так и зарубежных ученых. Российские ученые, исследующие данный вопрос А. Д. Шеремет, Р. С. Сайфулин, Е. В. Негашев, О. В. Ефимова, М. С. Абрютина, А. В. Грачев и др. – в своих трудах развивают теорию и практику устойчивости с учетом специфики российских промышленных предприятий. Существенный вклад в развитие положений управления устойчивостью предприятия внесли известные зарубежные авторы, такие как А. Долгофф, Т. Коумплед, Дж. Мурин, Ш. Пратт, Г. Смит, Дж. Сорос, У. Шарп и др. [1].

Важность, актуальность и необходимость решения вопроса устойчивости функционирования опасных производственных объектов регулируются Законом ДНР «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 26.02.2015г. № 11-ІНС и Законом ДНР «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 05.06.2015 № 54-ІНС.

ЦЕЛИ

Определение основных и наиболее важных мероприятий при решении проблем устойчивости функционирования опасных промышленных объектов в условиях военного времени.

© В. А. Хмелевской, Л. Г. Левченко, 2022

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Под устойчивостью функционирования опасных производственных объектов в условиях военного времени понимается их способность производить оборонную и важнейшую для экономики продукцию в установленной номенклатуре и объеме в военное время. Для обеспечивающих учреждений и заведений (коммунальных служб, связи и телекоммуникаций, метрополитена, пассажирских перевозок, торговли и питания) – их способность выполнять свои функции, т. е. обеспечивать работу объектов экономики и жизнедеятельности населения [2, 3].

Представительство Донецкой Народной Республики в Совместном Центре Контроля и Координации режима прекращения огня на линии соприкосновения (СЦКК) на своем официальном сайте, представляет перечень повреждений инфраструктурных и социальных объектов на территории ДНР с учетом их профиля, зафиксированных с начала ведения усиленных боевых действий вооруженных формирований Украины 2022 года. На момент 09.05.2022 г. повреждено (с разрушениями зданий и сооружений) 215 социальных и производственных объектов, 317 объектов электро-, водо- и газоснабжения [4].

Повышение устойчивости достигается заблаговременным проведением комплекса [5]:

- организационных мероприятий, предусматривающих планирование действий руководящего, командно-начальствующего состава, органов управления и гражданской обороны, служб и формирований по защите рабочих и служащих предприятий, проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ в зонах чрезвычайных ситуаций, восстановлению производства, а также по выпуску продукции на сохранившемся оборудовании;
- инженерно-технических и технологических мероприятий, направленных на максимальное снижение воздействия поражающих факторов военного времени;
- технологических мероприятий, обеспечивающих повышение устойчивости работы объекта путем изменения технологического процесса, способствующего упрощению производства продукции и исключающего возможность образования вторичных поражающих факторов.

Подготовка опасных производственных объектов к условиям военного времени является основным условием обеспечения устойчивости его основных производственных фондов (ОПФ). На это приходится наибольший объем инженерно-технических мероприятий. Решение задачи достигается повышением степени защищенности ОПФ по отношению к поражающим факторам современных средств (в первую очередь от воздушной ударной волны, огня, осколков и проникающей радиации); предупреждением вторичных факторов поражения, а также повышением степени физической устойчивости основных производственных фондов, либо размещением их вне зон возможного поражения.

Типовой комплекс опасных производственных объектов составляют здания и сооружения, в которых размещаются производственные цеха, станочное и технологическое оборудование; сооружения энергетического хозяйства, системы энергоснабжения; инженерные и топливные коммуникации, отдельно стоящие технологические установки; сеть внутреннего транспорта; системы оповещения, связи и управления; складское хозяйство; различные здания административного, бытового и хозяйственного назначения [3].

Обеспечение устойчивости функционирования опасных производственных объектов осуществляется выполнением инженерно-технических мероприятий по отношению: к зданиям и сооружениям предприятия, его гидротехническим сооружениям, установкам на открытых площадках, технологическому оборудованию внутри производственных помещений, сетям коммунально-энергетического хозяйства, сетям связи и управления технологическим процессом, системам безопасности, пожаротушения и безаварийной остановки производства, резервуарным паркам, цеховому, межцеховому и внешнему транспорту [1].

Так как современный опасный производственный объект представляет собой сложный инженерно-экономический комплекс, то его устойчивость будет напрямую зависеть от устойчивости составляющих элементов.

С этой целью заблаговременно могут осуществляться следующие мероприятия:

- защита фундаментов зданий от смещения;
- защита оконных проемов мешками с песком;
- усиление несущих элементов зданий и сооружений металлическими сварными конструкциями;
- защита несущих конструкций бетонными блоками;
- дооборудование перекрытий цехов и сооружений противообвальными пластическими конструкциями;
- установка систем подавления взрыва в цехах с опасной технологией производства;

- проведение комплекса противопожарных мероприятий в производственных зданиях;
- применение легких негорючих материалов для заполнения стеновых проемов каркасных зданий;
- применение легких, долговечных и огнестойких кровельных материалов;
- использование в несущих конструкциях высокопрочных материалов;
- защита энергопроводов в зданиях и сооружениях, сетей и систем управления.

Решая вопросы защиты и повышения устойчивости функционирования опасных производственных объектов следует соблюдать принцип равной устойчивости по всем поражающим факторам. Принцип равной устойчивости заключается в необходимости доведения защиты зданий, сооружений и оборудования объекта до такого целесообразного уровня, при котором выход из строя от поражающих факторов может возникнуть, как правило, на одинаковом расстоянии.

ВЫВОДЫ

1. При рассмотрении данной темы определены основные мероприятия характерные для большинства опасных производственных объектов, проводимые преимущественно в мирное время, а также при возникновении угрозы нападения противника, с целью повышения их устойчивости.

2. Обращается внимание на то, что инженерно-технические мероприятия ГО эффективны и экономически целесообразны, когда они предусматриваются и внедряются при проектировании и строительстве. В результате этого достигается наиболее эффективное использование материальных ресурсов, финансовых затрат, а также органическое сочетание проводимых мероприятий ГО с народнохозяйственными и строительными задачами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васин, Н. С. Оценка устойчивости функционирования предприятия на основе статистического моделирования с учетом антропоэнтропии управленческих решений / Н. С. Васин, К. С. Рябых. – Текст : непосредственный // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2014. – № 3. – С. 59–63.
2. Dodgson, M. The management of technological innovation: An international and strategic approach / M. Dodgson. – Oxford : University Press. – 2000. – 248 p. – Текст : непосредственный.
3. McAdam, R. Knowledge creation and idea generation: a critical quality perspective / R. McAdam. – Текст : непосредственный // Technovation. – Volume 24, Issue 9. – 2004. – P. 697–705.
4. Перечень повреждений инфраструктурных и социальных объектов на территории ДНР с учетом их профиля / Представительство ДНР в СЦКК – 2022 : [сайт]. – 2022. – URL: <https://dnr-sckk.ru/20746-2/> (дата обращения: 16.02.2022).
5. Колодяжный, С. А. Обеспечение промышленной безопасности при эксплуатации предприятий и объектов повышенной опасности : учебное пособие / С. А. Колодяжный, Е. И. Головина, И. А. Иванова. – Воронеж : Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. – 72 с. – ISBN 978-5-7731-0732-3. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/93272.html> (дата обращения: 01.06.2021). – Режим доступа: для авторизир. пользователей

Получена 30.03.2022

В. О. ХМЕЛІВСЬКИЙ, Л. Г. ЛЕВЧЕНКО
СТІЙКІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВИРОБНИЧИХ
ОБ'ЄКТІВ У ВОЄННИЙ ЧАС
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Підвищення стійкості функціонування небезпечних виробничих об'єктів має бути органічною складовою діяльності проектних, будівельних, монтажних організацій, що здійснюють проектування, будівництво та монтаж небезпечних виробничих об'єктів та їх технологічного обладнання, керівництва та всього виробничого персоналу об'єктів у процесі їх експлуатації від введення до виведення. У статті розкрито основні вимоги підвищення стійкості функціонування небезпечних виробничих об'єктів, які мають бути вбудовані у процедуру прийняття управлінських, проектних, будівельних, господарських та соціальних рішень під час створення та експлуатації небезпечних виробничих об'єктів на пріоритетних правах. Розглянуто організаційні заходи та інженерно-технічні заходи відносно: до будівель та споруд підприємства, його гідротехнічних споруд, установок на відкритих майданчиках, технологічного обладнання, мереж комунально-енергетичного господарства, мереж зв'язку та управління технологічним процесом, систем безпеки, пожежогасіння та безаварійної зупинки виробництва.

Ключові слова: небезпечні промислові об'єкти, стійкість функціонування небезпечних виробничих об'єктів, надзвичайні ситуації.

VLADISLAV KHMELEVSKOY, LYUBOV LEVCHENKO
SUSTAINABILITY OF OPERATION OF HAZARDOUS PRODUCTION
FACILITIES IN WARTIME

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Improving the stability of the functioning of hazardous production facilities should be an integral part of the activities of design, construction, installation organizations engaged in the design, construction and installation of hazardous production facilities and its technological equipment, management and all production personnel of the facility during its operation from input to output. The article reveals the main requirements for increasing the sustainability of the operation of hazardous production facilities, which should be built into the procedure for making managerial, design, construction, economic and social decisions when creating and operating hazardous production facilities on a priority basis. The organizational measures and engineering and technical measures are considered in relation to: the buildings and structures of the enterprise, its hydraulic structures, installations in open areas, technological equipment, public utilities networks, communication networks and process control, security systems, fire extinguishing and accident-free shutdown of production.

Key words: hazardous industrial facilities, stability of operation of hazardous industrial facilities, occurrence of emergencies.

Хмелевской Владислав Александрович – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: инженерная защита окружающей среды.

Левченко Любовь Георгиевна – старший преподаватель кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: обоснование мероприятий по уменьшению воздействия радона на здоровье населения в жилищной сфере; новейшие достижения в области исследований природы ионизирующих источников, их влияние на организм человека, обобщение результатов исследований влияния радона на состояние здоровья населения, формирование положения современной концепции радиационной защиты человека.

Хмелівський Владислав Олександрович – студент ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: інженерний захист довкілля.

Левченко Любов Георгіївна – старший викладач кафедри техносферної безпеки ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: обґрунтування заходів щодо зменшення впливу радону на здоров'я населення у житловій сфері; новітні досягнення у галузі досліджень природи іонізуючих джерел, їх вплив на організм людини, узагальнення результатів досліджень впливу радону на стан здоров'я населення, формування становища сучасної концепції радіаційного захисту людини.

Khmelevskoy Vladislav – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: engineering protection of the environment.

Levchenko Lyubov – Senior Lecturer, Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: substantiation of measures to reduce the impact of radon on public health in the housing sector; the latest achievements in the field of research into the nature of ionizing sources, their effect on the human body, generalization of the results of studies of the effect of radon on the health of the population, the formation of the state of the modern concept of human radiation protection.

УДК 004.942, 658.5.012.1

С. А. ПАЗУХИН, О. М. ШИКУЛЬСКАЯГосударственное автономное образовательное учреждение Астраханской области высшего образования
«Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», г. Астрахань, Россия

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ОДНОСТУПЕНЧАТОЙ СХЕМЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ

Аннотация. Непрерывно возрастающие требования к качеству водоочистки, изменяющиеся условия эксплуатации водоочистных сооружений, физический и моральный износ оборудования приводят к необходимости совершенствования систем водоочистки. Однако в условиях ограниченного финансирования требуется выбирать решения, оптимально сочетающие цену и качество. Решать такие проблемы невозможно без применения системного анализа. В работе проанализированы проблемы водоочистки, обоснована необходимость применения системного анализа для решения проблем. В качестве инструментария выбрано функциональное моделирование. Для решения поставленной задачи была разработана и проанализирована функциональная модель одноступенчатой схемы очистки воды. В работе представлены контекстная диаграмма системы водоочистки, диаграмма ее декомпозиции, диаграмма декомпозиции процесса смешивания и диаграмма дерева узлов. Анализ функциональной модели показал приемлемость применяемой технологии с условием проведения капитального ремонта технологического оборудования.

Ключевые слова: технология водоочистки, одноступенчатая схема, системный анализ, функциональное моделирование, процесс, диаграмма дерева узлов, контекстная диаграмма.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Актуальность работы вытекает из необходимости совершенствования применяемых технологий водоочистки в связи с возрастающими требованиями к ее качеству, изменяющимися условиями эксплуатации, физическим и моральным износом оборудования в условиях ограниченного финансирования.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Известны публикации по рассматриваемой области [1–6]. Современные проблемы водоснабжения и водоотведения анализировались на одноименной конференции, проведенной 5–7 декабря 2018 года. Санкт-Петербургским государственным архитектурно-строительным университетом [7]. Системный анализ как инструментальный решения сложных проблем представлен в работе [8]. Большой интерес вызывает работа по системному анализу в области функционирования систем водоснабжения и водоотведения А. Д. Тевяшева [9]. Однако существуют общие и частные проблемы, и каждая частная проблема требует индивидуального анализа и решения.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Выявление неэффективных процессов применяемой технологии одноступенчатой очистки воды на основе системного анализа с применением функционального моделирования с целью поиска оптимального пути решения проблемы повышения качества предоставляемых населению услуг в условиях ограниченного финансирования.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

С момента построения сооружений водоочистки в г. Астрахани город значительно вырос, население увеличилось, изменились нормативы. Вследствие этого значительно понизилась эффективность их работы.

Переход на новые технологии требует значительных капитальных вложений, что не может быть обеспечено в современных условиях. В связи с этим встает вопрос поиска оптимального решения проблемы с минимальными затратами. Эффективным инструментарием для решения подобных проблем является системный анализ [7].

Для решения поставленной задачи была разработана и проанализирована функциональная модель одноступенчатой схемы очистки воды, проиллюстрированная четырьмя диаграммами на рисунках 1–4.

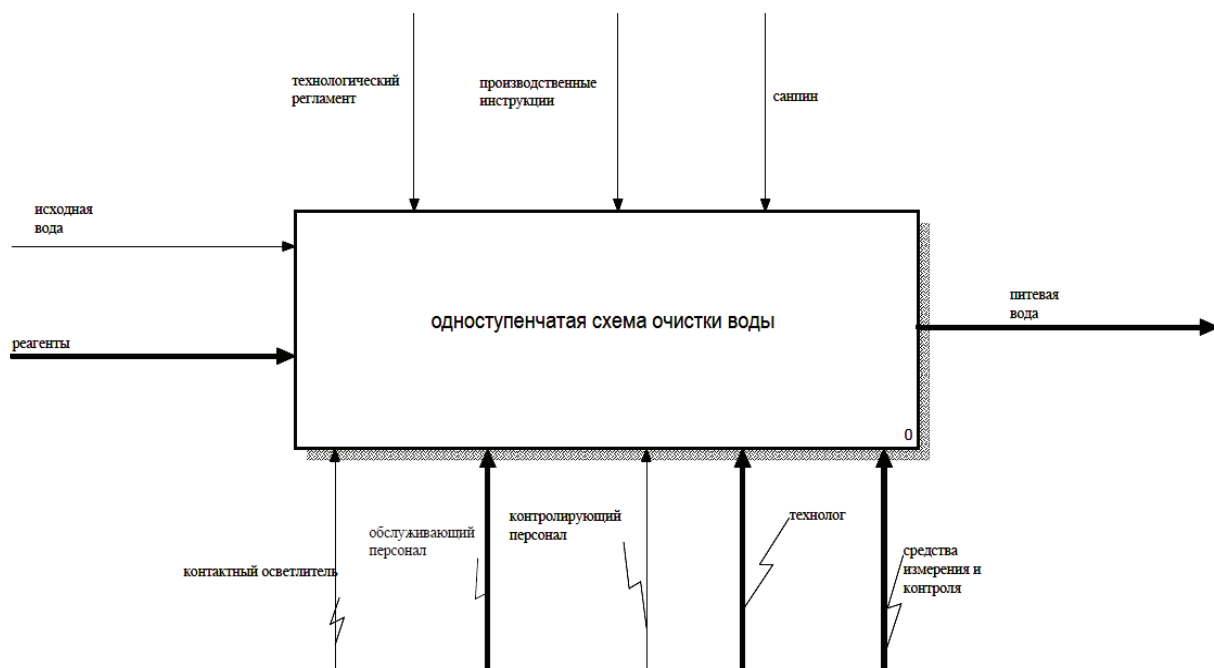


Рисунок 1 – Контекстная диаграмма функциональной модели одноступенчатой схемы очистки воды.

На рисунке 1 представлена контекстная диаграмма разработанной модели.

На рисунке 2 показана диаграмма декомпозиции контекстной диаграммы, на рисунке 3 – диаграмма декомпозиции процесса «Смешивание», на рисунке 4 – диаграмма дерева узлов разработанной модели.

Анализ функциональной модели показал приемлемость применяемой технологии с условием проведения капитального ремонта технологического оборудования.

Продолжением данной работы будет выбор и обоснование проектных решений с применением системного анализа.

ВЫВОДЫ

В условиях ограниченного финансирования и широкого спектра возможных решений остро встает проблема выбора оптимального решения. С этой целью применен системный анализ. Построена функциональная модель одноступенчатой схемы очистки, выявлены неэффективные процессы и обосновано решения сохранения применяемой технологии при условии капитального ремонта технологических мощностей.

Перспективой дальнейшей работы является выбор и обоснование проектных решений по капитальному ремонту технологического оборудования на основе системного анализа.

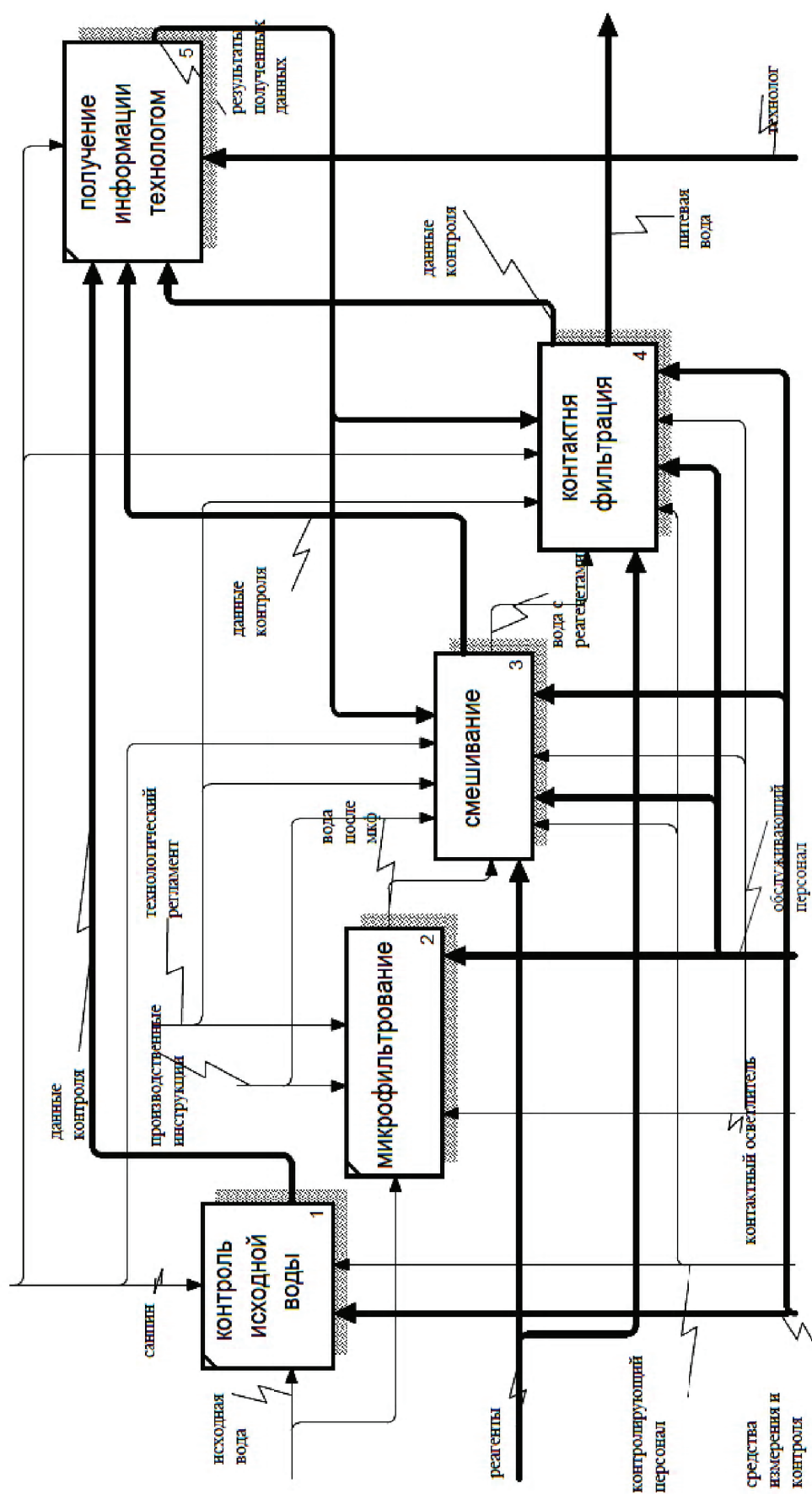


Рисунок 2 – Декомпозиция контекстной диаграммы.

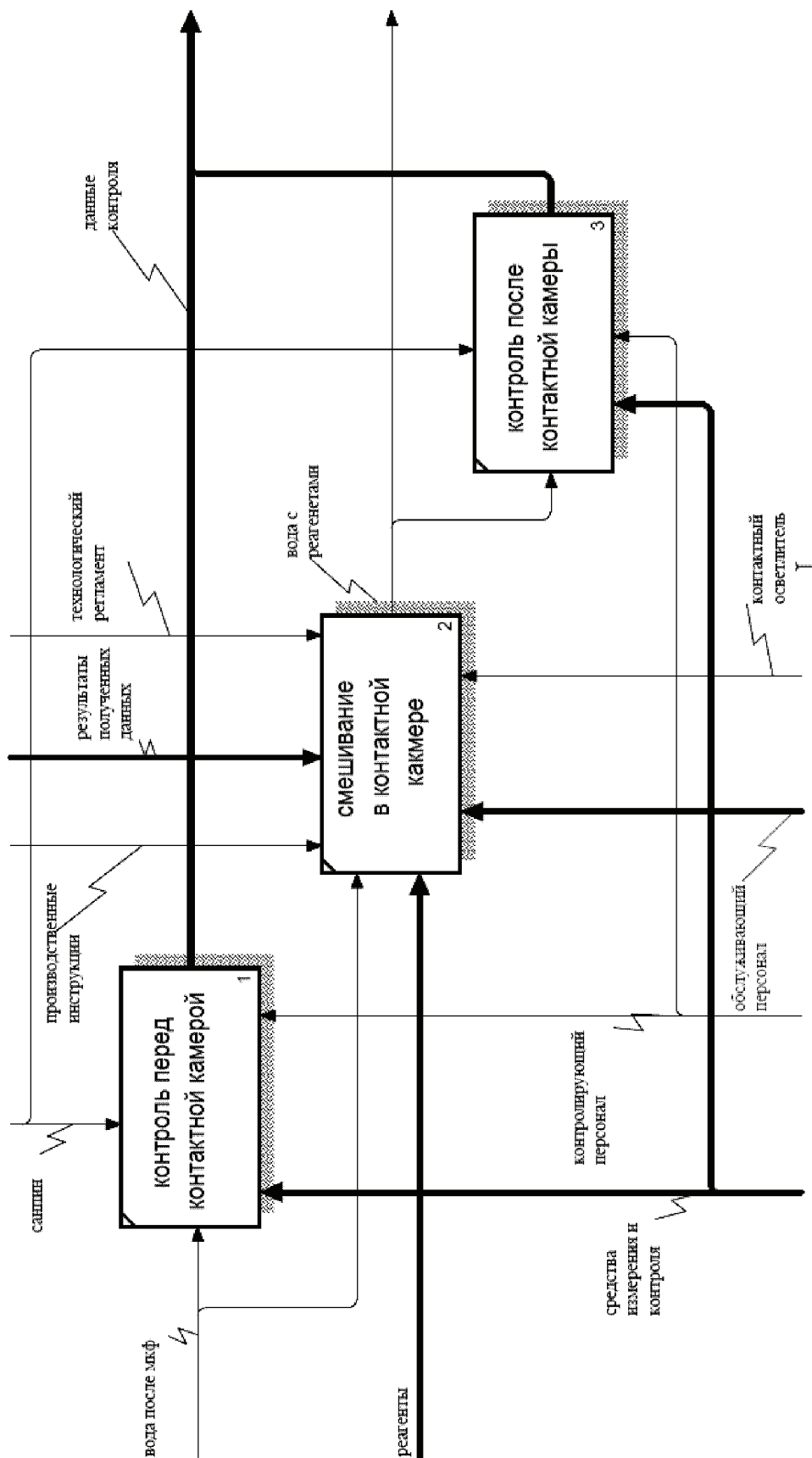


Рисунок 3 – Диаграмма декомпозиции процесса «Смешивание».



Рисунок 4 – Диаграмма дерева узлов функциональной модели одноступенчатой схемы очистки воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оптимальная реконструкция систем водоотведения / В. Р. Чупин, И. В. Майзель, Р. В. Чупин, Т. А. Нгуен. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2014. – № 5(10). – С. 86–102.
2. Аброскин, А. Ю. Сравнительный анализ разных методов водоподготовки: преимущества и недостатки / А. Ю. Аброскин, И. Ю. Киреева. – Текст : непосредственный // Перспективы развития строительного комплекса. – 2018. – № 12. – С. 60–65.
3. Поспелова, И. Ю. Проблемы инженерных систем в особых условиях / И. Ю. Поспелова, Т. А. Данилец, М. Я. Поспелова. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2014. – № 4(9). – С. 90–97.
4. Макотрина, Л. В. Строительство и реконструкция сетей водоснабжения и водоотведения в условиях города Иркутска / Л. В. Макотрина, Е. В. Селех, И. Б. Кузнецов. – Текст : непосредственный // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2013. – № 10(81). – С. 164–167.
5. Shikulskaya, O. M. Information and analytical providing for research of reservoirs' state in conditions of anthropogenic pollution / O. M. Shikulskaya, M. A. Urechko, A. E. Usynina. – Текст : непосредственный // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 451. – 2018. – P. 1–6. – DOI: 10.1088/1757-899X/451/1/012195.
6. Electronic classifier of natural water treatment technologies / O. M. Shikulskaya, L. V. Boronina, G. B. Abuova, A. E. Usynina. – Текст : непосредственный // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 775. – 2020. – P. 1–6. – DOI: 10.1088/1757-899X/775/1/012098.
7. Феофанов, Ю. А. Особенности режимов водопотребления крупных городов и курортных поселков в современных условиях / Ю. А. Феофанов, А. В. Жуховицки. – Текст : непосредственный // Современные проблемы водоснабжения и водоотведения : материалы международной научно-практической конференции, приуроченной к 130-летию кафедры водопользования и экологии, Санкт-Петербург, 5–7 декабря 2018 года. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2018. – С. 102–109.
8. Данелян, Т. Я. Теория систем и системный анализ (общая теория систем) : учебно-методический комплекс / Т. Я. Данелян. – Москва : Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2014. – 147 с. – Текст : непосредственный.
9. Тевяшев, А. Д. Системный анализ проблемы повышения качества и эффективности функционирования систем водоснабжения и водоотведения / А. Д. Тевяшев, В. Д. Непочатова. – Текст : непосредственный // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – Том 4. – № 7(40). – С. 29–35.

Получена 31.03.2022

С. А. ПАЗУХІН, О. М. ШИКУЛЬСЬКА
СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ОДНОСТУПІНЧАСТОЇ СХЕМИ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ
НА ОСНОВІ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ

Державна автономна освітня установа Астраханської області вищої освіти «Астраханський державний архітектурно-будівельний університет», м. Астрахань, Росія

Анотація. Безперервно зростаючі вимоги до якості водоочищення, умови експлуатації водоочисних споруд, що змінюються, фізичний і моральний знос обладнання призводять до необхідності вдосконалення систем водоочищення. Однак в умовах обмеженого фінансування потрібно вибирати рішення, що оптимально поєднують ціну та якість. Вирішувати такі проблеми неможливо без застосування системного аналізу. У роботі проаналізовано проблеми водоочищення, обґрунтовано необхідність застосування системного аналізу для вирішення проблем. Як інструментарій вибрано функціональне моделювання. Для вирішення поставленого завдання було розроблено та проаналізовано функціональну модель одноступінчастої схеми очищення води. У роботі представлені контекстна діаграма системи водоочищення, діаграма її декомпозиції, діаграма декомпозиції процесу змішування та діаграма дерева вузлів. Аналіз функціональної моделі показав прийнятність технології за умови проведення капітального ремонту технологічного обладнання.

Ключові слова: технологія водоочищення, одноступінчаста схема, системний аналіз, функціональне моделювання, процес, діаграма дерева вузлів, контекстна діаграма.

SERGEY PAZUKHIN, OLGA SHIKULSKAYA
SYSTEM ANALYSIS OF A SINGLE-STAGE WATER TREATMENT SCHEME
BASED ON FUNCTIONAL PROCESS MODELING

State Autonomous Educational Institution of the Astrakhan Region of Higher Education
«Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering», Astrakhan, Russia

Abstract. Continuously increasing requirements for the quality of water treatment, changing operating conditions of water treatment facilities, physical and moral wear of equipment lead to the need to improve water treatment systems. However, in conditions of limited funding, you need to choose solutions that optimally combine price and quality. It is impossible to solve such problems without applying system analysis. The work analyzed the problems of water treatment, substantiated the need to use system analysis to solve problems. You have selected functional modeling as the toolkit. To solve the problem, a functional model of a single-stage water treatment scheme was developed and analyzed. The paper presents a context diagram of the water treatment system, a diagram of its decomposition, decomposition diagram of the mixing process and a diagram of the node tree. The analysis of the functional model showed the acceptability of the technology used with the condition of major repairs of the technological equipment.

Key words: water treatment technology, single-stage diagram, system analysis, functional modeling, process, node tree diagram, context diagram.

Пазухин Сергей Анатольевич – магистрант кафедры пожарной безопасности и водопользования Государственного автономного образовательного учреждения Астраханской области высшего образования «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», г. Астрахань, Россия. Научные интересы: природообустройство и водопользование.

Шикунская Ольга Михайловна – доктор технических наук, профессор; заведующая кафедрой пожарной безопасности и водопользования Государственного автономного образовательного учреждения Астраханской области высшего образования «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», г. Астрахань, Россия; заслуженный деятель науки и техники; член-корреспондент Международной академии информатики; член-корреспондент Международной академии естествознания. Научные интересы: системный анализ, моделирование сложных систем.

Пазухін Сергій Анатолійович – магістрант кафедри пожежної безпеки та водокористування Державної автономної освітньої установи Астраханської області вищої освіти «Астраханський державний архітектурно-будівельний університет», м. Астрахань, Росія. Наукові інтереси: природооблаштування та водокористування.

Шикунська Ольга Михайлівна – доктор технічних наук, професор; завідувач кафедри пожежної безпеки та водокористування Державної автономної освітньої установи Астраханської області вищої освіти «Астраханський державний архітектурно-будівельний університет», м. Астрахань, Росія; заслужений діяч науки та техніки; член-корреспондент Міжнародної академії інформації; член-корреспондент Міжнародної академії природознавства. Наукові інтереси: системний аналіз, моделювання складних систем.

Pazukhin Sergey – master's student, Fire Safety and Water Management Department, State Autonomous Educational Institution of the Astrakhan Region of Higher Education «Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering», Astrakhan, Russia. Scientific interests: environmental management and water management.

Shikulskaya Olga – D. Sc. (Eng.), Professor; Head of Fire Safety and Water Management Department, State Autonomous Educational Institution of the Astrakhan Region of Higher Education «Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering», Astrakhan, Russia; Honored Worker of Science and Technology, Corresponding Member of the International Academy of Informatology, Corresponding Member of the International Academy of Natural Sciences. Scientific interests: system analysis, modeling of complex systems.

УДК 691.175.5

А. Г. ЧЕРНЫШОВА, А. М. КАПИЗОВАГосударственное автономное образовательное учреждение Астраханской области высшего образования
«Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», г. Астрахань, Россия**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ПРОЦЕССОВ
ПОЛУЧЕНИЯ СЫРЬЯ ДЛЯ НЕФТЕХИМИИ НА АСТРАХАНСКОМ
ГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ ЗАВОДЕ**

Аннотация. В настоящее время проблема рационального использования углеводородного сырья является одной из основных. Решение данной проблемы позволит предприятиям наиболее эффективно и квалифицированно перерабатывать сырье и иметь возможность расширения ассортимента выпускаемой продукции. Добываемый на Астраханском газоконденсатном месторождении конденсат содержит достаточно большое количество низкомолекулярных углеводородов, которые можно использовать в качестве сырья в процессе пиролиза для получения низших олефинов – сырья для получения полимеров и для синтеза других веществ. Перспективными направлениями совершенствования данного процесса являются каталитический пиролиз, разбавление сырья водородом, добавка к сырью различных соединений и волновая обработка сырья. Наряду с получением низших олефинов в процессе пиролиза образуются и ароматические углеводороды, которые также являются ценным сырьем для нефтехимической промышленности. Таким образом, внедрение процесса пиролиза приведет к расширению ассортимента продукции за счет углубления переработки и наиболее рационального и квалифицированного использования собственного сырья – это еще одна ступень в развитии Астраханского газохимического комплекса.

Ключевые слова: конденсат, пиролиз, углеводороды.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Производство низших олефинов пиролизом углеводородного сырья является основным и многотоннажным в ряду нефтехимических процессов. Наибольший выход достигается вовлечением в процесс низкомолекулярных углеводородных фракций. В процессе пиролиза можно использовать как индивидуальные углеводороды C_1-C_5 , так и их смеси.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Из индивидуальных углеводородов наибольшую ценность представляет этан. Выход этилена при этом достигает 80...81 % на сырье. Пиролиз пропана дает выход этилена при работе с рециклом этана и пропана 44...47 % масс. При этом образуется 16...20 % пропилена. При пиролизе н-бутана образуются те же продукты, что и при пиролизе пропана, но в иных соотношениях. При степени конверсии 85 % выход этилена (без рецикла этана) может составлять 30...35 %, пропилена 17...24 %; при степени конверсии 90 % выход этилена может достигать 36...37 %, пропилена 21...22 %. Рецикл этана и пропана позволяет довести выход этилена до 45...50 % [1, 2]. Пиролиз смесей пропан-н-бутан позволяет получить этилена 35...38 %, пропилен 14...18 %, выход жидких продуктов составляет 6...14 % масс. При глубине пиролиза изобутана 90 % выходы этилена, пропилена и изобутилена составляют соответственно 10,22 и 17 % масс. С увеличением числа атомов в молекуле н-алкана снижаются выходы метана и этилена, повышается выход пропилена и бутена-2. Выходы этилена при пиролизе изоалканов всегда ниже, чем при пиролизе н-алканов. При пиролизе циклоалканов выход этилена ниже, а диенов и жидких продуктов выше, чем при пиролизе н-алканов. Ароматические кольца при пиролизе не распадаются, идут реакции распада алкильных заместителей C_{3+} , деалкилирования и конденсации [3–5].

© А. Г. Чернышова, А. М. Капизова, 2022

Таким образом, результаты пиролиза смесей и фракций определяются соотношением в них углеводородов различных классов и их строением.

ЦЕЛЬ

Определение наиболее перспективных направлений совершенствования процесса получения сырья для нефтехимии на Астраханском газоперерабатывающем заводе.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Современными способами совершенствования процесса получения сырья являются каталитический пиролиз, разбавление сырья водородом, добавка к сырью различных соединений и волновая обработка сырья.

Каталитический пиролиз имеет два направления – разработка катализаторов пиролиза и использование сплавов для изготовления труб печей пиролиза. Отсутствие опасности быстрого закоксовывания пор катализатора – преимущество второго направления.

При разбавлении водородом выход этилена увеличивается примерно на 5%, а при разбавлении водой – выход пропилена на 2 % масс.

Добавки к сырью пиролиза имеют разную природу. Добавки инициаторов распада углеводородов должны иметь достаточную теплоту сгорания, не образовывать токсичных или абразивных продуктов, способствовать удалению кокса с поверхности конструкционного материала (сплава). В качестве таких добавок рекомендуется использовать органические сложные эфиры. Добавка простейшего сложного эфира этилацетата в количестве 0,2 % мол. приводила к увеличению выхода этилена и пропилена на 8 % отн., а выход кокса снижался в 10 раз. Добавка аллена имеет преимущество в том, что это соединение образуется в процессе пиролиза в результате распада аллильного радикала. Выход аллена тем больше, чем выше температура и ниже давление, и составляет примерно 0,5 % на сырье. В системе газоразделения установок пиролиза аллен получается в пропановой фракции, содержащей пропан, аллен и метилацетилен. Смешение этой фракции с сырьем позволяет увеличить выход этилена (порядка 10 % отн.) при снижении выхода жидких продуктов.

Волновая обработка сырья пиролиза (СВЧ или магнитное поле) позволяет уменьшить температуру процесса на 200 °С при снижении в 10 раз коксообразования без добавления в систему каких-либо реагентов, а также увеличить в продуктах пиролиза содержание этилена на 10 %, а пропилена на 5 % отн., с одновременным уменьшением количества бутенов. В работе показано, что акустическое излучение в процессе пиролиза позволяет снизить температуру процесса на 200...400 °С ниже традиционных значений (пиролизу подвергали н-гексан, гексадекан, дизельную фракцию и мазут). При этом количество серосодержащих фракций также снижается. Снижение образования коксовых отложений в несколько раз наблюдали при пиролизе углеводородов, проводимом в постоянном магнитном поле.

Проводились опыты по пиролизу пропан-бутановой фракции Астраханского газоперерабатывающего завода. При термическом варианте процесса выход этилена составил 20,65 %, пропилена 15,32 %, жидкого продукта – смолы пиролиза – 5 % масс.

Смесь пропан-бутановую техническую, получаемую на установке очистки и получения сжиженных газов в настоящее время, а также пропановую и бутановую фракцию, после реконструкции этой установки, целесообразно направлять на пиролиз для получения олефинов. Использование пропановой фракции и этана, который может быть выделен на установке осушки и отбензинивания газа, позволит организовать производство олефинов производительностью 300 тыс. т/год по сырью. Внедрение процесса пиролиза на базе действующего предприятия позволит сократить инвестиции на создание газохимического комплекса.

Из пропилена, кроме полимеров, можно получать высокооктановую добавку к бензинам – диизопропиловый эфир (ДИПЭ), который выгодно отличается от широко известного метилтретбутилового эфира (МБТЭ) повышенной температурой кипения, существенно меньшей летучестью и отсутствием токсичности. Для ДИПЭ давление насыщенных паров (по Рейду) при смешении составляет 35 кПа, а для МБТЭ – 56 кПа. Это обеспечивает дополнительную степень свободы для добавки бутана, что позволяет обеспечивать в соответствии с техническими требованиями пониженную испаряемость компаундированных бензинов. Корпорация «Mobil» разработала новый каталитический процесс получения ДИПЭ из пропилена и воды, выход ДИПЭ в котором составляет 82 % при рециркуляции непревращенного олефина. Сотрудниками РГУ нефти и газа разработан новый

активный катализатор, позволяющий довести выход ДИПЭ до 90 % при более мягком режиме процесса. Себестоимость ДИПЭ значительно снизится и будет ниже стоимости МБТЭ (составляет ~240 дол. США за 1 м³).

Следует отметить, что наряду с получением низших олефинов в процессе пиролиза образуются и ароматические углеводороды, которые также являются ценным сырьем для нефтехимической промышленности.

Таким образом, внедрение процесса пиролиза приведет к расширению ассортимента продукции за счет углубления переработки и наиболее рационального и квалифицированного использования собственного сырья – это еще одна ступень в развитии Астраханского газохимического комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перспективное направление использования низкомолекулярных углеводородных фракций Астраханского газоконденсата для получения полимерных материалов / Т. А. Лаврентьева, О. Н. Каратун, Л. Б. Кириллова, А. М. Горбунов. – Текст : непосредственный // Современное состояние процессов переработки нефти : материалы научно-практической конференции, Уфа, 2004. – Уфа : [б. и.], 2004. – С. 192–193.
2. Кобальтсодержащие катализаторы в процессах превращения низкомолекулярных углеводородов // Т. А. Лаврентьева, О. Н. Каратун, Л. Б. Кириллова, А. М. Горбунов. – Текст : непосредственный // Химия, химическая технология и биотехнология на рубеже тысячелетий : материалы IV международной научной конференции, Томск, 2006. – Томск : [б. и.], 2006. – С. 464–465.
3. Свенсон, А. Б. Состояние и перспективы мирового производства и потребления нефтехимических продуктов и полимеров / А. Б. Свенсон. – Текст : непосредственный // Нефтегазовые технологии. – 2006. – № 8. – С. 68–69.
4. Александрова, И. В. Специальный практикум по технологии органических веществ : учебное пособие / И. В. Александрова. – Тюмень : библиотечно-издательский комплекс ФГБОУ ВПО «ТюмГНГУ», 2014. – 110 с. – Текст : непосредственный.
5. Zamostny, P. A rigorous model of ethylene pyrolysis and its applications / P. Zamostny, Z. Belohlav. – Текст : непосредственный // Petroleum and Coal. – 2003. – Volume 45, issue 3–4. – P. 142–146.

Получена 01.04.2022

Г. Г. ЧЕРНИШОВА, А. М. КАПИЗОВА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ДЕЯКИХ ПРОЦЕСІВ ОТРИМАННЯ СИРОВИНИ ДЛЯ НАФТОХІМІЇ НА АСТРАХАНСЬКОМУ ГАЗОПЕРЕРОБНОМУ ЗАВОДІ

Державна автономна освітня установа Астраханської області вищої освіти «Астраханський державний архітектурно-будівельний університет», м. Астрахань, Росія

Анотація. На сьогодні завдання раціонального використання вуглеводневої сировини є однією з основних, рішення якої дозволяє підприємствам найбільш ефективно і кваліфіковано переробляти сировину з метою розширення асортименту продукції. Конденсат, що добувається на Астраханському газоконденсатному родовищі, містить досить велику кількість низкомолекулярних вуглеводнів, які можна використовувати як сировину в процесі піролізу для отримання нижчих олефінів – сировини для отримання полімерів і для синтезу інших речовин. Перспективними напрямками вдосконалення даного процесу є каталітичний піроліз, розведення сировини воднем, добавка до сировини різних сполук та хвильова обробка сировини. Поряд із отриманням нижчих олефінів у процесі піролізу утворюються і ароматичні вуглеводні, які також є цінною сировиною для нафтохімічної промисловості. Таким чином, впровадження процесу піролізу приведе до розширення асортименту продукції за рахунок поглиблення переробки та найбільш раціонального та кваліфікованого використання власної сировини – це ще один щабель у розвитку Астраханського газохімічного комплексу.

Ключові слова: конденсат, піроліз, вуглеводні.

ANNA CHERNYSHOVA, ALFIYA KAPIZOVA
PROSPECTS FOR THE USE OF SOME PROCESSES FOR OBTAINING RAW
MATERIALS FOR PETROCHEMICALS AT THE ASTRAKHAN GAS
PROCESSING PLANT

State Autonomous Educational Institution of the Astrakhan Region of Higher Education
«Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering», Astrakhan, Russia

Abstract. The problem of rational use of hydrocarbon raw materials is one of the main ones, the solution of which allows enterprises to process raw materials most efficiently and professionally in order to expand the range of products. The condensate which is produced at the AGCM contains a sufficiently large amount of low-molecular-weight hydrocarbons, which can be used as a raw material of the pyrolysis process to produce lower olefins – raw materials for the production of polymers and other products for the synthesis of other substances. Promising areas of improvement of this process are catalytic pyrolysis, dilution of raw materials with hydrogen, addition of various compounds to raw materials and wave processing of raw materials. Along with the production of lower olefins, aromatic hydrocarbons are also formed during pyrolysis, which are also a valuable raw material for the petrochemical industry. Thus, the introduction of the pyrolysis process will lead to an expansion of the product range due to the deepening of processing and the most rational and qualified use of its own raw materials – this is another step in the development of the Astrakhan gas chemical complex.

Key words: condensate, pyrolysis, hydrocarbons.

Чернышова Анна Геннадьевна – кандидат географических наук, доцент кафедры пожарной безопасности и водопользования Государственного автономного образовательного учреждения Астраханской области высшего образования «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», г. Астрахань, Россия. Научные интересы: экология, техносферная безопасность.

Капизова Альфия Манцуровна – кандидат химических наук, доцент кафедры пожарной безопасности и водопользования Государственного автономного образовательного учреждения Астраханской области высшего образования «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», г. Астрахань, Россия. Научные интересы: методы идентификации и контроля пожароопасных свойств строительных материалов и средств огнезащиты.

Чернишова Ганна Геннадіївна – кандидат географічних наук, доцент кафедри пожежної безпеки та водокористування Державної автономної освітньої установи Астраханської області вищої освіти «Астраханський державний архітектурно-будівельний університет», м. Астрахань, Росія. Наукові інтереси: екологія, техносферна безпека.

Капізова Альфія Манцурівна – кандидат хімічних наук, доцент; доцент кафедри пожежної безпеки та водокористування Державної автономної освітньої установи Астраханської області вищої освіти «Астраханський державний архітектурно-будівельний університет», м. Астрахань, Росія. Наукові інтереси: методи ідентифікації та контролю пожежонебезпечних властивостей будівельних матеріалів та засобів вогнезахисту.

Chernyshova Anna – Ph. D. (Geographical), Associate Professor; the Fire Safety and Water Management Department, State Autonomous Educational Institution of the Astrakhan Region of Higher Education «Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering», Astrakhan, Russia. Scientific interests: ecology, technosphere safety.

Kapizova Alfiya – Ph. D. (Chemical), Associate Professor; Associate Professor of the Fire Safety and Water Management Department, State Autonomous Educational Institution of the Astrakhan Region of Higher Education «Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering», Astrakhan, Russia. Scientific interests: methods of identification and control of fire hazardous properties of building materials and fire protection means.

УДК 622.411.33

Е. Л. ГОЛОВАТЕНКО

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДНЫХ
ОБЪЕКТОВ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШАХТНЫХ ВОД В ОБОРОТНЫХ
ЦИКЛАХ ВАКУУМ-НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ**

Аннотация. К числу приоритетных задач угольной промышленности Донбасса относят проблемы охраны окружающей природной среды и рационального природопользования. Практическому их решению предшествовало выполнение значительного количества поисковых, научно-исследовательских, опытно-конструкторских и проектных работ, которые направлены на создание технологических процессов и аппаратов, которые снижают вредное влияние деятельности предприятий угольной промышленности на окружающую среду. Характерными направлениями негативного воздействия угольных предприятий отрасли являются: загрязнение водных объектов шахтными, карьерными, производственными и хозяйственно-бытовыми сточными водами, нарушение гидрологического режима поверхностных вод, гидродинамического и гидрохимического режима подземных вод; изъятие из землепользования и нарушение земель, загрязнение их отходами добычи и переработки угля; загрязнение воздушного бассейна выбросами горнотранспортного оборудования, промышленных и коммунальных котельных, горящих породных отвалов.

Ключевые слова: дегазация, вакуум-насос, аэродинамическая характеристика, диафрагма, манометр – вакуумметр.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Проблемы, связанные с использованием водных ресурсов можно сгруппировать по трем основным направлениям: нехватка (дефицит) водных ресурсов; загрязнение водных ресурсов; риски для человека и окружающей среды, связанные с негативным воздействием вод (наводнения, засухи, сели, оползни и др.). Повышение экологической безопасности угольных шахт можно обеспечить за счет использования шахтных вод в оборотных циклах дегазационных установок.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В горной промышленности (угольной, рудной и нерудных материалов) попутно с добычей полезных ископаемых забирается вода, объем которой в несколько раз превышает объем потребления ее промышленными предприятиями отрасли. Создать бессточные системы на горнодобывающих предприятиях не представляется возможным. Оборотные системы водоснабжения имеются на ряде обогащательных фабрик и на некоторых сооружениях поверхностного комплекса шахт. Загрязненная попутно забираемая вода подвергается в той или иной степени очистке при сбросе ее в водные объекты и при передаче потребителям горной промышленности или другим отраслям. Несмотря на возросшие научные и технические возможности, проблема охраны поверхностных вод и, в частности, санитарной охраны водоемов от загрязнения шахтными водами остается актуальной и до сих пор нерешенной.

ЦЕЛЬ

Предотвращение техногенного воздействия угольных предприятий на водные объекты путем усовершенствования технологии очистки шахтных вод для использования в оборотных циклах.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

По данным Государственного комитета статистики лишь 16 % от общего объема возвратных вод, сбрасываемых в водные объекты Донецкой Народной Республики составляют сточные воды, а 84 % шахтные. Объемы образования шахтных вод на разных предприятиях отличаются. Также изменяться могут объемы образующихся вод по годам в пределах одного предприятия. В таблице 1 представлены данные по объемам образования и сбросов шахтных вод, а также балансовая схема водоснабжения и водоотведения на рисунке 1.

Таблица 1 – Объемы образования и сбросов шахтных вод

Показатели	Расход воды, тыс. м ³
1. Общий забор воды, т. ч.:	5 694,70
– питьевая	93,80
– шахтная	5 600,90
2. Использование на собственные нужды, т. ч.:	123,84
2.1 питьевая (Макеевское ПУВКХ КП Компания «Вода Донбасса»), в том числе:	93,8 0
– хозяйственно-питьевые	75,00
– производственные	18,80
2.2 Шахтная, в т. ч.:	30,04
– хозяйственно-питьевые	–
– производственные	30,04
3. Обратное водоснабжение	–
4. Передача другим объектам:	–
– канализация	93,80
5. Сброс шахтных вод в водные объекты, в т.ч:	5 570,90
– недостаточно очищенных	–
– нормативно-очищенных	5 570,90
– нормативно-чистых (не требует очистки)	–

Как следует из данных, забор воды состоит из питьевой воды от Макеевского ПУВКХ КП Компания «Вода Донбасса», что составляет 1,7 % от общего забора, и шахтной, что составляет 98,3 %. При этом на производственные нужды шахтной воды используется 0,5 %, а сброс составляет 97,8 % от общего забора воды. На шахтах в свою очередь при дегазации питание вакуум-насосов производится 150 м³/мин осуществляется как технической водой, так и питьевой (рис. 2).

Расход воды для одного насоса составляет около 500 литров в минуту. Для пополнения утечек и потерь воды предусматривается подпитка из водной магистрали. Таким образом, на водоснабжение трех вакуум-насосов на примере одной шахты потребуется технической воды:

$$V = 500 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 3 = 788\,400\,000 \text{ л,}$$

и питьевой:

$$V = 100 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 3 = 157\,680\,000 \text{ л,} \quad (2)$$

где 60 – минут в часе;
24 – часов в сутках;
365 – дней в году.

Исходя из расчетов 946 080 м³ дегазационные системы тратят на воды из ПУВКХ. Поэтому в целях экономии воды предлагается использовать шахтные воды. Но для того, чтобы можно использовать очищенную шахтную воду в оборотном цикле вакуум-насоса необходимо привести воду к такому качественному составу, который соответствует требованиям к качеству технической воды, используемой для дегазации, указаны в (табл. 3). В таблицах 2 и 3 представлены количественные показатели шахтных вод и показатели качества технической воды, используемой для дегазации.

Как следует из данных таблицы, превышение концентрации наблюдается для сухого остатка, магния, кальция, сульфатов и хлоридов, общая жесткость, водородного показателя, взвешенных веществ.

БАЛАНСОВАЯ СХЕМА

водоснабжения и водоотведения для ГП "Максвуголь"
ОП"Шахта "Калиновская-Восточная"

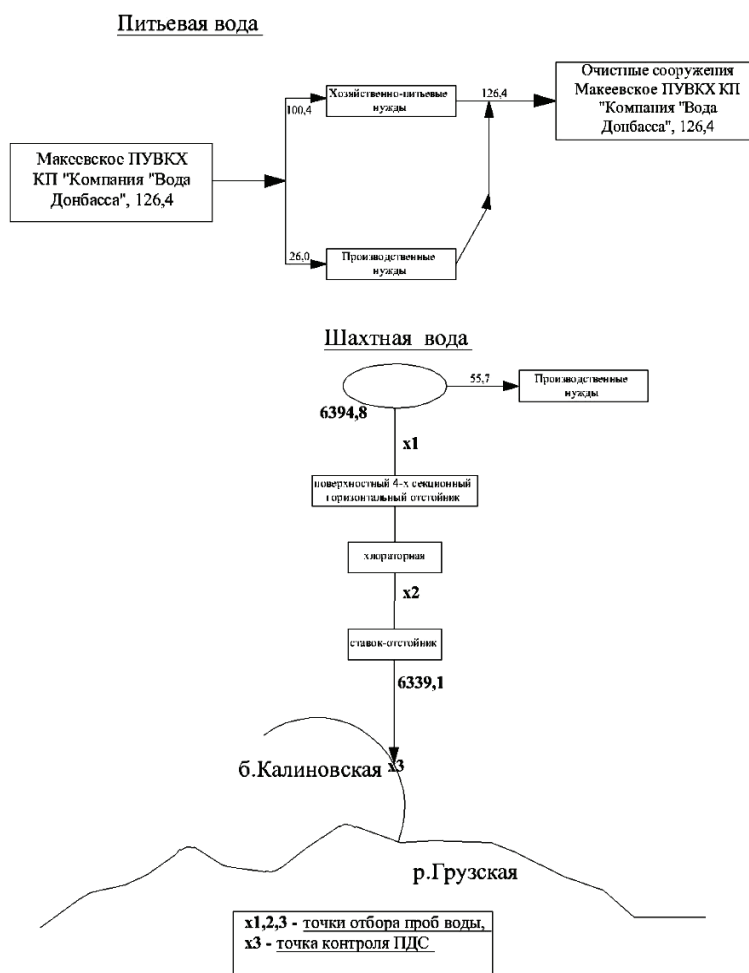


Рисунок 1 – Балансовая схема водоснабжения и водоотведения.

Таблица 2 – Качественные показатели шахтной воды

Наименование вещества	Концентрация, мг/дм ³
Взвешенные вещества	40
Калий, мг/дм ³	2,71
Кальций, мг/дм ³	107,7
Магний, мг/дм ³	38
Натрий, мг/дм ³	79
Железо общее, мг/дм ³	1,06
Гидрокарбонаты, мг/дм ³	358,1
Хлориды, мг/дм ³	65,6
Сульфаты, мг/дм ³	219,7
Нитриты, мг/дм ³	0,794
Нитраты, мг/дм ³	14,276
Общая щелочность, моль/дм ³	5,87
рН	7,438
Окисляемость, мгО ₂ /дм ³	3,14
Сухой остаток, мг/дм ³	778
Общая жесткость, моль/дм ³	8,49

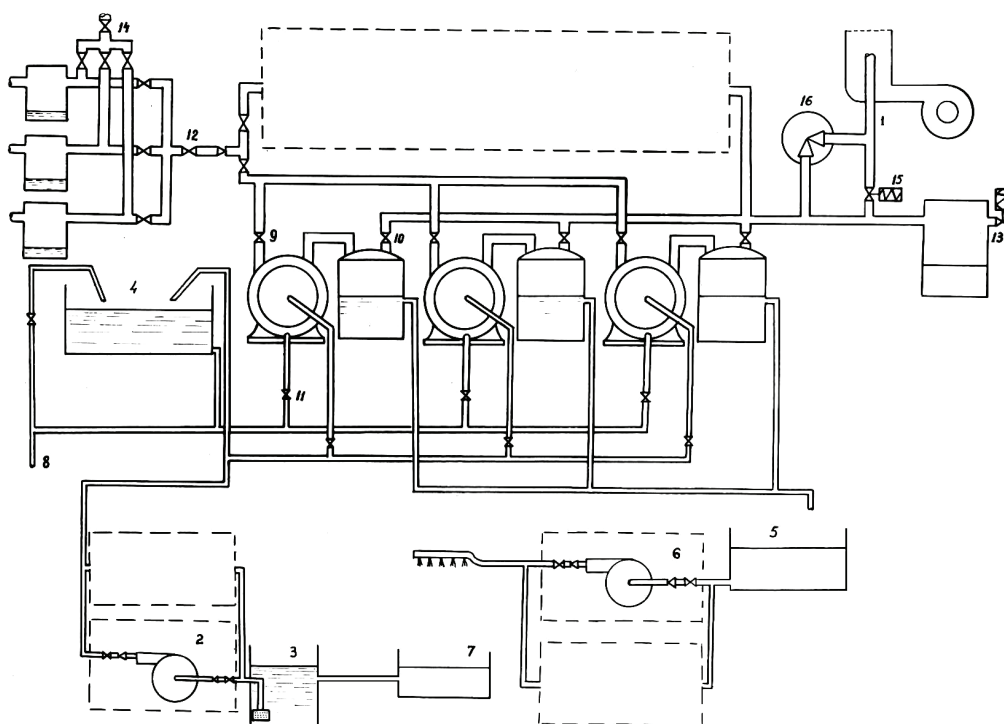


Рисунок 2 – Упрощённая технологическая схема вакуум-насосной станции: 1 – свеча; 2 – центробежные насосы; 3 – приемный резервуар; 4 – колодец холодной воды; 5 – приемный колодец; 6 – центробежный насос; 7 – градирня.

Таблица 3 – Показатели качества технической воды, используемой для дегазации угольных пластов

Наименование показателей	Величина показателя
Взвешенные вещества, мг/дм ³	< 40 *)
Запах, балл	< 3
Водородный показатель pH, (в диапазоне), единицы	6,5...8,5
Жесткость общая, мг-экв/дм ³	< 7,0 *)
Жесткость карбонатная, мг-экв/дм ³	< 7,0 *)
Минерализация общая, мг/дм ³	< 2 000 *)
Показатели радиационной безопасности:	
– общая объемная активность альфа-излучения, Бк/дм ³	0,1
– общая объемная активность бета-излучения, Бк/дм ³	1,0
Наименование показателей	Величина показателя
Токсичные и опасные вещества 1–3 класса опасности	< ПДК)
Коли-индекс	< 100 **)
Индекс коли-фагов, БУЕ/дм ³	< 100 **)

Примечание:

*) Должны соответствовать требованиям технических условий технического процесса.

**) Принимаются в соответствии с СанПиН 2.1.5.980-00, СанПиН 2.1.4.1074-01 и СанПиН 2.2.4-171-10 [1].

В настоящее время на большинстве шахт Донбасса осветление шахтных вод на поверхности осуществляется в две стадии: предварительная – в горизонтальных отстойниках, окончательная – в прудах-осветлителях. Наиболее часто используемая схема очистки представлена на рисунке 3.

Механическая очистка в поверхностном 4 секционном горизонтальном отстойнике, $V = 730 \text{ м}^3$, потом вода проходит через хлораторную и сбрасывается в пруд отстойника $V = 9\,700 \text{ м}^3$. С пруда отстойника $V = 9\,000 \text{ м}^3$, очищенная вода по б. Калиновская сбрасывается в р. Грузская.

В соответствии со СанПиН 2.2.4-171-10 [8], вода в оборотных циклах дегазационных установок может использоваться по таким показателям: взвешенных веществ, общая и карбонатная жесткость, минерализация, щелочность, водородный показатель.

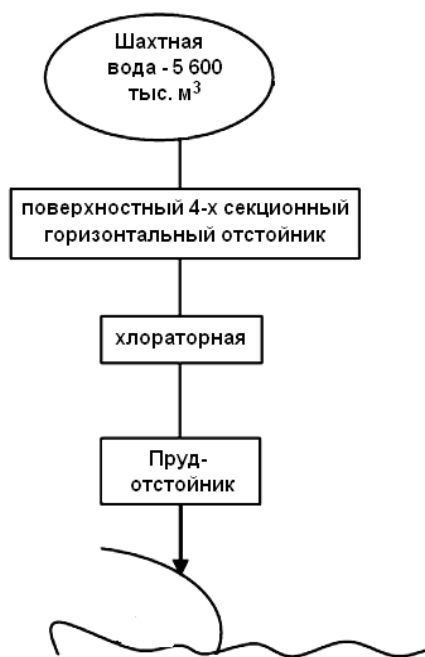


Рисунок 3 – Принципиальная схема очистки шахтных вод.

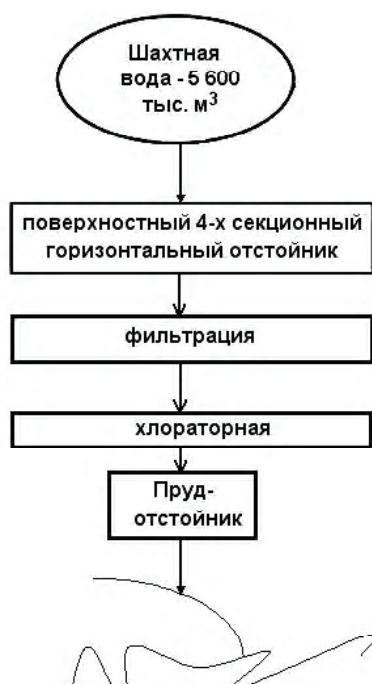


Рисунок 4 – Предполагаемая схема очистки шахтных вод.

Проведенный анализ применяемой технологической схемы и оборудования для очистки шахтных вод свидетельствует о том, что эффективность очистки шахтных вод на большинстве имеющихся очистных сооружений недостаточна и очищенная вода по своим качественным показателям не удовлетворяет нормативным требованиям, предъявляемым к сбросу в поверхностные водные объекты и к дальнейшему использованию.

Из вышеприведенного следует, что пригодность использования шахтных вод для технических нужд предприятий и организаций других отраслей промышленности ограничивается, прежде всего, соответствием химического состава шахтных вод технологическим процессам производства и другим дополнительным требованиям потенциальных водопотребителей, поэтому существует потребность в усовершенствовании существующей схемы очистки шахтных вод на предприятии.

Предполагаемая схема очистки шахтных вод приведена на рисунке 4. После прохождения очистки шахтных вод в усовершенствованной схеме предполагается возможность использования шахтных вод в оборотных циклах вакуум-насосных станций (ВНС). На ВНС вода является рабочей средой.

Насосы жидкостные водокольцевые предназначены для транспортировки под вакуумом газовойоздушных и газовых смесей, в том числе взрывоопасных. Вакуум-насос должен обеспечить извлечение из шахты определенного количества газа (метана). Изменение его производительности может привести к загазированию [2]. Производительность дегазационной системы зависит от состояния ВНС и сети трубопроводов. Одним из факторов, снижающих производительность дегазационных систем, является уменьшение в процессе работы объемной производительности водокольцевых вакуум-насосов, которое происходит в результате отложения накипи на рабочих деталях насосов, а также увеличение, по сравнению с проектным, гидравлического сопротивления дегазационных трубопроводов, происходящее в результате их загрязнения.

На рисунке 5 показаны вышедшие из строя роторные кольца вакуум-насоса с отложениями на лопастях.

На данном этапе изучаются характеристики ВНС. На рисунке 6 представлена методика определения.

На данном этапе разработана физическая модель работы вакуум-насоса. На рисунке 6 представлена схема для определения аэродинамических характеристик вакуум-насосов. Для определения производительности вакуум-насоса НВВП-50 был изготовлен испытательный стенд и разработана методика определения производительности насоса в зависимости от давления во всасывающем патрубке (аэродинамическая характеристика насоса в режиме всасывания) [3].

Установлено, что на процесс накопобразования влияет несколько факторов:

- время работы установки; они работают 24 часа в сутки;
- качество используемой воды;
- температурный режим; температура воды в ВНС составляет около 40 градусов;
- режим работы; вакуум или давление;
- состав транспортируемой газовой смеси также способствует коррозии трубопроводов и непосредственно вакуум – насосной установки.

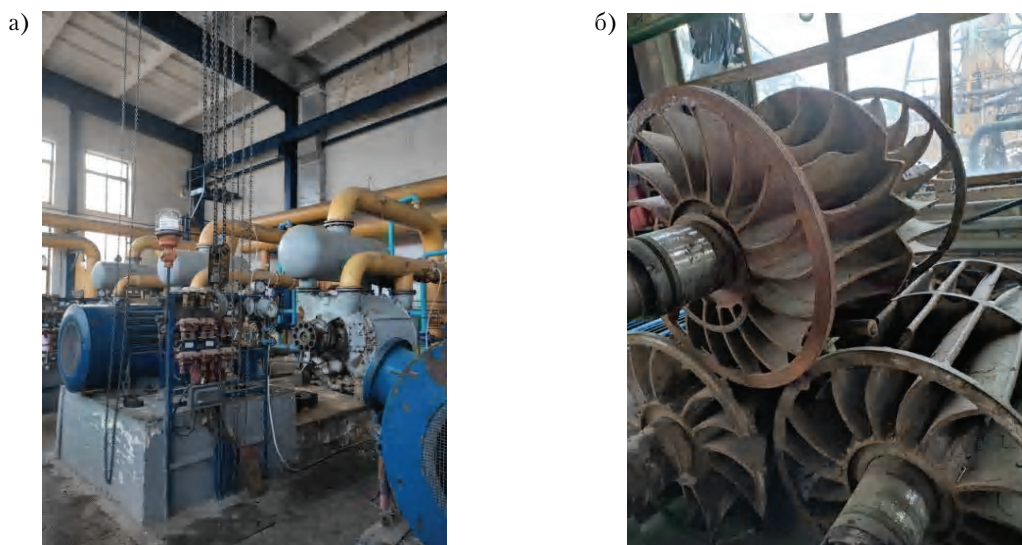


Рисунок 5 – Роторные кольца вакуум-насоса: а) общий вид; б) с отложениями на лопастях.

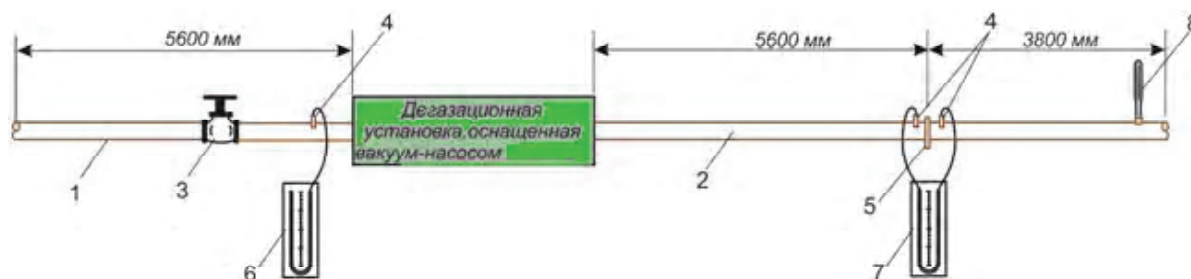


Рисунок 6 – Схема стенда для определения аэродинамических характеристик вакуум-насосов: 1 – всасывающий участок газопровода диаметром 219 мм; 2 – нагнетательный участок газопровода диаметром 219 мм; 3 – задвижка; 4 – штуцер; 5 – стандартная дисковая диафрагма (ГОСТ 8.563.1); 6 – U-образный ртутный манометр; 7 – U-образный водяной манометр; 8 – термометр ртутный.

Разработана методика определения фактической производительности вакуум-насосов на основе вышеперечисленных факторов, то есть в различных условиях работы. Работа водокольцевых вакуум-насосов в тяжелых условиях, когда разрежение на всасе, $B_{вс}$ превышает 400 мм рт. ст., сопровождается увеличением температуры воды и отложением на внутренних поверхностях солей калия, магния и железа [4]. Пример снятой характеристики на рисунке 7. Разработаны и созданы приборы для экспериментальных исследований представленные на рисунках 8, 9, 10.

Использование приборов по разработанной методике позволит снимать замеры и показания и по измененной характеристике можно будет оценивать степень отложений. Это позволит подобрать метод или технологию или разработать технологию очистки шахтной воды до такого состава, который не будет влиять на рост отложений в установках, тем самым повысить производительность вакуум-насоса и долгий срок службы установок [5].

ВЫВОДЫ

Определены объемы шахтных вод, сбрасываемых в водный объект в количестве 5,5709 млн м³, что составило 97,8 % от общего забора воды.

Установлено, что использование воды вакуум-насосными установками в оборотных циклах составляет 946 080 м³. Использование такого количества очищенных шахтных вод в оборотных циклах сократит использование из городских сетей водопроводного хозяйства на 15 %. Снижение сброса шахтных вод позволит снизить количество поступающих в водные объекты загрязняющих веществ, что улучшит экологическое состояние водных объектов.

Сравнительный анализ качества шахтной воды и технической воды для нужд шахты показал несоответствие шахтной воды требованиям к качеству технической воды, используемой для дегазации

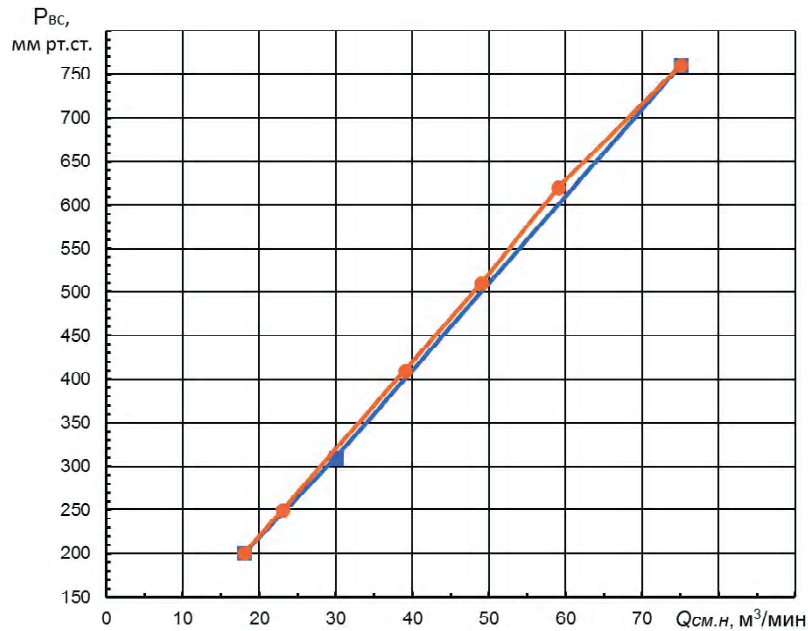


Рисунок 7 – Характеристика вакуум-насоса, работающего в режиме всасывания.



Рисунок 8 – Диафрагма стандартная для измерения расхода газа.



Рисунок 10 – Дифференциальный манометр – вакуумметр.



Рисунок 9 – Диафрагма стандартная для измерения расхода газа.

по таким показателям: взвешенные вещества, общая и карбонатная жесткость, минерализация, щелочность, водородный показатель.

В настоящее время науке и практике известны множество методов очистки шахтных вод. Однако на практике широко применяется технология осветления шахтных вод, которая заключается в их отстаивании в горизонтальных отстойниках без предварительной очистки. Производственный опыт показывает, что такие отстойники задерживают только крупные взвешенные примеси (мелкие частицы угля), работают в режиме песколовков и дают недостаточный эффект осветления. Проведенный анализ применяемой технологической схемы и оборудования для очистки шахтных вод свидетельствует о том, что эффективность очистки шахтных вод на большинстве имеющихся очистных сооружений недостаточна и очищенная вода по своим качественным показателям не удовлетворяет нормативным требованиям, предъявляемым к сбросу в поверхностные водные объекты. Возникает необходимость разработки и внедрения новых эффективных технологических схем очистки шахтных вод с заменой устаревшего оборудования на современное с целью возможности использования

их для нужд технического водоснабжения, а следовательно, для снижения негативного воздействия на поверхностные водные объекты.

Внедрение предлагаемой технологической схемы очистки вод позволит снизить величину таких показателей как общая и карбонатная жесткость, минерализация. Это повлечет за собой снижение ущерба, который наносится окружающей среде.

Использование разработанной методики позволит определять фактические аэродинамические характеристики эксплуатируемых на шахтах вакуум-насосов, что необходимо для достоверных расчетов производительности действующих дегазационных систем, что в свою очередь позволит своевременную и безопасную откачку метана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною : зареєстровано в Міністерстві юстиції України 01 липня 2010 р. за № 452/17747 : надано чинності 2010-05-12. – Текст : електронний // МОЗ України : [сайт] : 2010. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text> (дата обращения: 11.04.2022).
2. Гавришин, А. И. О формировании химического состава подземных вод в Шахтинском угленосном районе Восточного Донбасса / А. И. Гавришин, В. Е. Борисова, Е. С. Торопова. – Текст : непосредственный // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 5. – С. 111–115.
3. Дегазация угольных шахт. Требования к способам и схемы дегазации: СОУ 10.1.00174088.001-2004 / разработчик ГП «Донецкий научно-исследовательский угольный институт». – Киев : Минтопэнерго Украины, 2004. – 167 с. – Текст : непосредственный.
4. Kostenko, V. The influence of coal mining level of explosive gases to the breakage heading / V. Kostenko, A. Bokij, Ye. Shevchenko. – Текст : непосредственный // Proceeding of Lonetsk National Technicak Univercity. – 2011. – № 2. – Р. 67–73.
5. Тарасов, Б. Г. Прогноз газообильности выработок и дегазация шахт / Б. Г. Тарасов. – Москва : Недра, 1973. – 208 с. – Текст : непосредственный.

Получена 02.04.2022

К. Л. ГОЛОВАТЕНКО ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ШАХТНИХ ВОД В ОБОРОТНИХ ЦИКЛАХ ВАКУУМ- НАСОСНИХ СТАНЦІЙ ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. До пріоритетних завдань вугільної промисловості Донбасу відносять проблеми охорони навколишнього природного середовища та раціонального природокористування. Практичному їх вирішенню передувало виконання значної кількості пошукових, науково-дослідних, дослідно-конструкторських та проектних робіт, спрямованих на створення технологічних процесів та апаратів, що знижують шкідливий вплив діяльності підприємств вугільної промисловості на навколишнє середовище. Характерними напрямками негативного впливу вугільних підприємств галузі є: забруднення водних об'єктів шахтними, кар'єрними, виробничими та господарсько-побутовими стічними водами, порушення гідрологічного режиму поверхневих вод, гідродинамічного та гідрохімічного режиму підземних вод; вилучення із землекористування та порушення земель, забруднення їх відходами видобутку та переробки вугілля; забруднення повітряного басейну викидами гірничотранспортного обладнання, промислових та комунальних котелень, палаючих породних відвалів.

Ключові слова: дегазація, вакуум-насос, аеродинамічна характеристика, діафрагма, манометр – вакуумметр.

EKATERINA GOLOVATENKO IMPROVING THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF WATER BODIES BY USING MINE WATER IN THE CIRCULATION CYCLES OF VACUUM PUMPING STATIONS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Among the priority tasks of the coal industry of Donbas there are the problems of environmental protection and rational nature management. Their practical solution was preceded by the implementation of a significant amount of prospecting, research, development and design work, which are aimed at creating

technological processes and devices that reduce the harmful effects of the coal industry on the environment. The characteristic areas of the negative impact of coal enterprises in the industry are: pollution of water bodies by mine, quarry, industrial and household sewage, violation of the hydrological regime of surface waters, hydrodynamic and hydrochemical regime of groundwater; withdrawal from land use and disturbance of lands, pollution of them with waste from coal mining and processing; pollution of the air basin by emissions from mining and transport equipment, industrial and municipal boiler houses, burning rock dumps.

Key words: degassing, vacuum pump, aerodynamic characteristic, diaphragm, pressure gauge – vacuum gauge.

Головатенко Екатерина Леонидовна – ассистент кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: повышение уровня экологической безопасности в технологических циклах оборотного водоснабжения; снижение негативного воздействия на водные объекты путем совершенствования технологии обработки сточных вод.

Головатенко Катерина Леонідівна – асистент кафедри техносферної безпеки ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: підвищення рівня екологічної безпеки в технологічних циклах оборотного водопостачання; зниження негативного впливу на водні об'єкти шляхом вдосконалення технології обробки стічних вод.

Golovatenko Ekaterina – Assistant, Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: increasing the level of environmental safety in the technological cycles of circulating water supply; reducing the negative impact on water bodies by improving wastewater treatment technology.

УДК 628.31

Т. И. СТЕПАНЕНКО, А. Е. ФЁДОРОВА

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**АНАЛИЗ ПУТЕЙ СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА
ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ШАХТНЫХ ВОД**

Аннотация. В работе рассмотрена проблема загрязнения шахтными водами поверхностных водных объектов. Одним из факторов ухудшения экологического состояния территории промышленных регионов является загрязнение природных водных объектов недостаточно очищенными сточными водами, в том числе шахтными водами предприятий горной промышленности. В настоящее время на большинстве шахт производится очистка сточных вод от взвешенных веществ методом отстаивания и обеззараживание. Проведенный анализ перспективных направлений и возможностей использования шахтных вод для технических нужд, а также усредненного химического состава шахтных вод позволил выделить показатели, ограничивающие повторное использование шахтной воды. К таким показателям относятся: минерализация, содержание взвешенных веществ, железа общего, сульфатов. Рассмотрены возможные варианты комплексной очистки высокоминерализованных шахтных вод. Полученные результаты исследований возможно использовать для усовершенствования существующих схем очистки на предприятиях для улучшения качества сбрасываемых вод и возможности повторного их использования.

Ключевые слова: шахтные воды, минерализация, сульфаты, взвешенные вещества, деминерализация, обратный осмос.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Ежегодная потребность населения и отраслей экономики в водных ресурсах распределяется неравномерно по видам экономической деятельности. Наибольшее потребление воды характерно для промышленных предприятий. Главными загрязнителями водных объектов в Донбассе являются предприятия горной, металлургической, коксохимической и других отраслей промышленности. Со сточными водами в водоемы поступают такие загрязняющие вещества, как: сульфаты, хлориды, железо, аммиак, нитриты, нитраты, нефтепродукты и др. [1]. Экологическое состояние водных ресурсов Республики следует характеризовать как неудовлетворительное, требующее разработки и применения комплекса мер по улучшению состояния водных объектов [2].

В таблице приведены средние данные о составе шахтных вод, откачиваемых на поверхность предприятиями.

Таблица – Средние данные о составе шахтных вод угольного бассейна Донбасса

Наименование угольного бассейна	Прозрачность, см	Взвешенные вещества, мг/л	Плотный остаток, мг/л	Хлориды, мг/л	Сульфаты, мг/л	Окисляемость, мг/л
Донецкий угольный бассейн	0–30	152–7 260	1 300–12 632	до 2 097	до 2 740	3,2–88,0

Масса загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами предприятий, значительно превышает самоочищающую способность водоемов и, как следствие, существенно ограничивает или полностью исключает народно-хозяйственное использование таких водных объектов.

© Т. И. Степаненко, А. Е. Фёдорова, 2022

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Проблемой использования шахтных вод для промышленных и коммунальных нужд в разное время занимались ряд ученых: И. Э. Апельцин, С. П. Высоцкий, В. А. Голубцов, И. Т. Горонковский, Г. Я. Дрозд, А. К. Запольский, Н. И. Куликов, Л. А. Кульский, А. Я. Найманов, Robert Kleinmann, W. F. Langelier и др.

Целью работы является анализ способов деминерализации шахтных вод, приемлемых для большинства предприятий горной промышленности. Усовершенствование существующей схемы очистки шахтных вод позволит снизить антропогенную нагрузку на водные объекты за счет повторного использования воды на шахте.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

На большинстве шахт Донбасса вода используется на хозяйственно-питьевые и производственные нужды. Объемы образования шахтных вод на разных предприятиях отличаются. При этом только небольшая часть образующихся шахтных вод (7...8 %) предприятие использует на собственные нужды (пылеподавление и пожаротушение). На сегодняшний момент на большинстве предприятий шахтные воды предприятия после хлорирования (обеззараживания) и очистки от взвешенных веществ в горизонтальных отстойниках сбрасываются в водные объекты.

Шахтная вода откачивается на поверхность достаточно осветленной, а концентрации загрязняющих веществ в шахтных водах на выпусках находятся в пределах предельно-допустимого сброса и ниже ПДК для водных объектов коммунально-бытового назначения. Исключением является повышенная минерализация (1 600...1 900 мг/дм³) и сульфаты (620...650 мг/дм³). Сбор загрязняющих веществ со сточными водами предприятий в количествах, превышающих ПДК, создаёт повышенное негативное влияние на водные объекты.

Таким образом, первоочередной задачей является решение проблемы деминерализации шахтных вод путем технического совершенствования методов деминерализации либо благодаря комплексной переработке шахтных вод. Именно комплексная переработка является направлением возврата шахтных вод в хозяйственный оборот региона и защиты природных водных объектов от загрязнения. Она позволяет использовать кондиционированную осветленную и опресненную шахтную воду на собственные нужды шахт, полив сельхозугодий, коммунальные нужды города и др. Ценность откачиваемых шахтных вод заключается в том, что их можно рассматривать как ресурс для извлечения ценных редких химических элементов [3]. В настоящее время известно, что шахтные воды характеризуются повышенным содержанием стронция, титана и никеля и других металлов [4].

В практике функционирования предприятий угольной промышленности известны следующие направления использования шахтных вод для нужд технического водоснабжения: обогащение угля мокрым способом, пылеподавление, орошение и увлажнение угля, дегазация угольных пластов, кондиционирование воздуха, использование в котельных установках, выработка сжатого воздуха, охлаждение технологического оборудования, другие производственные нужды (профилактика породных отвалов, гидрозолаудаление, тушение шлака, борьба с пылью на автодорогах и промплощадках, другие технические нужды).

Критериями оценки пригодности использования шахтных вод для технических потребностей предприятий являются жесткие требования к следующим параметрам: минерализация, жесткость, щелочность, pH, обусловленные катионно-анионным составом воды, содержание загрязняющих веществ I–III класса опасности, содержание взвешенных веществ, радиационная безопасность, эпидемиологическая безопасность, запах.

Проведенный анализ требований к качеству технической воды и усредненного химического состава шахтных вод показал, что по таким показателям, как: минерализация, содержание взвешенных веществ, железа общего – ограничивается использование шахтных вод в целях обогащения угля мокрым способом, пылеподавления, орошения и увлажнения угля, для охлаждения компрессоров и турбокомпрессоров.

Использование шахтных вод для дегазации угольных пластов, для охлаждения технологического оборудования не соответствует нормам по минерализации, общей жесткости, а также содержанию железа общего [5, 6].

Из вышеприведенного следует, что пригодность использования шахтных вод для технических нужд предприятий и организаций других отраслей промышленности ограничивается прежде всего соответствием химического состава шахтных вод технологическим процессам производства и другим дополнительным требованиям потенциальных водопотребителей. Возможность использования очи-

щенных шахтных вод, откачиваемых из ликвидированных шахт, для технического водоснабжения других предприятий и для других целей определяется в каждом конкретном случае и согласовывается с территориальными органами государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Предлагаемые на данный момент решения проблемы деминерализации шахтных вод [7, 8] в большинстве случаев оказываются экономически нерентабельными. Однако, учитывая негативное влияние, наносимое недостаточно очищенной шахтной водой водоемам Донбасса, перспектива комплексной переработки минерализованных шахтных вод является актуальной. Рассмотрим некоторые способы очистки, направленные на снижение количества солей в очищаемых шахтных водах.

Технология комплексной переработки шахтной воды. Она включает в себя реагентную обработку (коагуляцию и электромембранное умягчение), фильтрацию на зернистых фильтрах, декарбонизацию, обработку раствором едкого натра, обработку в ультрафиолетовой установке, обратноосмотическое концентрирование и выпаривание с кристаллизацией (получая сульфат натрия, хлорид натрия) [7, 9]. Однако данная установка является достаточно дорогостоящей, в том числе в обслуживании.

Перспективным в области очистки шахтных вод можно считать устройство, предложенное учеными С. В. Переведенцевым, О. Г. Локтионовым, А. С. Шевченко (патент RU 2589139 С2). Данная технология включает очистку и обеззараживание сточных вод, стадии ультрафильтрации и обратноосмотического разделения в две ступени по пермеату.

Недостатками данного способа являются: высокие энергозатраты на стадии электрохимической очистки, высокие эксплуатационные затраты на замену сорбента на стадии доочистки пермеата, низкая производительность установки, ограниченность его использования для очистки от широкого спектра загрязнений.

Усовершенствование технологической схемы очистки шахтных вод на предприятиях позволит использовать шахтную воду для нужд предприятия, тем самым снизив антропогенную нагрузку на водные объекты.

ВЫВОДЫ

В настоящее время возникает необходимость разработки и внедрения новых эффективных технологических схем очистки шахтных вод с заменой устаревшего оборудования на современное с целью возможности использования их для нужд технического водоснабжения, а следовательно, для снижения негативного воздействия на поверхностные водные объекты.

Анализируя предлагаемые способы деминерализации шахтных вод, можно сделать вывод, что проблема высокой минерализации шахтных вод может быть полностью или частично решена предлагаемыми способами, однако это требует больших материальных затрат. Целесообразно было бы предлагаемые способы применять для очистки части откачиваемых шахтных вод с целью дальнейшего использования для собственных нужд предприятия с целью снижения капиталовложений на их внедрение.

Использование шахтных вод для различных производственных нужд на практике может иметь следующие преимущества: существенное снижение сброса недостаточно очищенных сточных вод в гидрографическую сеть с максимально возможным извлечением минеральных компонентов; снижение количества воды питьевого качества, используемого в технологических процессах; существенное снижение платы за загрязнение окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О мониторинговых исследованиях качества различных компонентов окружающей среды. – Текст : электронный // Государственный комитет по экологической политике и природным ресурсам при Главе Донецкой Народной Республики : [сайт]. – 2017. – URL: http://gkecopoldnr.ru/news_040817_4/ (дата обращения: 04.02.2022).
2. Госкомэкополитики при Главе ДНР подвел итоги работы за 2017 год. – Текст : электронный // Государственный комитет по экологической политике и природным ресурсам при Главе Донецкой Народной Республики : [сайт]. – 2017. – URL: http://gkecopoldnr.ru/news_201217-1/ (дата обращения: 15.02.2022).
3. Wällstedt, T. Influence of acidification and liming on metals in lake sediments / T. Wällstedt // Doctoral Thesis in Applied Environmental Science. – Stockholm : Stockholm's University, 2005. – 30 p. – Текст : непосредственный.
4. Огородник, Е. Л. Деминерализация шахтных вод – актуальная проблема топливно-энергетического комплекса Донбасса / Е. Л. Огородник, Е. С. Матлак. – Текст : непосредственный // Екологічні проблеми паливно-енергетичного комплексу : збірка праць II Регіональної конференції аспірантів і студентів, Донецьк, 26–27 квітня 2011 року. – Донецьк : ДонНТУ. – С. 7–9.

5. СанПиН 4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения : утверждены главным государственным санитарным врачом СССР А.И. Кондрусевым 4 июля 1988 г. № 4630-88 : дата введения 1989-01-01 / авторы и составители: НИИОКГ им. А. Н. Сысина АМН СССР, Московский НИИГ имени Ф. Ф. Эрисмана, Новосибирский НИИГ [и др.]). – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1988. – 59 с. – Текст : непосредственный.
6. СанПиН 2.1.4.1074-01. Государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения : утверждены главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г. Г. Онищенко 26 сентября 2001 года: взамен СанПиН 2.1.4.559-96 : дата введения 2002-01-01 / Министерство Здравоохранения Российской Федерации. – Москва : Минздрав России, 2002. – 111 с. – Текст : непосредственный.
7. The Nalco Water Handbook : third edition / By Nalco Company. – New York : McGraw-Hill McGraw-Hill, 2009. – 1280 p. – Текст : непосредственный.
8. Holmes, G. Handbook of Environmental Management and Technology / G. Holmes, B. Rawnarinc Singh, J. Theodore. – New York, etc. : John Wiley and Sons, 1993. – 832 p.
9. Aube, B. The Science of Treating Acid Mine Drainage and Smelter Effluents / B. Aube. – Текст : электронный. – 23 p. – URL: https://gaftp.epa.gov/gkm/SITE_FILE_MATERIALS/3.6.17/R08-1126068.PDF (дата обращения: 04.04.2022).

Получена 10.04.2022

Т. І. СТЕПАНЕНКО, А. Є. ФЬОДОРОВА
 АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ЗНИЖЕННЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА
 ВОДНІ ОБ'ЄКТИ ЗА РАХУНОК УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
 ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ШАХТНИХ ВОД
 ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У роботі розглянуто проблему забруднення шахтними водами поверхневих водних об'єктів. Одним із факторів погіршення екологічного стану території промислових регіонів є забруднення природних водних об'єктів недостатньо очищеними стічними водами, зокрема шахтними водами підприємств гірничої промисловості. На даний час на більшості шахт проводиться очищення стічних вод від завислих речовин методом відстоювання та знезараження. Проведений аналіз перспективних напрямів та можливостей використання шахтних вод для технічних потреб, а також усередненого хімічного складу шахтних вод дозволив виділити показники, що обмежують повторне використання шахтної води. До таких показників відносяться: мінералізація, вміст завислих речовин, заліза загального, сульфатів. Розглянуто можливі варіанти комплексного очищення високомінералізованих шахтних вод. Отримані результати досліджень можна використовувати для вдосконалення існуючих схем очищення на підприємствах для покращення якості скиданих вод та можливості повторного їх використання.

Ключові слова: шахтні води, мінералізація, сульфати, завислі речовини, демінералізація, зворотний осмос.

TATIANA STEPANENKO, ALINA FEDOROVA
 ANALYSIS OF WAYS TO REDUCE THE ANTHROPOGENIC LOAD ON WATER
 BODIES BY IMPROVING THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF MINE WATER
 TREATMENT
 Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The paper considers the problem of pollution of surface water bodies by mine waters. One of the factors for the deterioration of the ecological state of the territory of industrial regions is the pollution of natural water bodies with insufficiently treated wastewater, including mine water from mining enterprises. Currently, most mines carry out sewage treatment from suspended solids by settling and disinfection. The analysis of promising directions and possibilities of using mine water for technical needs, as well as the average chemical composition of mine water, made it possible to identify indicators that limit the reuse of mine water. These indicators include: mineralization, content of suspended solids, total iron, sulfates. Possible variants of complex treatment of highly mineralized mine waters are considered. The obtained research results can be used to improve existing treatment schemes at enterprises to improve the quality of discharged water and the possibility of their reuse.

Key words: mine waters, mineralization, sulfates, suspended solids, demineralization, reverse osmosis.

Степаненко Татьяна Ивановна – кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: снижение негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека.

Фёдорова Алина Евгеньевна – магистрант кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: инженерная защита окружающей среды.

Степаненко Тетяна Іванівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри техносферної безпеки ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: зниження негативного впливу на довкілля та здоров'я людини.

Фьодорова Аліна Євгенівна – магістрант кафедри техносферної безпеки ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: інженерний захист довкілля.

Stepanenko Tatiana – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: reducing the negative impact on the environment and human health.

Fedorova Alina – master's student, Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: engineering protection of the environment.

УДК 691.12

ВАН СЯНЬПЭН, С. Н. ЛЕОНОВИЧ

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ПЕРЕРАБОТАННОГО БЕТОНА С 2 % КОКОСОВОГО ВОЛОКНА

Аннотация. Создание новых строительных материалов требует серьёзных исследований фибробетонов, включающих в свой состав возобновляемые и экологически чистые растительные волокна: бамбуковое, сизалевое, соломенное, кокосовое и др. Эти исследования активно ведутся с середины 20 века. Учёные установили, что механические характеристики фибробетона, в том числе прочность на изгиб и на сжатие, термостойкость и трещиностойкость, зависят от свойств самих волокон и от их количества в составе бетона. В статье анализируются данные испытаний бетона с добавлением кокосового волокна. Результаты показали, что 2 % кокосовой фибры повышает прочность бетона на изгиб, осевое сжатие и трещиностойкость. По своим механическим характеристикам такой фибробетон соответствует требованиям, предъявляемым определённым типам бетона, и может быть использован как «зелёный» стройматериал.

Ключевые слова: бетон, кокосовое волокно, прочность на изгиб, прочность на сжатие, трещиностойкость.

1. ВВЕДЕНИЕ

С прошлого века учёные Китая и других стран мира занимаются «зелёными» технологиями в строительстве. Они обратили внимание на возобновляемые материалы, такие как натуральные волокна: сизалевое, джутовое, соломенное, бамбуковое и др., и изучили их влияние на физические свойства бетона. Исследования показали, что прочность и трещиностойкость фибробетона с растительными волокнами выше, чем у обычного бетона. На сегодняшний день остаётся недостаточно изученным фибробетон с кокосовым волокном, хотя в последние годы появилось много серьёзных исследований.

Китайский учёный Ван Вэй и др. [1] изучали влияние обработки щелочью на морфологическую структуру волокон кокосовой скорлупы. П. М. Каткар и соавторы [2] обнаружили, что нетканые армированные цементные плиты из вареного кокосового волокна очень хороши с учетом термостойкости, прочности на изгиб и прочности на сжатие. Пусит Лертваттанарук и Анчиса Сунтиджитто [3] провели соответствующие экспериментальные исследования цементного раствора из волокон кокосового волокна и пальмового масла. Результаты показывают, что композитные строительные материалы с кокосовым волокном имеют низкую теплопроводность и высокую энергоэффективность.

Кокосовое волокно обладает определённой прочностью на растяжение и может использоваться в качестве материала для матрицы цементного раствора. Ожидается, что армирование растительными волокнами улучшит прочность цементной матрицы на изгиб и трещиностойкость стройматериала. Добавление кокосового волокна может уменьшить использование песка и гравия в бетоне, уменьшить плотность и подготовить лёгкие наполнители с лучшими комплексными механическими и физическими свойствами [4]. Кокосовое волокно длиной 350 мм, диаметр 0,12...0,25 мм и плотностью 1 250 кг/м³ имеет одно из самых высоких количеств лигнинового покрытия, что делает его более прочным, чем большинство других типов натуральных волокон [5]. Маджид Али и др. [6] исследовали бетон, армированный кокосовым волокном, и пришли к выводу, что его свойства меняются в зависимости от длины волокна, а прочность CFRC может быть выше или ниже по сравнению с обычным бетоном. Испытания также подтвердили, что кокосовое волокно в бетоне может повысить его прочность на изгиб. Чжан Сяосяо и Лео Пел [7] изучали влияние кокосового волокна на гидратацию и

усадку цементных материалов на бетоне. После добавления кокосового волокна в бетон скорость усадки LWAC при высыхании увеличилась, а скорость самоусадки уменьшилась. Волокна повышают прочность и ударную вязкость LWAC. Исследование Rajan Shikha et al. [8] показали, что кокосовые волокна играют ключевую роль в ограничении образования и распространения искривленных трещин. Оптимальный уровень повышения прочности на изгиб, предел прочности при растяжении, прочности на сжатие и других свойств бетона с различной объёмной долей кокосового волокна составляет 2 %, но не более 3 %. Н. Каартик Кришна, М. Прасант, Р. Гоутам и др. оценили эффективность бетона, армированного натуральным волокном, приняв характеристики простого бетона за эталонный показатель. Доказано, что 2 % натуральных волокон могут эффективно улучшать пластичность и прочность бетона на осевое сжатие [9].

В этой статье изучается влияние двухпроцентной добавки кокосового волокна на прочность бетонных имитационных балок на изгиб и бетонных имитационных колонн на сжатие.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Экспериментальные материалы

Кокосовое волокно. Оно является побочным продуктом плодов кокосовой пальмы, который получают травлением или механической обработкой скорлупы кокосового ореха в морской воде. Диаметр обычно составляет 100...450 мкм, длина – 10...25 см, а плотность – 1,12 г/м³. В этом испытании его разрезают на куски длиной около 10 мм, кокосовое волокно замачивают в 4 % растворе NaOH, промывают дистиллированной водой, а затем помещают в сушильный шкаф при температуре 60 °C на 8 часов.

Крупный заполнитель. Он делится на переработанный крупный заполнитель и природный крупный заполнитель; природный крупный заполнитель представляет собой обычный щебень, а переработанный крупный заполнитель измельчается и просеивается (первоначальная прочность С30) после лабораторных испытаний. В результате размер частиц крупного заполнителя составляет 20...30 мм, градация непрерывная. Мелкий заполнитель – природный речной песок Минского моря. В соответствии со стандартом качества песка и камня и методом контроля для обычного бетона основные свойства природного крупного заполнителя и переработанного крупного заполнителя измеряются, как показано в таблице 1.

Таблица 1 – Основные свойства заполнителей

	Частица размер / мм	Кажу- щаяся плотность кг/м ³	Объёмная плотность кг/м ³	Содержание отходов / %	Впитыва- ние воды / %	Показатель раздавливания / %
Переработанный крупный заполнитель	20–30	2 460	1 202	0,60	4,8	16,3
Природный крупный заполнитель	20–30	2 703	1 450	0,54	0,43	17,15
Песок	–	2 625	1 638	0,25	–	–

Понизитель воды. Высокоэффективный и соответствующий стандартам понизитель воды можно приобрести на рынке строительных материалов Республики Беларусь. Его эксплуатационные и технические показатели приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Сопутствующие показатели суперпластификаторов

Скорость сокращения воды / %	Твёрдое содержание / %	Плотность, г/мл	Содержание хлорида / %	Текучесть цементного раствора / мм
26	35	1,12	0	230

В качестве вяжущего материала в испытании использован портландцемент марки Р·О 42,5. В таблице 3 представлен стандарт GB 175-20 20 «Общий портландцемент», все параметры которого соответствуют требованиям показателя качества, указанным в стандарте.

Таблица 3 – Показатель параметра цемента марки П·О 42,5

Тонкость / %	Расход воды стандартной консистенции / %	Время коагуляции / мин		Прочность на изгиб / МПа		Прочность на сжатие / МПа	
		Первоначальная настройка	Окончательная коагуляция	3 д	28 д	3 д	28 д
1,95	26,70	160	280	5,5	9,0	23,6	48,8

2.2 Экспериментальный план

В этом эксперименте размер образца тяжёлого бетона составляет $100 \times 100 \times 400$ мм и $100 \times 100 \times 100$ мм. Условия отверждения: 28 дней, $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ влажность $90\% \pm 5\%$. Дозировка материала: Р·О 42,5. Специальный цемент $400 \text{ кг/м}^3 - 3,5 \text{ кг}$ мелкий песок $730 \text{ кг/м}^3 - 7,1 \text{ кг}$, крупный заполнитель $1100 \text{ кг/м}^3 - 11,0 \text{ кг}$, вода $180 \text{ л/м}^3 - 1,8 \text{ л}$, водоцементное отношение 0,5, кокосовое волокно $50 \text{ кг/м}^3 - 0,4 \text{ кг}$ (2 %). Методы смешивания: для смешивания кокосового волокна и заливки образцов бетона из кокосового волокна использовалось сухое и мокрое смешивание.

В моделируемом эксперименте по изгибу и сжатию балки используются шарниры с двумя концами (расстояние 300 мм), и с каждой стороны действует сосредоточенная сила нагрузки (расстояние 100 мм) с положением испытательного блока 200 мм в качестве центра (рис. 1). Модель колонны сжатая, размеры верхнего и нижнего сжатия 100×100 , площадь сжатия $10\,000 \text{ м}^2$. Поверхность сжатия не покрыта смазкой. Диаграмма силового анализа колонны показана на рисунке 2.

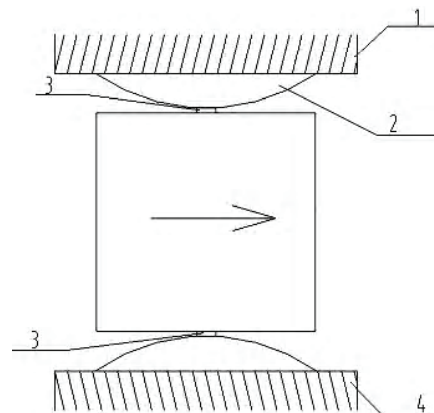
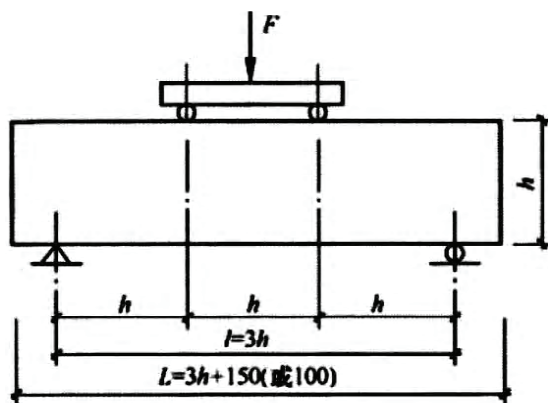


Рисунок 1 – Диаграмма расчёта усилий образца балки. Рисунок 2 – Диаграмма расчёта сил образца колонны.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ И АНАЛИЗ

3.1 Экспериментальный сравнительный анализ способов смешивания бетона

Испытание на моделирование балки проводилось на образцах бетона, армированного кокосовым волокном, при мокром и сухом смешивании соответственно. Размер образцов – $40 \times 40 \times 160$ мм. Данные испытаний представлены в таблице 4.

Сравнение экспериментальных данных показывает, что сухое смешивание на 6,8 % лучше, чем мокрое. На поперечном сечении видно, что мокрое перемешивание приводит к неравномерному распределению и агрегации кокосовых волокон (рис. 3), что может привести к ухудшению качества материала, может серьёзно повлиять на безопасность проекта. Поэтому для повышения прочности фибробетона следует использовать сухое смешивание с кокосовых волокон. Участок сжатия образца из сухой смеси показан на (рис. 4).

Таблица 4 – Данные прочности на сжатие образцов при различных способах смешивания

Метод смешивания	Прочность на сжатие, МПа	Среднее значение
Сухая смесь	4,87	5,59
	5,3	
	6,62	
Мокрое смешивание	5,52	5,21
	5,2	
	4,91	



Рисунок 3 – Участок сжатия образца, в котором волокна перемешаны во влажном состоянии.



Рисунок 4 – Участок сжатия образца, в котором волокна перемешаны сухим способом.

3.2 Сравнительный анализ прочности на изгиб имитационных балок, армированных кокосовым волокном

Маджид Али, Навави Чоу [10] провели испытания на растяжение каната из кокосового волокна, уложенного в бетон, с учётом таких факторов, как длина заделанного каната из кокосового волокна, диаметр каната, условия предварительной обработки, соотношение бетонной смеси, содержание волокна и удлинение каната из кокосового волокна. Исследования учёных показали, что канат из кокосового волокна может быть строительным компонентом для железобетона (CFRC). Также он может встраивается в фундамент и верхние анкерные балки. Его прочность на растяжение по отношению к бетону важна для общей устойчивости предлагаемой конструкции и может повысить характеристики осевого отрыва и способность бетона к растяжению.

С помощью прецизионного анализатора прочности на изгиб КБЛС-300 были проведены испытания на изгиб обычного бетона и кокосового фибробетона размерами 100×100×400 мм. С помощью стандартной формулы расчёта прочности на изгиб GB/T50081-2019 мы получили данные физических и механических свойств бетона (1-1-1), которые отражены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты испытаний на изгиб смоделированных образцов балки 100×100×400 мм

Результаты испытаний балки на изгиб в течение 28 дней для образцов из обычного бетона					
Количество	LC1	ЛК2	LC3	Сумма	Среднее значение
КН	11,503	15,140	15,278	41,921	13,974
МПА	3,451	4,542	4,583	12,576	4,192
Результаты 28-дневных испытаний на изгиб балок с кокосовым волокном					
Количество	LCF1	LCF2	LCF3	Сумма	Среднее значение
КН	14,429	16,533	16,556	47,518	15,839
МПА	4,329	4,96	4,967	14,256	4,752

$$f_f = \frac{Fl}{bh^2(1-1)}, \quad (1)$$

где f_f – прочность бетона на изгиб (МПа) с точностью до 0,01;
 F – разрушающая нагрузка образца (Н);
 L – пролёт между опорами (мм);
 h – высота сечения образца (мм);
 b – ширина сечения образца (мм).

Из приведённых выше данных испытаний и диаграммы испытаний (рис. 7) элементов балки на изгиб можно сделать вывод, что средняя прочность на изгиб испытываемого блока из бетона без кокосового волокна составляет 4,192 МПа. Когда элемент достигает максимальной несущей способности, он разрушается, так как трещины образуются снизу и быстро распространяются по поперечному сечению вверх. В то же время в двух сечениях (рис. 5) напряжение и деформация ($\sigma - \epsilon$) бетонного элемента имеет меньше предразрывных признаков, поэтому необходимо следить за тем, чтобы крупный заполнитель равномерно распределялся по излому (рис. 8). Средняя прочность на изгиб грунта, смешанного с кокосовым волокном, составляет 4,752 МПа. Когда компонент достигает максимальной несущей способности, трещина медленно распространяется от нижней части компонента к верхней части и вниз, и в это время компонент не разрушается. Две секции любой кокосовой стружки соединяются в поперечном сечении (рис. 6). В это время деформация меньше, чем деформация ($\sigma - \epsilon$), а разрушение бетонного элемента больше. После отказа элемент не сломался и все ещё может выдерживать небольшую нагрузку. Было замечено, что распределение крупного заполнителя в трещиноватом сечении было равномерным, как и распределение кокосового волокна (рис. 9). Таким образом, бетон с добавлением 2 % кокосового волокна эффективен для повышения прочности бетона и может использоваться в проектах «зелёного» строительства.



Рисунок 5 – Испытание на изгиб обычных железобетонных элементов балки.



Рисунок 6 – Испытание на изгиб бетонной балки, армированной кокосовым волокном.

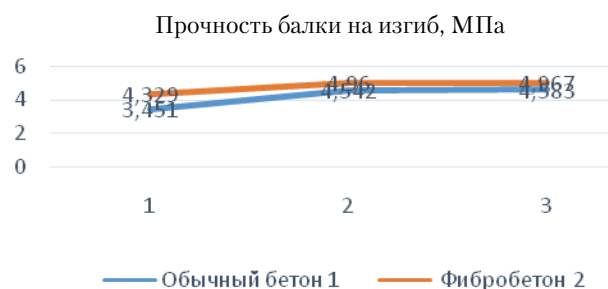


Рисунок 7 – Диаграмма смоделированных линий напряжения балки.

3.3 Сравнительный анализ прочности на сжатие имитационных колонн с кокосовым волокном

Бхупендра Кумар и др. [11] изучали воздействие на бетон путем добавления вместе волокон летучей золы и кокосового волокна для улучшения характеристик бетона. Эксперименты показывают, что замена цемента на 10 и 20 % добавлением летучей золы и добавлением 1,5; 2,0 % по весу кокосового волокна может улучшить удобоукладываемость и прочность бетона на сжатие, а также другие



Рисунок 8 – Поперечное сечение изгибаемого образца балки из обычного бетона.



Рисунок 9 – Поперечное сечение изгибаемого образца балки из бетона, армированного коксовым волокном.

свойства бетона. В этом эксперименте тестер прочности на сжатие DS2-1000N использовался для проведения испытания на сжатие моделируемой колонны (рис. 10) на обычном бетоне и бетоне с 2 % коксового волокна. Размер образца составлял 100×100×100 мм. Данные по прочности на сжатие полученных образцов приведены в таблице 6.

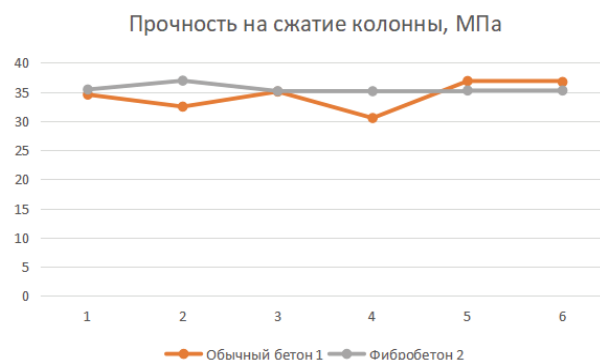


Рисунок 10 – Диаграмма силы сжатия моделируемого осевого центра колонны.

Таблица 6 – Результаты испытаний моделируемой колонны 100×100×100 мм

Результаты испытания образцов обычного бетона на осевое сжатие в течение 28 дней								
Количество	ZC1	ZC2	ZC3	ZC4	ZC5	ZC6	Сумма	Среднее значение
КН	345,384	324,739	350,563	305,218	368,72	367,045	2 061,669	343,612
МПа	34,538	32,474	35,056	30,522	36,872	36,705	206,167	34,361
Результаты 28-дневных испытаний на осевое сжатие образцов коксового фибробетона								
Количество	ZCF1	ZCF2	ZCF3	ZCF4	ZCF5	ZCF6	Сумма	Среднее значение
КН	354,125	369,338	369,34	351,205	352,467	352,47	2 149,316	358,219
МПа	35,412	36,934	35,141	35,12	35,247	35,247	216,404	36,067

На основе данных испытаний на осевое сжатие и в соответствии с «Правилами проектирования бетонных конструкций GB50010-2010» стандартное значение кубической прочности на сжатие $f_{cu,k}$ вычисляется по формуле (2-2-2).

$$f_{cu,k} = \mu_f - 1,645\sigma_{f(2-2-2)}, \quad (2)$$

где μ_f – средняя стоимость;
 σ_f – квадрат разницы.

Согласно данным испытаний в таблице 6, среднее значение предела прочности при сжатии бетонного блока без кокосового волокна составляет 343,612 кН. Среднее значение предела прочности при сжатии грунта, смешанного с кокосовым фибробетоном, составляет 358,219 кН. Стандартное значение сжатия блока: 30,64 Н/мм², стандартное значение сжатия куба из кокосового волокна: 35,21 Н/мм². Таким образом, осевое сжатие модели бетонной колонны с 2 % кокосового волокна намного выше, чем у обычного бетона, а стандартное значение сжатия увеличивается на 4,57 Н/мм². Это показывает, что добавление кокосового волокна положительно влияет на коэффициент сжатия бетона и его можно использовать в инженерном строительстве.

3.4 Сравнительный анализ испытаний на модуль упругости бетона с кокосовым волокном

Кривая $\sigma - \epsilon$ бетона является важным аспектом физико-механических свойств бетона и незаменимой основой для определения модуля упругости бетона. При расчёте напряжения сечения и деформации бетонных элементов, напряжения предварительного сжатия предварительно напряжённых железобетонных элементов и внутренней силы, вызванной осадкой опор из-за изменения температуры, необходимо использовать расчёт модуля упругости бетона. В общем, $\sigma - \epsilon$ кривая сжатого бетона нелинейна, и связь между напряжением и деформацией не всегда известна, что приводит к проблеме значения «модуля». Но его коэффициент устойчивости нелегко получить из экспериментов.

Амит Рай и др. [12] описали, что добавление фибры помогает улучшить пластичность бетона и его несущую способность после образования трещин. Он также обнаружил, что армирование бетона волокном является наиболее важным фактором его прочности на изгиб. Поэтому, согласно «Стандарту GB/T 50081-2019 для методов испытаний физических и механических свойств бетона», значение модуля упругости E_c определяется следующим образом: при использовании призматических образцов верхний предел напряжения составляет 0,5 и многократное нагружение 5–10 раз в связи с пластичностью бетона. Благодаря пластическим свойствам бетона при разгрузке каждый раз возникает остаточная деформация, но при повторном нагружении остаточная деформация постепенно уменьшается. Наклон соединительной линии от начала координат до соответствующей точки кривой представляет собой модуль упругости бетона. Согласно статистическому анализу экспериментальных значений модуля упругости бетонов разных марок по прочности, эмпирическая зависимость между E_c и f_{cu} составляет формулу:

$$E_c = \frac{10^5}{2,2 + \frac{34,7}{f_{cu}}}$$

Модуль упругости бетона рассчитан в таблице 7.

Таблица 7 – Значения модуля упругости бетона с кокосовым волокном

Модуль упругости при сжатии бетонного блока E_c								
Модуль упругости при сжатии обычных бетонных колонн								
Количество	ZCF1	ZCF2	ZCF3	ZCF4	ZCF5	ZCF6	Сумма	Среднее значение
f_{cu} МПа	34,538	32,474	35,056	30,522	36,872	36,705	206,167	34,361
E_c 10 ⁴ Н/мм ²	3,120	3,059	3,135	3,00	3,184	3,180	18,678	3,113
Модуль упругости при сжатии колонн из кокосового волокна								
Количество	ZCF1	ZCF2	ZCF3	ZCF4	ZCF5	ZCF6	Сумма	Среднее значение
f_{cu} МПа	35,412	36,934	35,141	35,12	35,247	35,247	216,404	36,067
E_c 10 ⁴ Н/мм ²	3,145	3,185	3,137	3,137	3,140	3,140	18,884	3,147

Как видно из таблицы 7, модуль упругости бетона с 2 % кокосового волокна увеличивается на 0,034 МПа по сравнению с обычным бетоном. Таким образом, добавление кокосового волокна мало влияет на модуль упругости бетона, но использовать его в бетоне можно.

Проведённые испытания показали, что в определённых случаях для повышения прочности бетона, вместо стали марки HRB400, можно использовать кокосовое волокно. Это даёт экономию около 20 долларов США на м³ и значительно уменьшает строительные затраты.

4. ВЫВОДЫ

Кокосовое волокно, которое способно выдерживать определённую силовую нагрузку, можно использовать как экологически чистый композит фибробетона. Такой фибробетон будет не только соответствовать механическим требованиям к стройматериалам, предъявляемым при проектировании конкретных зданий, но и экономически эффективным.

Проведённые с помощью testXpert испытания показали, что при добавлении в бетон растительных волокон лучшим методом смешивания является сухое смешивание. Оно способствует равномерному рассеиванию волокон и предотвращает их агломерацию, что в определённой степени увеличивает прочность бетона.

2 % кокосового волокна повышают среднюю прочность бетонных балок на изгиб на 0,56 МПа. При испытании на изгиб, когда образец, имитирующий балку, достигает максимальной несущей способности, трещина медленно распространяется от нижней части элемента к верхней, и разрушение происходит не сразу. Медленное разрушение конструкции может дать людям время для спасения при стихийных бедствиях, например землетрясениях.

Экспериментальные данные показывают, что прочность образца на сжатие после добавления 2 % кокосового волокна может быть увеличена на 5 % = 17,068 кН. Нормативное значение прочности на сжатие в смеси с кокосовым волокном соответствует нормативному значению прочности C55. Это на 2 балла выше расчётного класса прочности C45.

Добавление в бетон 2 % кокосового волокна повышает прочность бетона на изгиб и осевое сжатие, увеличивает модуль упругости бетона на 1,09 %, повышает предельную несущую способность материала. При этом двухпроцентной добавки кокосового волокна недостаточно, чтобы улучшить предельную нагрузку в конце упругой деформации и эффективно препятствовать образованию трещин.

Изучение свойств фибробетонов с растительными волокнами является перспективным научным направлением и требует дальнейших исследований как с учетом «зелёных» технологий, так и экономического эффекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wang, J. Wei. Effect of alkali treatment on the morphological structure of coconut fiber / J. Wei Wang, Gu. Huang. – Текст : непосредственный // Shanghai Textile Science and Technology. – 2008. – Volume 36(10). – P. 20–22. – DOI: 10.16549/j.cnki.issn.1001-2044.2008.10.007.
2. Coir-Cement Composite Materials / P. M. Katkar, C. A. Patil, P. A. Khude [et al.]. – Текст : электронный // International Textile Review. – 2013. – Volume 41(02), issue 56. – P. 58–59. – URL: https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?dbcode=CJFD&dbname=CJFD2013&filename=GFZB201302026&uniplatform=NZ-KPT&v=BJz8XTGNVa_pVU3w5_pp6qAo7cHaw3usjwi2s7EuXT3xJKwEb47C7Q8nVLacZzzh (дата обращения: 04.04.2022).
3. Lertwattanakul, P. Properties of natural fiber cement materials containing coconut coir and oil palm fibers for residential building applications / P. Lertwattanakul, A. Suntijitto. – Текст : непосредственный // Construction and Building Materials. – 2015. – Volume 94. – P. 664–669. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.07.154> (дата обращения: 04.04.2022).
4. Pardeshi, S. Studies on fiber-concrete composite / S. Pardeshi, M. Y. Gudiyawar, P. M. Katkar // Technische Textilien. – 2013. – Volume 56, issue 4. – P. E189–E191. – 3 p. – URL: <https://web.p.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jml=03233243&AN=90420638&h=dBXeGdpRYBbUWCU3xPK12-QntrpXm0FWfJKb9hemzn5KQgPxGinDBIyqF9ybTobPVtLEQ3UEVw1L0UbAMtB%2bXDA%3d%3d-&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLocal=ErrCrlnotAuth&crlhashurl=login.aspx%3fdirect%3dtrue%26profile%3dehost%26scope%3dsite%26authtype%3dcrawler%26jml%3d03233243%26AN%3d90420638> (дата обращения: 04.04.2022).
5. International Year of Natural Fibers 2009. – Текст : электронный // Food and Agriculture Organization of the United Nations : [сайт]. – 2009. – URL: www.naturalfibers2009.org (дата обращения: 04.04.2022).
6. Mechanical and dynamic properties of coconut fiber reinforced concrete / Ali Majid, Liu Anthony, Sou Hou, and Nawawi Chouw // Construction and Building Materials. – 2012. – Volume 30. – P. 814–825. – URL: <https://daneshyari.com/article/preview/258585.pdf> (дата обращения: 02.04.2022).
7. Reinforcing Mechanisms of Coir Fibers in Light-Weight Aggregate Concrete / X. Zhang, L. Pel, F. Gauvin [et al.]. – Текст : электронный // Materials. – 2021. – Volume 14(3), issue 699. – URL: <https://doi.org/10.3390/ma14030699> (дата обращения: 10.04.2022).
8. Shikha, Rajan Evaluation of Compressive Strength of Concrete Using Coconut Coir Fiber / Rajan Shikha, A. K. Saxena, A. K. Jha // International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology. – 2015. – Volume 3. – P. 313–317. – URL: <https://1library.net/document/zke0lxez-evaluation-compressive-strength-concrete-using-coconut-coir-fibre.html> (дата обращения: 10.04.2022).

9. Enhancement of properties of concrete using natural fibers / N. K. Krishna, M. Prasanth, R. Gowtham [et al.]. – Текст : электронный // Materials Today: Proceedings. – 2018. – Volume 5(11). – P. 23816–23823. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.10.173> (дата обращения: 10.04.2022).
10. Ali, M. Experimental investigations on coconut-fibre rope tensile strength and pullout from coconut fibre reinforced concrete / M. Ali, N. Chouh. – Текст : электронный // Construction and Building Materials. – 2013. – Volume 41. – P. 681–690. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.12.052> (дата обращения: 12.04.2022).
11. Bhupendra, Kumar. Effect of Coconut Fiber and Fly Ash on Concrete / Kumar Bhupendra, Dr. Amit Viswakarma, Dr. S. S. Kuswah. – Текст : электронный // International Journal of Science Technology & Engineering. – 2015. – Volume 2. – P. 127–133. – URL: <http://www.ijste.org/articles/IJSTE213038.pdf> (дата обращения: 11.04.2022).
12. Amit, Rai Applications and properties of fiber reinforced concrete / Amit Rai, Dr. Y. P. Joshi. – Текст : электронный // International Journal of Engineering Research and Applications. – 2014. – Volume 4. – P. 123–131. – URL: https://www.academia.edu/7676360/Applications_and_Properties_of_F (дата обращения: 12.04.2022).

Получена 05.04.2022

ВАН СЯНЬПЕН, С. М. ЛЕОНОВИЧ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ПЕРЕРОБЛЕНОГО БЕТОНУ З 2 % КОКОСОВОГО ВОЛОКНА

Білоруський національний технічний університет, м. Мінськ, Білорусь

Анотація. Створення нових будівельних матеріалів потребує серйозних досліджень фібробетонів, що включають до свого складу відновлювані та екологічно чисті рослинні волокна: бамбукове, сизалеве, солом'яне, кокосове та ін. Ці дослідження активно ведуться із середини 20 століття. Вчені встановили, що механічні характеристики фібробетону, у тому числі міцність на вигин та стиснення, термостійкість і тріщиностійкість, залежать від властивостей самих волокон та від їх кількості у складі бетону. У статті аналізуються дані випробувань бетону із додаванням кокосового волокна. Результати показали, що 2 % кокосової фібри підвищує міцність бетону на вигин, осьове стиснення та тріщиностійкість. За своїми механічними характеристиками такий фібробетон відповідає вимогам, що висуваються певним типам бетону, і може бути використаний як «зелений» будматеріал.

Ключові слова: бетон, кокосове волокно, міцність на вигин, міцність на стиск, тріщиностійкість.

WANG XIANPENG, SERGEY LEONOVICH EXPERIMENTAL STUDY ON STRENGTH OF 2 % COIR FIBER RECYCLED CONCRETE

Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

Abstract. The creation of new building materials requires serious research on fiber-reinforced concrete, which includes renewable and environmentally friendly plant fibers: bamboo, sisal, straw, coconut, etc. These studies have been actively conducted since the middle of the 20th century. Scientists have found that the mechanical characteristics of fiber-reinforced concrete, including flexural and compressive strength, heat resistance and crack resistance, depend on the properties of the fibers themselves and on their amount in the concrete composition. The article analyzes test data for concrete with the addition of coconut fiber. The results showed that 2 % coconut fiber increased the concrete's flexural strength, axial compression, and crack resistance. According to its mechanical characteristics, such fiber-reinforced concrete meets the requirements for certain types of concrete, and can be used as a «green» building material.

Key words: concrete, coconut fiber, bending strength, compressive strength, crack resistance.

Ван Сяньпэн – аспирант кафедры строительных материалов и технологии строительства Белорусского национального технического университета, г. Минск, Беларусь. Научные интересы: «зелёные» технологии в строительстве, бетоны с экологически чистой неметаллической фиброй.

Леонович Сергей Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры строительных материалов и технологии строительства, декан строительного факультета Белорусского национального технического университета, г. Минск, Беларусь. Иностранный академик Российской академии архитектуры и строительных наук, лауреат персональной надбавки Президента Республики Беларусь «За выдающийся вклад в социально-экономическое развитие государства» (дважды: в 2005 и 2009 гг.), сопредседатель рабочей группы Технического комитета Международного союза лабораторий и экспертов в области строительных материалов, систем и конструкций (РИЛЕМ), заместитель председателя научного совета Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН). Научные интересы: строительные конструкции, здания и сооружения; строительные материалы и изделия.

Ван Сяньпен – аспірант кафедри будівельних матеріалів та технології будівництва Білоруського національного технічного університету, м. Мінськ, Білорусь. Наукові інтереси: «зелені» технології у будівництві, бетони з екологічно чистою неметалевою фіброю.

Леонович Сергій Миколайович – доктор технічних наук, професор кафедри будівельних матеріалів та технології будівництва, декан будівельного факультету Білоруського національного технічного університету, м. Мінськ, Білорусь. Іноземний академік Російської академії архітектури та будівельних наук, лауреат персональної надбавки Президента Республіки Білорусь «За визначний внесок у соціально-економічний розвиток держави» (двічі: у 2005 та 2009 рр.), співголова робочої групи Технічного комітету Міжнародного союзу лабораторій та експертів у галузі будівельних матеріалів, систем та конструкцій (PILEM), заступник голови наукової ради Російської академії архітектури та будівельних наук (РААСН). Наукові інтереси: будівельні конструкції, будівлі та споруди; будівельні матеріали та вироби.

Wang Xianpeng – post-graduate student, Building Materials and Construction Technology Department, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus. Scientific interests: «green» technologies in construction, concrete with environmentally friendly non-metallic fiber.

Leonovich Sergey – D. Sc. (Eng.), Professor, Building Materials and Construction Technology Department; Dean of Civil Engineering Faculty of the Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus. Foreign academician of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences, laureate of the personal allowance of the President of the Republic of Belarus «For outstanding contribution to the socio-economic development of the state» (twice: in 2005 and 2009), co-chairman of the working group of the Technical Committee International Union of Laboratories and Experts in the Field of Building Materials, Systems and Structures (RILEM), Deputy Chairman of the Scientific Council of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences (RAASN). Scientific interests: building structures, buildings and structures; building materials and products.

УДК 725.4(69.059.73)

А. Э. СТУПИНА

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРАКТИКА АРХИТЕКТУРНОГО ФОРМИРОВАНИЯ
ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА БАЗЕ НЕДЕЙСТВУЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ УГОЛЬНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Аннотация. Проблема реорганизации действующих угольных предприятий всегда была актуальной и необходимой. Исторические промышленные здания часто представляют интерес как объекты историко-культурного наследия, и в этом случае изменения требуют особого контроля со стороны муниципальных властей и учета общего мнения населения. Включение отраслей в планировочную структуру европейских городов активно обсуждается с 1970-х гг. XX в. В этот период формируются новые урбанистические подходы, и в контексте общего развития городских центров начинается развитие деградирующих зон на окраинах портов, железных дорог, фабрик и заводов. В статье автор рассматривает современные мировые тенденции реорганизации производств на примере угольных шахт, ставших популярными направлениями социальной и культурной жизни после приспособления к новой функции. Этот положительный опыт можно адаптировать к особенностям отечественного градостроительства и учесть при разработке подобных проектов.

Ключевые слова: строительные материалы, угольная промышленность, реорганизация.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В структуре развивающегося современного города в последние годы проблема реорганизации промышленных территорий является особенно актуальной. Целесообразность реорганизации, внедрения альтернативных функций обуславливают социальные, экономические, психологические, исторические и эстетические факторы. Многие промышленные предприятия переносятся из центра города на окраины района. Если от промышленного использования территории отказываются, то это направлено на снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Сегодня использование внутренних территорий, архитектурно-пространственная и функциональная организация которых не соответствует их градостроительному значению и потенциалу, обычно не предполагает реорганизацию и восстановление предприятий. Поэтому одним из вариантов использования площади является полный снос существующего объекта и строительство нового комплекса с нуля. Однако, если проводить снос сооружений, зачистку территории и так далее, то затраты значительно возрастают. Кроме того, во многих случаях промышленные здания являются памятниками архитектуры и охраняются государством. Именно поэтому в этой статье рассмотрены международные примеры различных вариантов трансформации промышленных зон и их объектов путем сохранения и изменения функции зданий.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В качестве теоретической и информационной базы использовались научные труды, отражающие различные аспекты поставленной задачи. Их условно можно разделить на следующие основные группы:

– по проблемам депрессивных территорий и особенностям современного этапа развития угледобывающих регионов занимались такие ученые, как: Б. А. Алексеева, Ю. М. Белоконов, Д. И. Богорада,

Г. В. Былова, А. В. Вергелис, Г. С. Гольд, А. Е. Емельянова, Т. В. Корчагина, Э. Г. Косых, М. Я. Ксенович, В. Л. Куперштох, М. М. Кушниренко, И. М. Лобов, Г. И. Немченко, В. Л. Рыбак, И. Ш. Пенс, И. В. Петрова, Л. Д. Плакиткина, Р. В. Сидоров, И. В. Смирнягина, И. О. Фомина, В. Я. Шахматова, J. Jagosz, W. O. Henderson, M. L. Daumas, J. Chang, O. Ashmore, D. Alderton и др.;

– в области изучения тенденций развития городов Донецкого угольного бассейна в свете их функционально-планировочной организации и реконструкции можно отметить труды Ю. Н. Белокося, Х. А. Бенаи, А. В. Вергелеса, Е. А. Гайворонского, В. П. Ивлева, И. М. Лобова, А. И. Панишко, М. С. Пашкевич, Г. Г. Пивняк, Н. В. Шолуха и др.;

– особенности архитектурно-планировочной организации промышленной архитектуры и городской среды Донецкой агломерации исследованы в работах ученых Е. А. Гайворонского, В. В. Гранева, О. В. Грицай, Н. Н. Кима, И. М. Лобова, В. Е. Лукьяновой, Е. С. Матвеевой, О. П. Метляевой, А. П. Осытнянко, А. В. Попова, О. В. Рыгалова, Н. В. Шолуха и др.;

– принципы и приемы архитектурно-планировочных решений при реновации промышленных объектов освещали такие ученые: Н. М. Болотовой, И. К. Быстрыкова, Н. Н. Ким, Н. Н. Кушниренко, А. Д. Любарова, Я. Д. Холмянский, А. А. Яковлева, E. Casella, N. Cossons, T. K. Derry, Douglas C. McVarish, K. Hudson, William R. Jones, P. Neaverson, M. Palmeret. al., M. Stratton, B. Trinder.

ЦЕЛИ

Анализ мирового опыта архитектурного формирования предприятий по производству строительных материалов на базе недействующих предприятий угольной промышленности.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Согласно положению о разработке территориального планирования Министерства строительства и ЖКХ Донецкой Народной Республики «Генеральная схема развития территории Донецкой Народной Республики на период 2019–2039 гг.» формирование предприятий по производству строительных материалов на базе недействующих предприятий угольной промышленности является актуальной темой. В положении о территориальном планировании указывается, что развитие экономики «требует создания системной программы эффективного использования имеющихся ресурсов. Комплексный, системный подход к развитию территории должен определить стратегию её устойчивого развития, что в дальнейшем создаст благоприятные, осмысленные условия восстановления народного хозяйства Республики, улучшит экологическое состояние региона, а также обеспечит безопасные условия жизнедеятельности человека и рациональное использование природных ресурсов» [4].

В современных социально-экономических условиях необходимость производства строительных материалов в Донецкой Народной Республике приобрела чрезвычайно важное значение. В сложившейся на сегодняшний день геополитической обстановке на территории региона по сравнению с 2013 г. общее количество предприятий по производству строительных материалов сократилось в 2 раза. Большим потенциалом для решения проблемы развития данной сферы имеет использование местного вторичного техногенного сырья, в том числе породных и шлаковых отвалов, отходов углеобогащения и других.

Решению проблемы развития индустрии производства строительных материалов будет способствовать создание на территории Донецкой Народной Республики сети промышленных предприятий по их производству с использованием территорий и остаточного производственно-технологического комплекса недействующих угольных шахт, а также их обслуживающей инфраструктуры.

Далее рассмотрим международные примеры различных вариантов преобразования промышленных территорий и их объектов с сохранением зданий и изменением функции.

В Западной и Центральной Европе из-за высокой плотности населения и уровня урбанизации бывшие поля большей частью превращаются в парки или сельскохозяйственные угодья. Часть земли застраивается вместе с жилыми домами и торговыми центрами. В Германии государственные лесничества десятилетиями высаживают леса в Рудных горах на границе с Чехией на месте бывших бурых и угольных шахт. В результате богатый историческими объектами регион стал еще популярнее у туристов: местные горные хребты стали горнолыжными курортами, а исторические памятники, связанные с развитием горнодобывающей промышленности, включены в список Всемирного наследия ЮНЕСКО. Затопленные угольные шахты в Британии собираются реорганизовать в геотермальные электростанции [10].

Представители Еврокомиссии планируют осуществить энергетический переход от добычи угля к возобновляемым источникам энергии, так в долине Жиу в Румынии, где горные работы из года в год останавливаются из-за нерентабельности и нарушений природоохранного законодательства и требований безопасности. Культурное наследие промышленной истории региона должно стать основой будущих музейных экспозиций. Вопрос реорганизации заброшенных шахт в Северной Америке поднимается на государственном уровне. В долине реки Нью-Ривер в американском штате Западная Вирджиния построен национальный парк. В 19 веке здесь были угольные шахты и шахтерские городки [10]. Сейчас ландшафт на их месте постепенно восстанавливается: как естественным путем и за счет роста виноградников, так и искусственно, за счет организованных лесных насаждений.

Одной из инициатив последних лет является китайский опыт разработки и рекультивации бывшей известняковой шахты в Нанкине, провинция Цзянсу, Китай. Часть поля была заболочена, но здания старых цементных заводов сохранились. Задача чиновников, архитекторов, экологов состояла в том, чтобы восстановить природу, превратить приостановленные предприятия в современные объекты инфраструктуры. В 2018 году правительство провинции Цзянсу приняло решение построить огромный садово-парковый комплекс на территории бывшего горнодобывающего района. Строительные работы в бывшем руднике ведутся уже более двух лет. При этом обязательным условием было сохранение архитектурного облика промышленных предприятий. Бывшие помещения цементного завода превращены в музей, а карьер превратился в зрительный зал.

Приведем несколько конкретных примеров реорганизации шахты в общественные и другие функции.

Реновация шахты «Цольферайн Эссен» в области Рур, Германия. Проект реализован под эгидой ЮНЕСКО в рамках Программы сохранения всемирного наследия. В рамках программы большая часть надшахтных построек Цольферайн были сохранены и перестроены под общественные, культурные и выставочные объекты. Цеха были соединены эскалаторами и лифтами. На дорогах для экскурсий и туристов уложена тротуарная плитка, восстановлен первоначальный вид фасадов зданий и сооружений, а интерьер привели в надлежащий порядок для проведения экскурсий и посещения туристами [7]. На территории бывшего горнодобывающего комплекса есть кафе, бассейн, открытые концертные площадки и залы. Выполнена эффектная подсветка построек, сохранивших индустриальный стиль архитектуры 19 века.

Технологический парк Ротерем, Англия. В середине 2000-х годов на территории одной из заброшенных шахт города открыли Advanced Manufacturing Park (AMP) площадью 150 акров (61 га). Запуск этого проекта стал одним из элементов реформирования экономики бывшего горнодобывающего региона [9]. В Технопарке Ротерхэма появились исследовательские офисы таких корпораций, как Boeing и Rolls-Royce.

Тематический музей на закрытой угольной шахте и рыбная ферма «Minaqua» в Бекли, Западная Вирджиния, США. В городе на месте одной из закрытых шахт находится известный в стране тематический музей. Бекли также является первым городом в США, принявшим инновационный метод развития одного из популярных бизнесов, рыбной фермы Minaqua. Его создал бывший шахтер Эдсел Редден на месте одной из закрытых шахт. Офис губернатора Западной Вирджинии в 1990-х годах подсчитал, что заброшенные шахты в регионе производили 20 000 галлонов воды, которая никак не используется. Эксперты из Университета Западной Вирджинии дали рекомендации по правильному ее очищению. Эдсел Редден решил воспользоваться случаем и заселил эти затопленные участки первой партией рыб [9].

Американская биотехнологическая компания Prairie Plant Systems, США. Prairie Plant Systems – биофармацевтическая и сельскохозяйственная исследовательская компания. Эта лаборатория уже несколько лет находится в одной из закрытых шахт Мичигана. Компании пришлось обосноваться в бывшем горнодобывающем предприятии по нескольким причинам. Во-первых, в этом районе дешевая аренда. Во-вторых, после закрытия шахты вся ее внутренняя инфраструктура была сохранена [9]. Например, система электроснабжения с мощностью, достаточной для правильной работы всех узлов и элементов лаборатории. А климатическая система шахты практически идеально подходила для поддержания заданной температуры и влажности в экспериментальных полях компании.

Что касается России, то в первые опыты по вторичному использованию земель, пострадавших от добычи полезных ископаемых, были известны еще до революции: в 1912 году места добычи торфа во Владимирской губернии пытались превратить в сельскохозяйственные угодья. В советское время был проведен ряд исследований по восстановлению территорий в европейской части страны. Такие работы велись в Донбассе и на Крайнем Севере с 1950-х годов. Один из первых успешных советских

опытов по рекультивации заброшенных месторождений относится к 1950-м годам. Парк культуры и отдыха в Партизанске Приморского края открылся в 1952 году на месте заброшенной шахты и стал известной зоной отдыха жителей города.

Хотя в СССР в 1970-е годы было опубликовано много работ по рекультивации земель, в конце 1980-х и до второй половины 1990-х годов в этой области наступило затишье. Сейчас один из крупнейших проектов по реабилитации заброшенных месторождений в России реализуется на площадке выработанного Восточного карьера на горе Магнитной в Челябинской области, где запланирована зеленая зона. Железную руду здесь добывали в 1946-2006 гг. За эти 60 лет на месте бывшего рудного холма образовалась «котловина», общей площадью около 160 га.

Работы на Восточном карьере начались в 2018 году. Первым шагом стало строительство инфраструктуры: со дна карьера была откачана вода, проложены линии электропередач и железнодорожные пути. Далее туда провели автомобильную дорогу. Развитая транспортная сеть необходима для начала как технической, так и биологической рекультивации. Первоначально материалы для работ планируется возить по новой железной дороге, а в дальнейшем карьер будет засыпан черноземом для посадки травы. Всего на работу отведено 10 лет [9].

ВЫВОДЫ

Превращение промышленных предприятий в современные лофты, благоустройство территории, развитие туристического потенциала бывших промышленных регионов – тенденция уже нескольких десятилетий. Однако с учетом как экономических, так и экологических факторов важно, чтобы предприятия не закрывались хаотично, чтобы действия инвесторов и чиновников не приводили к росту безработицы или дополнительному ущербу окружающей среде. Чем больше положительных примеров рекультивации земель в разных уголках мира, тем больше вероятность увеличения инвестиций в зеленые технологии и совершенствования законодательной базы в этой сфере.

В основном в мировой практике, освещен опыт реорганизации недействующих угольных предприятий реорганизованы в общественные и культурно-досуговые центры, что не всегда выгодно с экономической точки зрения.

Скорее всего, опыта реорганизации промышленных объектов в промышленные, но со сменой функции производства, не находим в мировой практике.

Касаемо Донецкой Народной Республики, экономически невыгодно все шахты реорганизовывать в музеи, но выгодно на готовой недействующей промышленной зоне создать экономически рентабельную новую промышленную зону, т. к. недействующие промышленные предприятия и их комплексы – это здания с большим потенциалом: высокий запас мощности несущих конструкций, удобное размещение в структуре города, обеспечение всеми видами инженерных коммуникаций, транспортная доступность.

Такое решение не только удешевляет создание предприятия, что актуально для нашего региона, но и помогает устранить еще одну очень важную проблему – истощение угледобывающих предприятий. Это связано с тем, что в структуру затрат на строительство нового предприятия входит около 65...70 % стоимости оборудования, площадей для его размещения, инженерной инфраструктуры, энергообеспечения, а это может быть полностью обеспечено элементами вторичного использования недействующего угольного предприятия. Например, может быть использована подготовленная промышленная площадка, огороженная территория шахты, уже подведены к шахте воздушные и кабельные линии электропередач, идущие из разных источников и проложенные по разным трассам, санитарно-защитная зона может использоваться для обеспечения безопасности и комфортного пребывания на территории производственно-жилого образования.

Архитектурно-планировочная организация территории производственно-жилого образования и благоустройство прилегающих защитных и контактно-стыковых зон, укрепит градостроительную основу и окажет положительное влияние на социально-психологические условия жизни населения. Поддержание нарушенной территории недействующего угольного предприятия в безаварийном состоянии, снижение факторов гидродинамической нагрузки на прилегающие подтапливаемые жилые территории, снижение класса вредности предприятия улучшит состояние архитектурной среды города.

Такое направление реорганизации недействующего угольного предприятия будет также способствовать решению ряда социально-экономических проблем депрессивного угледобывающего региона (в частности Донбасса). К ним относятся повышение его статуса, создание условий для экономического развития, появление рабочих мест.

Сопоставление приведенных фактов показывает перспективность идеи создания производственно-жилых образований на базе недействующих угольных предприятий. Это направление реорганизации сочетает в себе снижение затрат на строительство новых актуальных производств и закрытие нерентабельных угледобывающих предприятий, превращение их в современное прибыльное предприятие. АБК недействующей шахты можно рассматривать в качестве жилья, а цеха – подготовленной промышленной площадки для создания разнообразного ряда производств. Это позволит значительно снизить затраты на создание новых производств и решить ряд социально-экономических проблем, связанных с закрытием в регионе недействующих угольных предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беккер, В. Я. Реорганизация производственных территорий / В. Я. Беккер, В. В. Карелина. – Текст : непосредственный // Архитектура и строительство Москвы : журнал комплекса архитектуры, строительства, развития и реконструкции города. – 2001. – № 5-6. – С. 47–49. – ISSN 0039-2421.
2. Бондарчук, В. В. Актуальность реновации недействующих угольных шахт на примере Донбасского региона / В. В. Бондарчук, И. К. Глушкина. – Текст : непосредственный // Сборник научных трудов ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ». – 2019. – № 15 (58). – С. 51–60. – ISSN 2077-1738.
3. Джерелей, Д. А. Архитектурно-планировочная организация центров хранения и обработки данных (на базе угольных шахт) : специальность 05.23.21 «Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Джерелей Дарья Александровна ; Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». – Макеевка, 2017. – 24 с. – Место защиты: ГОУ ВПО «ДОННАСА». – Текст : непосредственный.
4. Наумец, С. С. Основные аспекты формирования генеральной схемы развития территории Донецкой Народной Республики на период 2019–2039 гг. / С. С. Наумец, Л. В. Семченков. – Текст : непосредственный // Строитель Донбасса. – 2019. – № 1(6). – С. 4–11.
5. Пашкевич, М. С. Устойчивое развитие территорий отработанных угольных шахт / М. С. Пашкевич, Е. В. Волкова. – Текст : непосредственный // Економіка та держава. – 2012. – № 5. – С. 61–65. – ISSN 2306-6806.
6. Перькова, М. В. Пути решения проблем деградирующих территорий в г. Шебекино / М. В. Перькова, А. С. Заикина. – Текст : непосредственный // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2016. – № 6. – С. 58–63.
7. «Цольферайн» – самая красивая шахта в мире. – Текст : электронный // Редевелопер.ру : официальный сайт. – 2008. – URL: https://redeveloper.ru/redeveloperskie-proekty/realise_actual/tsolferayn-samaya-krasivaya-shakhta-v-mire/ (дата обращения: 12.04.2022).
8. Реновация промышленных территорий и объектов. – Текст : электронный // Архитектурная Графика: электронная библиотека для архитекторов, градостроителей и проектировщиков: официальный сайт. – 2008. – URL: http://arch-grafika.ru/publ/bez_kategorij/bez_kategorij/renovacija_promyshlennykh_territorij_i_obektov/12-1-0-69 (дата обращения: 12.04.2022).
9. Технологии вместо угля: что в разных странах мира возводят на месте закрытых шахт. – Текст : электронный // Delfi.ru : официальный сайт. – 2008. – URL: <https://rus.delfi.ee/statja/73533689/tehnologii-vmesto-uglya-chto-v-raznyh-stranah-mira-vozvodyat-na-meste-zakrytyh-shaht> (дата обращения: 12.04.2022).
10. Вторая жизнь заброшенных шахт и карьеров – парки, курорты, геотермальные электростанции. – Текст : электронный // Экосфера : официальный сайт. – 2022. – URL: <https://ecosphere.press/2021/06/10/vtoraya-zhizn-zabroshennyh-shaht-i-karero-v-parki-kurorty-geotermalnye-elektrostantsii/> (дата обращения: 12.04.2022).
11. Bravo, David. «G-mine» Cultural Square / Bravo, David. – Текст : электронный // Public Space : [сайт]. – 2002. – URL: <https://www.publicspace.org/en/web/guest/works/-/project/h091-c-mine-cultural-square> (дата обращения: 12.04.2022).

Получена 08.04.2022

А. Е. СТУПИНА

МІЖНАРОДНА ПРАКТИКА АРХІТЕКТУРНОГО ФОРМУВАННЯ
ПІДПРИЄМСТВ З ВИРОБНИЦТВА БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА БАЗІ
НЕДІЮЧИХ ПІДПРИЄМСТВ ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ
ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

Анотація. Проблема реорганізації недіючих промислових зон та їх комплексів завжди була актуальною та необхідною. Історичні промислові будівлі часто представляють інтерес як об'єкти історико-культурної спадщини, і в цьому випадку зміни вимагають особливого контролю з боку муніципальної влади та врахування загальної думки населення. Включення галузей у планувальну структуру європейських міст активно обговорюється з 1970-х років ХХ ст. У цей період формуються нові урбаністичні підходи, і в контексті загального розвитку міських центрів починається розвиток зон, що деградує, на околицях

портів, залізниць, фабрик і заводів. У статті автор розглядає сучасні світові тенденції реорганізації виробництва на прикладі вугільних шахт, які стали популярними напрямками соціального та культурного життя після пристосування до нової функції. Цей позитивний досвід можна адаптувати до особливостей вітчизняного містобудування та врахувати при розробці таких проектів.

Ключові слова: будівельні матеріали, вугільна промисловість, реорганізація.

ANGELINA STUPINA

INTERNATIONAL PRACTICE OF ARCHITECTURAL FORMATION OF
ENTERPRISES FOR THE PRODUCTION OF BUILDING MATERIALS ON THE
BASIS OF INACTIVE ENTERPRISES OF THE COAL INDUSTRY

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The problem of reorganization of inactive industrial zones and their complexes has always been relevant and necessary. Historic industrial buildings are often of interest as objects of historical and cultural heritage, and in this case, changes require special control by the municipal authorities and taking into account the general opinion of the population. The inclusion of industries in the planning structure of European cities has been actively discussed since the 1970s. 20th century. During this period, new urban approaches are being formed, and in the context of the general development of urban centers, the development of degrading zones begins on the outskirts of ports, railways, factories and factories. In the article, the author examines the current world trends in the reorganization of production on the example of coal mines, which have become popular areas of social and cultural life after adapting to a new function. This positive experience can be adapted to the peculiarities of domestic urban planning and taken into account when developing such projects.

Key words: building materials, coal industry, reorganization.

Ступина Ангелина Едуардовна – магістр архітектури; асистент кафедри градостроїтельства и ландшафтной архітектури ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие лофта в Донецко-Макеевской агломерации.

Ступіна Ангеліна Едуардівна – магістр архітектури; асистент кафедри містобудування та ландшафтно́ї архітектури ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток лофтів Донецько-Макіївської агломерації.

Stupina Angelina – Master (Architecture); Town-Planning and Landscape Architecture Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: loft development in Donetsk–Makeevka agglomeration.

УДК 691.168

В. В. ЯДЫКИНА^а, В. С. ХОЛОПОВ^б, О. А. МИХАЙЛОВА^а^а ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова», г. Белгород, Россия; ^б ООО «СЕЛЕНА»

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ БИТУМА, МОДИФИЦИРОВАННОГО ТЕМПЕРАТУРОПОНИЖАЮЩИМИ ДОБАВКАМИ

Аннотация. Применение теплых асфальтобетонных смесей является перспективным направлением в дорожном строительстве, дающим ряд экологических, экономических и технологических преимуществ. В настоящее время актуальной проблемой в связи с необходимостью замены импортной продукции является производство и внедрение отечественных энергоэффективных добавок для получения теплых асфальтобетонов. При оценке эффективности применения добавок в асфальтобетоне необходимо учитывать влияние добавок на свойства битумного вяжущего. В работе исследованы физико-химические свойства битумов, модифицированных температуропонижающими добавками ДАД-ТА, Evotherm и Sasobit. По результатам исследования проведен сравнительный анализ влияния добавок на характеристики вяжущего. Дана оценка эффективности применения исследуемой отечественной добавки в асфальтобетонных смесях.

Ключевые слова: битум, асфальтобетон, теплая асфальтобетонная смесь, адгезионная добавка, температуропонижающая добавка для асфальтобетона.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия активно развиваются исследования и внедрение в практику дорожного строительства теплых асфальтобетонных смесей, при производстве которых за счет использования вспененного битума или введения специальных добавок возможно снижение температуры приготовления на 20...40 °С. Это приводит к уменьшению потребления энергии и количества вредных выбросов, увеличению производительности АБЗ и дальности транспортировки смеси, продлению строительного сезона [1–5].

До недавнего времени в России для снижения температуры приготовления асфальтобетонной смеси были распространены импортные добавки, но в последние годы активно ведутся работы по получению отечественных энергоэффективных добавок. В ООО «Селена» совместно с БГТУ им. В. Г. Шухова разработаны добавки ДАД-ТА для снижения температуры приготовления и уплотнения асфальтобетонной смеси.

ДАД-ТА – адгезионная добавка катионного типа на основе полиаминов и имидазолинов. Представляет собой вязко-текучую жидкость от желтого до коричневого цвета.

Целью настоящей работы явилось изучение влияния химических добавок ДАД-ТАи Evotherm, а также известной температуропонижающей добавки Sasobit, содержащей воск, на основные физико-химические показатели битума БНД 70/100 и 100/130 (табл. 1–2).

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В процессе исследования нами проанализированы свойства битумов с введением рациональных концентраций добавок, установленных в предыдущих исследованиях.

Как видно из таблицы 1, практически все показатели битума с добавками соответствуют требованиям ГОСТ 33133-2019. Битум с добавкой Sasobit становится более вязким, обладает недостаточной растяжимостью при 0 °С. Глубина проникания иглы в битум при температуре 25 °С с добавкой Evotherm практически не изменилась, в то время как аналогичный показатель с добавкой ДАД-ТА несколько

Таблица 1 – Физико-химические показатели битума 70/100 с добавками

Наименование показателя	Требования ГОСТ 33133-2014	Битум без добавки	Sasobit (2 %)	Evotherm (0,33 %)	ДАД-ТА (0,4 %)
Глубина проникания иглы, 0,1 мм, при 25 °С при 0 °С	71–100 > 21	72 25	62 20	74 25	76 26
Растяжимость, см, при 25 °С при 0 °С	> 62 > 3,7	90 3,7	60 3,2	97 3,6	94 3,7
Температура размягчения по кольцу и шару, °С	> 47	48	50	47	47
Температура хрупкости, °С	не выше –18	–22	–20	–23	–23
Сцепление битума с эталонным мрамором	выдерживает	выдерживает	выдерживает	выдерживает	выдерживает

Таблица 2 – Физико-химические показатели битума БНД100/130 с добавками

Наименование показателя	Требования ГОСТ 33133-2014	Битум без добавки	Sasobit (2 %)	Evotherm (0,33 %)	ДАД-ТА (0,4 %)
Глубина проникания иглы, 0,1 мм, при 25 °С при 0 °С	101–130 > 30	113 31	100 25	120 28	125 29
Растяжимость, см, при 25 °С при 0 °С	> 70 > 4,0	110 5,0	90 3,5	115 4,5	120 5,2
Температура размягчения по кольцу и шару °С	> 45	47	55	46	46
Температура хрупкости, °С	не выше –20	–25	–21	–26	–26
Сцепление битума с эталонным мрамором	выдерживает	выдерживает	выдерживает	выдерживает	выдерживает

увеличился. Показатель растяжимости битумов при 0 °С с добавками Evoterm и ДАД-ТА мало отличается от показателя контрольного битума, а вот при 25 °С различия куда более существенны. Увеличение растяжимости при использовании добавок Evoterm и ДАД-ТА составило 4,4 и 7,8 % соответственно. Добавка Sasobit снижает этот показатель на треть. Температура размягчения по кольцу и шару у битумов с добавками Evoterm и ДАД-ТА практически не изменилась, а добавка Sasobit несколько увеличила температуру размягчения (на 4 %).

Исследуемые добавки оказали аналогичное влияние на битум БНД 100/130. Как и следовало ожидать, глубина проникания иглы у битума с добавкой ДАД-ТА и Evoterm увеличилась, в то время как добавка Sasobit снизила этот показатель (на 11,5 % при температуре 25 °С и на 19 % при 0 °С), что вполне закономерно исходя из её состава. Также добавка Sasobit негативно повлияла на растяжимость. Этот показатель снизился на 18 и 30 % (что уже выходит за рамки ГОСТа) при 25 °С и 0 °С соответственно. Добавка ДАД-ТА увеличивает растяжимость на 9 % при 25 °С и 4 % при 0 °С. Evoterm при 25 °С также приводит к увеличению показателя на 4,5 %, а при 0 °С снижает его на 10 %. В то же время на температуру размягчения добавки ДАД-ТА и Evoterm практически не влияют, а Sasobit наоборот увеличивает температуру размягчения битума на 17 %.

Согласно полученным данным, добавки ДАД-ТА и Evoterm увеличивают растяжимость битума и снижают его вязкость, что должно положительно отразиться на процессе приготовления смеси, т. е.

битум становится более подвижным, что улучшит смачивание минеральных материалов вяжущим. Установлено также, что добавки ДАД-ТА и Evotherm значительно не изменяют остальных физико-химических показателей и марку вяжущего.

Органическая добавка Sasobit, полученная на основе воска, заметно снизила пенетрацию и растяжимость и увеличила температуру размягчения битума, что может положительно отразиться на устойчивости асфальтобетона к пластическим деформациям.

Одной из основных причин разрушений и преждевременного выхода из строя дорожных покрытий, особенно под воздействием влаги, является слабое сцепление на поверхности раздела «битум – каменный материал». Причиной этого является отслоение битума и проникновение воды между битумной пленкой и поверхностью каменного материала.

В связи с тем, что добавка ДАД-ТА содержат в своем составе катионоактивные ПАВ, закономерно предположить, что она существенно улучшит адгезию битума к минеральному материалу, приведет к упрочнению структурных связей, что повысит прочность и водостойкость асфальтобетона.

В процессе испытаний на сцепление модифицированного битума с минеральным материалом использовался кварцевый песок.

Рассмотрим влияние добавки ДАД-ТА на сцепление модифицированного битума с минеральными материалами. В состав добавки входят имидазолины, их соли, а также другие азотосодержащие органические соединения, например амидоамины.

Имидазолины относятся к категории катионных поверхностно-активных веществ. Они имеют положительный заряд на имидазолиновом ядре, который сохраняется в кислой, нейтральной и щелочной среде. Химически имидазолины представляют собой пятичленный гетероцикл с двумя гетероатомами азота и являются сильными основаниями [6].

Способность к образованию катионов позволяет их солям сильно адсорбироваться на отрицательно заряженных поверхностях, при этом происходит превращение гидрофильных поверхностей в гидрофобные. Таким образом, за счет адсорбции положительно заряженной функциональной группы молекул азотосодержащих соединений ПАВ на поверхности кислых пород может быть обеспечено прочное прилипание пленки битума к минеральному материалу.

Исходя из изложенного, есть основание предполагать, что добавка ДАД-ТА окажет положительное влияние на сцепление модифицированного битума с минеральными материалами из кислых пород, к которым относятся щебень, отсев дробления, песок.

Влияние добавки ДАД-ТА на сцепление битума с поверхностью кварцевого песка определялось количественным методом (по адсорбции красителя метиленового голубого).

Из результатов, представленных в таблице 3 и на рисунке, видно, что битум, модифицированный добавкой ДАД-ТА, значительно увеличивает сцепление с каменным материалом, что должно позитивно отразиться на прочности и водостойкости асфальтобетона, а, следовательно, на долговечности покрытия автомобильной дороги.

Таблица 3 – Влияние добавки ДАД-ТА на сцепление битума с песком

Концентрация добавки ДАД-ТА, %				
Без добавки	0,3	0,4	0,6	1
Сцепление, %				
38	73	85	83	86



Концентрация добавки: 1 – 0 %; 2 – 0,3 %; 3 – 0,4 %; 4 – 0,6 %; 5 – 1,0 %.

Рисунок – Влияние добавки ДАД-ТА на сцепление битума БНД70/100 с песком.

ВЫВОДЫ

1. Добавка Sasobit снижает показатели растяжимости и пенетрации и увеличивает температуру размягчения битума. Это положительно отразится на устойчивости дорожного полотна к пластическим деформациям, но может негативно повлиять на энергоэффективность смеси при укладке.
2. Добавки ДАД-ТА и Evotherm практически не изменяют температуру размягчения битума и несколько увеличивают растяжимость и пенетрацию битума, при этом показатели модифицированных битумов остаются в рамках требований ГОСТ 33133-2014. Это положительно скажется на процессах приготовления и укладки асфальтобетонной смеси.
3. Добавка ДАД-ТА по влиянию на основные физико-химические характеристики битума не уступает импортной добавке Evotherm.
4. Добавка ДАД-ТА оказывает положительное влияние на сцепление битума с каменным материалом, что позволит повысить долговечность дорожного покрытия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Радовский, Б. С. Прогресс технологий производства теплого асфальтобетона в США / Б. С. Радовский. – Текст : непосредственный // Автомобильные дороги. – 2011. – № 8. – С. 29–39.
2. Хардукаш, А. Ю. Производство теплых асфальтобетонных смесей для расширения рабочего сезона в дорожном строительстве / А. Ю. Хардукаш. – Текст : непосредственный // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы XVII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции, Екатеринбург, 05–17 апреля 2021 года. – Екатеринбург : Федеральное Государственное Бюджетное Образовательное Учреждение Высшего Проффессионального Образования «Уральский государственный лесотехнический университет», 2021. – С. 140–143.
3. Смирнов, Д. С. Анализ опыта применения теплых асфальтобетонных смесей / Д. С. Смирнов, В. Е. Броднева, А. С. Лобанова. – Текст : непосредственный // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2019. – № 4(50). – С. 455–461.
4. Influence of DAD-TA temperature-reducing additive on physical and mechanical properties of bitumen and compaction of asphalt concrete / V. V. Yadykina, A. E. Akimov, A. I. Trautvain, V. S. Kholopov. – Текст : непосредственный // IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering. – 2018. – Volume 327. – P. 1–5.
5. Влияние энергосберегающих добавок на свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона на примере Evotherm, Азол 1007 и Адгезол 3-ТД / В. В. Ядыкина, А. М. Гридчин, А. И. Траутвайн, Ю. П. Чистяков. – Текст : непосредственный // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2015. – № 6. – С. 149–153.
6. Иванский, В. И. Химия гетероциклических соединений / В. И. Иванский. – Москва : «Высшая школа», 1978. – 149 с. – Текст : непосредственный.

Получена 11.04.2022

В. В. ЯДИКИНА ^a, В. С. ХОЛОПОВ ^b, О. А. МИХАЙЛОВА ^a
ЗМІНА ВЛАСТИВОСТЕЙ БІТУМУ, МОДИФІКОВАНОГО
ТЕМПЕРАТУРОПОНІЖУВАЛЬНИМИ ДОБАВКАМИ

^a ФДБОУ ВО «Білгородський державний технологічний університет ім. В. Г. Шухова», м. Білгород, Росія; ^b ТОВ «СЕЛЕНА»

Анотація. Застосування теплих асфальтобетонних сумішей є перспективним напрямом у дорожньо-му будівництві, що дає низку екологічних, економічних та технологічних переваг. Наразі актуальною проблемою у зв'язку з необхідністю заміни імпортової продукції є виробництво та впровадження вітчизняних енергоефективних добавок для одержання теплих асфальтобетонів. Оцінюючи ефективність застосування добавок в асфальтобетоні, необхідно враховувати вплив добавок на властивості бітумного в'язучого. У роботі досліджено фізико-хімічні властивості бітумів, модифікованих температуропонижувальними добавками ДАД-ТА, Evotherm та Sasobit. За результатами дослідження проведено порівняльний аналіз впливу добавок на характеристики в'язучого. Дано оцінку ефективності застосування досліджуваної вітчизняної добавки в асфальтобетонних сумішах.

Ключові слова: бітум, асфальтобетон, тепла асфальтобетонна суміш, адгезійна добавка, температуропонижувальна добавка для асфальтобетону.

VALENTINA YADYKINA ^a, VLADIMIR KHOLOPOV ^b, OLGA MIKHAILOVA ^a
CHANGING THE PROPERTIES OF BITUMEN MODIFIED WITH
TEMPERATURE-REDUCING ADDITIVES

^a Belgorod State Technological University V. G. Shukhova, Belgorod, Russia; ^b LLC «SELENA»

Abstract. The use of warm asphalt mixes is a promising direction in road construction, which provides a number of environmental, economic and technological advantages. Currently, an urgent problem due to the need to replace imported products is the production and implementation of domestic energy-efficient additives for the production of warm asphalt concrete. When evaluating the effectiveness of the use of additives in asphalt concrete, the influence of additives on the properties of the bituminous binder is of no small importance. The paper investigates the physicochemical properties of bitumens modified with temperature-reducing additives DAD-TA, Evotherm and Sasobit. According to the results of the study, a comparative analysis of the effect of additives on the characteristics of the binder was carried out. An assessment of the effectiveness of the use of the studied domestic additive in asphalt concrete mixtures is given.

Key words: bitumen, asphalt concrete, warm asphalt mix, adhesive additive, temperature reducing additive for asphalt concrete.

Ядыкина Валентина Васильевна – доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой автомобильных и железнодорожных дорог ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова», г. Белгород, Россия. Научные интересы: физико-химические основы создания эффективных дорожно-строительных материалов с учетом состояния поверхности дисперсного сырья.

Холопов Владимир Сергеевич – инженер ООО «СЕЛЕНА» научно-производственной химической компании. Научные интересы: физико-химические основы создания эффективных дорожно-строительных материалов с учетом состояния поверхности дисперсного сырья.

Михайлова Ольга Анатольевна – аспирант кафедры автомобильных и железнодорожных дорог ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова», г. Белгород, Россия. Научные интересы: физико-химические основы создания эффективных дорожно-строительных материалов с учетом состояния поверхности дисперсного сырья.

Ядикіна Валентина Василівна – доктор технічних наук, професор; завідувач кафедри автомобільних та залізничних доріг ФДБОУ ВО «Білгородський державний технологічний університет ім. В. Г. Шухова», м. Білгород, Росія. Наукові інтереси: фізико-хімічні основи створення ефективних дорожньо-будівельних матеріалів з урахуванням стану поверхні дисперсної сировини.

Холопов Володимир Сергійович – інженер ТОВ «СЕЛЕНА» науково-виробничої хімічної компанії. Наукові інтереси: фізико-хімічні основи створення ефективних дорожньо-будівельних матеріалів з урахуванням стану поверхні дисперсної сировини.

Михайлова Ольга Анатоліївна – аспірант кафедри автомобільних та залізничних доріг ФДБОУ ВО «Білгородський державний технологічний університет ім. В. Г. Шухова», м. Білгород, Росія. Наукові інтереси: фізико-хімічні основи створення ефективних дорожньо-будівельних матеріалів з урахуванням стану поверхні дисперсної сировини.

Yadykina Valentina – D. Sc. (Eng.), Professor; Head of the Automobile and Railway Roads Department, V. G. Shukhov Belgorod State Technological University, Belgorod, Russia. Scientific interests: physical and chemical basis for the creation of effective road building materials, taking into account the state of the surface of dispersed raw materials.

Kholopov Vladimir – Engineer, SELENA LLC Research and Production Chemical Company. Scientific interests: physical and chemical basis for the creation of effective road building materials, taking into account the state of the surface of dispersed raw materials.

Mikhailova Olga – post-graduate student, Automobile and Railway Roads Department, V. G. Shukhov Belgorod State Technological University, Belgorod, Russia. Scientific interests: physical and chemical basis for the creation of effective road building materials, taking into account the state of the surface of dispersed raw materials.

УДК 514.112.3

Т. П. МАЛЮТИНА

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ОБКАТКИ ПЛОСКИХ КРИВЫХ ПЛОСКОСТЬЮ

Аннотация. Рассматривается точечное задание обкатки плоских кривых плоскостью методами БН-исчисления (точечное исчисление Балюбы-Найдыша [1]) и практическое применение такой обкатки. Возможность точечного, а с ним и параметрического задания обкатки следует из того, что только в этом исчислении имеются возможности работы с такими объектами пространства. Две плоские кривые определены касательными, каждая из кривых задана двумя свободными функциями и расположена в своей плоскости. Учитывается условие, что касательные пересекаются или параллельны, которое определяется зависимостью четырех функций. При этом данная зависимость определяет плоскость обкатки и образующую линейчатой поверхности. Полученная обкатка плоских кривых плоскостью может быть использована при компьютерном моделировании машиностроительных деталей, а также при расчете и конструировании металлорежущих инструментов с применением вычислительной техники.

Ключевые слова: плоская кривая, обкатка плоскостью, касательная, свободная функция, зависимая функция, металлорежущий инструмент.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

При проектировании и изготовлении большей части машиностроительных деталей и металлорежущего инструмента возникает необходимость в практическом использовании обкатки плоских кривых плоскостью. Для определения плоскости обкатки следует получить функциональную зависимость задания такой плоскости двумя касательными двух плоских кривых. Следовательно, требуется определить точечное уравнение и положение в пространстве плоских кривых, которые допускают обкатку плоскостью. Также необходимо определить свободу выбора функций задания касательных этих плоских кривых.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Задачи обкатки плоских кривых плоскостью были решены синтетическими и компьютерно-графическими методами [5, 6]. Задача получения уравнения обкатки в общем виде была решена ранее, методами БН-исчисления [1, 2], в работе д. т. н., профессора И. Г. Балюбы и его учеников [3]. При этом уравнение обкатки кривых второго порядка получено ранее в работе последователя И. Г. Балюбы к. т. н., доцента Б. Ф. Горягина [4]. Необходимо показать практическое применение подобной обкатки плоских кривых плоскостью на примере изготовления деталей.

ЦЕЛИ

Привести точечное уравнение обкатки плоских кривых плоскостью с помощью математического аппарата БН-исчисления и рассмотреть пример применения такой обкатки при изготовлении машиностроительных деталей и металлорежущего инструмента.

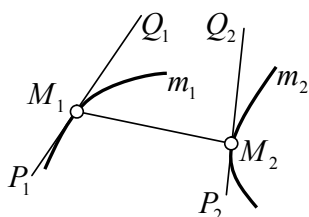


Рисунок 1 – Соответствие точек M_1, M_2 на плоских кривых m_1, m_2 .

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В данной статье под обкаткой двух плоских кривых m_1, m_2 плоскостью (рис. 1) понимается установление однозначного соответствия точек $M_1 \in m_1$ и $M_2 \in m_2$, при котором касательные P_1Q_1 и P_2Q_2 определяют плоскость обкатки. При необходимости определяется линейчатая поверхность с образующей M_1M_2 и направляющими m_1 и m_2 .

В отвлеченной декартовой системе координат зададим точки: $A(x_A, y_A, z_A), B(x_B, y_B, z_B), C(x_C, y_C, z_C)$ (рис. 2). Отношением $u = AP_1/AC$ зададим на прямой AC точку P_1 , а отношением $v = CQ_1/CB$ зададим точку Q_1 на CB . Различные значения u и v на прямых AC, CB определяют различные точки P_1Q_1 .

Пусть $u_1 = u_1(t), v_1 = v_1(t)$ некоторые функции, определенные одновременно на некотором отрезке значений параметра t . Тогда каждому значению параметра t соответствует пара точек, которые определяют прямую P_1Q_1 (рис. 3):

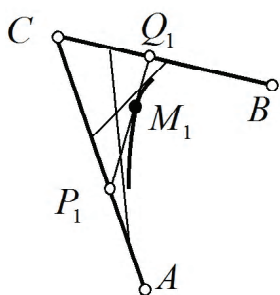


Рисунок 2 – Однопараметрическое множество прямых P_1Q_1 и их огибающая.

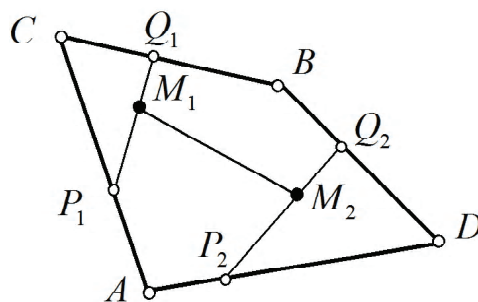


Рисунок 3 – Обкатка кривых M_1 и M_2 плоскостью $P_1Q_1Q_2P_2$.

$$P_1 = (C - A)u_1(t) + A, Q_1 = (B - C)v_1(t) + C.$$

Пучок прямых имеет огибающую кривую. Точку M_1 на этой кривой и на P_1Q_1 определяет отношение

$$w_1 = \frac{P_1M_1}{P_1Q_1} = \frac{\dot{u}_1 v_1}{\dot{u}_1 v_1 + \bar{u}_1 \dot{v}_1}, \text{ где } \dot{u}_1 = \frac{du_1}{dt}, \bar{u}_1 = 1 - u_1, \dot{v}_1 = \frac{dv_1}{dt}.$$

При этом точечное уравнение огибающих принимает вид [1]:

$$M_1 = (A - C) \frac{\bar{u}_1^2 \dot{v}_1}{\dot{u}_1 v_1 + \bar{u}_1 \dot{v}_1} + (B - C) \frac{v_1^2 \dot{u}_1}{\dot{u}_1 v_1 + \bar{u}_1 \dot{v}_1} + C. \quad (1)$$

$$M_2 = (A - C) \frac{\bar{u}_2^2 \dot{v}_2}{\dot{u}_2 v_2 + \bar{u}_2 \dot{v}_2} + (B - C) \frac{v_2^2 \dot{u}_2}{\dot{u}_2 v_2 + \bar{u}_2 \dot{v}_2} + C. \quad (2)$$

Далее переходим к симплексу $DABC$ (рис. 3), который через координаты точек D, A, B, C включен в глобальную систему координат. Кривые, заданные касательными, приводятся в соответствие поточно, определяется соответствие точек на кривых на основании компланарности касательных – зависимостью функций их определяющих.

Чтобы определить эту зависимость функций $u_1 = u_1(t), v_1 = v_1(t), u_2 = u_2(t), v_2 = v_2(t)$ необходимо приравнять нулю объем пирамиды $P_1Q_1P_2Q_2$:

$$\begin{vmatrix} \bar{u}_1 & 0 & u_1 & 0 \\ 0 & v_1 & \bar{v}_1 & 0 \\ \bar{u}_2 & 0 & 0 & u_2 \\ 0 & v_2 & 0 & \bar{v}_2 \end{vmatrix} = \bar{u}_1 \bar{v}_1 u_2 v_2 - u_1 \bar{v}_2 \bar{u}_2 v_1 = 0 \rightarrow \frac{\bar{u}_1 \bar{v}_1}{u_1 v_1} = \frac{\bar{v}_2 \bar{u}_2}{u_2 v_2} = k, \quad v_1 = \frac{\bar{u}_1}{\bar{u}_1 + k u_1}, \quad v_2 = \frac{\bar{u}_2}{\bar{u}_2 + k u_2}. \quad (3)$$

Составим уравнение линейчатой поверхности на основании линейной интерполяции между кривыми M_1 и M_2 (рис. 3):

$$M = M_1\bar{\tau} + M_2\tau = (M_2 - M_1)\tau + M_1. \quad (4)$$

После подстановки уравнений кривых из (1) и (2) и преобразований, получим точечное уравнение линейчатой поверхности:

$$M = (A - C) \left(\frac{\bar{u}_2^2 \dot{v}_2 \tau}{\dot{u}_2 v_2 + \bar{u}_2 \dot{v}_2} + \frac{\bar{u}_1^2 \dot{v}_1 \bar{\tau}}{\dot{u}_1 v_1 + \bar{u}_1 \dot{v}_1} \right) + (B - C) \left(\frac{v_2^2 \dot{u}_2 \tau}{\dot{u}_2 v_2 + \bar{u}_2 \dot{v}_2} + \frac{v_1^2 \dot{u}_1 \bar{\tau}}{\dot{u}_1 v_1 + \bar{u}_1 \dot{v}_1} \right) + C, \quad (5)$$

где u_1, u_2, v_1, v_2 – функции от параметра t , причем

$$\frac{\bar{u}_1 \bar{v}_1}{u_1 v_1} = \frac{\bar{u}_2 \bar{v}_2}{u_2 v_2} = k(t); \quad \dot{u}_1 = \frac{du_1}{dt}, \dot{u}_2 = \frac{du_2}{dt}, \dot{v}_1 = \frac{dv_1}{dt}, \dot{v}_2 = \frac{dv_2}{dt},$$

$$\bar{u}_1 = 1 - u_1, \bar{u}_2 = 1 - u_2, \bar{v}_1 = 1 - v_1, \bar{v}_2 = 1 - v_2.$$

Переход от точечного уравнения обкатки к параметрическому в прямоугольном декартовом симплексе $OE_1E_2E_3$ в исчислении заложен автоматически через покоординатное задание:

$$x_M = (x_A - x_C) \left(\frac{\bar{u}_2^2 \dot{v}_2 \tau}{\dot{u}_2 v_2 + \bar{u}_2 \dot{v}_2} + \frac{\bar{u}_1^2 \dot{v}_1 \bar{\tau}}{\dot{u}_1 v_1 + \bar{u}_1 \dot{v}_1} \right) + (x_B - x_C) \left(\frac{v_2^2 \dot{u}_2 \tau}{\dot{u}_2 v_2 + \bar{u}_2 \dot{v}_2} + \frac{v_1^2 \dot{u}_1 \bar{\tau}}{\dot{u}_1 v_1 + \bar{u}_1 \dot{v}_1} \right) + x_A;$$

$$y_M = (y_A - y_C) \left(\frac{\bar{u}_2^2 \dot{v}_2 \tau}{\dot{u}_2 v_2 + \bar{u}_2 \dot{v}_2} + \frac{\bar{u}_1^2 \dot{v}_1 \bar{\tau}}{\dot{u}_1 v_1 + \bar{u}_1 \dot{v}_1} \right) + (y_B - y_C) \left(\frac{v_2^2 \dot{u}_2 \tau}{\dot{u}_2 v_2 + \bar{u}_2 \dot{v}_2} + \frac{v_1^2 \dot{u}_1 \bar{\tau}}{\dot{u}_1 v_1 + \bar{u}_1 \dot{v}_1} \right) + y_A;$$

$$z_M = (z_A - z_C) \left(\frac{\bar{u}_2^2 \dot{v}_2 \tau}{\dot{u}_2 v_2 + \bar{u}_2 \dot{v}_2} + \frac{\bar{u}_1^2 \dot{v}_1 \bar{\tau}}{\dot{u}_1 v_1 + \bar{u}_1 \dot{v}_1} \right) + (z_B - z_C) \left(\frac{v_2^2 \dot{u}_2 \tau}{\dot{u}_2 v_2 + \bar{u}_2 \dot{v}_2} + \frac{v_1^2 \dot{u}_1 \bar{\tau}}{\dot{u}_1 v_1 + \bar{u}_1 \dot{v}_1} \right) + z_A.$$

Последнее параметрическое уравнение (5) определяет обкатку плоских кривых (1), (2) плоскостей ABC и ABD в самом общем виде. Возможность точечного, а с ним и параметрического задания обкатки следует из того, что только в этом исчислении для этого имеются три возможности работы с объектами пространства:

1. Кривую можно определить не только множеством точек, но и множеством касательных ее – кривая задается не только функциями, но и их производными. Эта возможность позволяет одновременно рассматривать кривую двойственно, что позволяет более сложную задачу интегрирования заменить более простой операцией дифференцирования.

2. Каждую кривую определяют и работают с ней в ее плоскости (симплексе), а с двумя кривыми работают в пространстве (симплексе), которое определяют две плоскости.

3. Результат такой раздельной работы с симплексами, автоматически (покоординатно) переводится в глобальную систему координат (в которой задавалось условие задачи) в виде привычных для расчета параметрических уравнений.

Дальнейшие методы конструирования и исследования могут сконцентрироваться на оптимизации подбора свободных функций, входящих в соотношение (3). Эти возможности позволяют решать многие практические задачи, которые недоступны другими средствами.

Применение обкатки плоских кривых плоскостью при изготовлении машиностроительных деталей и металлорежущего инструмента представлено на рис. 4.

В перспективе открываются возможности аналитических и дифференциальных исследований по конструированию геометрических форм, полученных на основе обкатки, которые дополняют существующие возможности синтетических и компьютерно-графических методов.

ВЫВОДЫ

В статье приведено точечное уравнение обкатки плоских кривых плоскостью с помощью математического аппарата БН-исчисления и рассмотрен один из примеров применения такой обкатки при изготовлении машиностроительных деталей и металлорежущего инструмента.

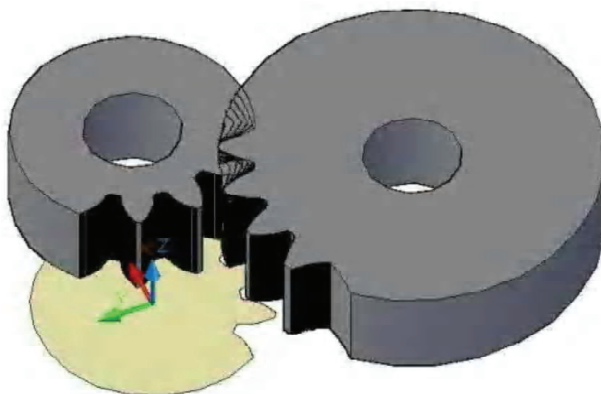


Рисунок 4 – Компьютерное моделирование машиностроительных деталей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балюба, И. Г. Конструктивная геометрия многообразий в точечном исчислении : 05.01.01 «Инженерная геометрия и компьютерная геометрия» : диссертация на соискание научной степени доктора технических наук / Балюба Иван Григорьевич ; Киевский государственный университет строительства и архитектуры. – Киев, 1995. – 227 с.
2. Давыденко, И. П. Точечное задание закономерных пространственных ломаных и их применение при конструировании линий и поверхностей : 05.01.01 «Инженерная геометрия и компьютерная геометрия» : диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук / Давыденко Иван Петрович; Таврическая государственная агротехническая академия. – Мелитополь, 2009. – 168 с.
3. Кузнецов, С. Г. Обкатка плоских кривых плоскостью / С. Г. Кузнецов, И. Г. Балюба, Б. Ф. Горягин, Т. П. Малютіна, И. П. Давыденко // Прикладна геометрія та інженерна графіка (спецвипуск): міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2011. – Випуск 87. – С. 220–224.
4. Горягин, Б. Ф. Поверхность тора в точечном описании / Б. Ф. Горягин, А. Н. Клен // Прикладная геометрия и инженерная графика: Труды Таврической государственной агротехнической академии. – 1999. – Выход 4. – Том 8. – С. 9–15.
5. Обухова, В. С. Конструирование сопровождающих торсов пространственных кривых / В. С. Обухова // Прикладна геометрія та інженерна графіка: міжвідомчий науково-технічний збірник. – Выход 61. – Київ : КДТУБА, 1997. – С. 13–18.
6. Підгорний, О. Л. Утворення нелінійної поверхні 3-го порядку в перетині конгруєнції прямих та в'язки площин / О. Л. Підгорний, В. М. Несвідомий // Прикладна геометрія та інженерна графіка: Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – 2007. – Выход 4. – Том 36. – С. 9–15.

Получена 13.03.2022

Т. П. МАЛЮТІНА
ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ОБКАТКИ ПЛОСКИХ КРИВИХ
ПЛОЩИНОЮ
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Розглядається точкове завдання обкатки плоских кривих площиною методами БН-обчислення (точкове обчислення Балюби-Найдиша [1]) і практичне застосування такої обкатки. Можливість точкового, а з ним і параметричного завдання обкатки впливає з того, що тільки в цьому обчисленні є можливість роботи з такими об'єктами простору. Дві плоскі криві визначені дотичними, кожна з кривих задана двома вільними функціями і розташована в своїй площині. Враховується умова, що дотичні перетинаються або паралельні, яка визначається залежністю чотирьох функцій. При цьому дана залежність визначає площину обкатки і твірну лінійної поверхні. Отримана обкатка плоских кривих площиною може бути використана при комп'ютерному моделюванні машинобудівних деталей, а також при розрахунку і конструюванні металорізальних інструментів із застосуванням обчислювальної техніки.

Ключові слова: плоска крива, обкатка площиною, дотична, вільна функція, залежна функція, металорізальний інструмент.

TATYANA MALYUTINA

PRACTICAL APPLICATION OF RUNNING-IN OF FLAT CURVES BY PLANE

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The point task of running-in of flat curves by a plane by methods of BN-calculus (point calculus of Balyuba-Naydysh [1]) and the practical application of such a run-in are considered. The possibility of a point, and with it a parametric task of running-in follows from the fact that only in this calculus there are opportunities to work with such objects of space. Two plane curves are defined by tangents, each of the curves is defined by two free functions and is located in its own plane. The condition is taken into account that the tangents intersect or are parallel, which is determined by the dependence of four functions. At the same time, this dependence determines the running-in plane and the forming of the ruled surface. The resulting run-in of flat curves with a plane can be used in computer modeling of machine-building parts, as well as in the calculation and design of metal-cutting tools using computer technology.

Key words: flat curve, rolling by a plane, tangent, free function, dependent function, metal-cutting instrument.

Малютина Татьяна Петровна – кандидат технических наук, доцент кафедры специализированных информационных технологий и систем ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие альтернативного геометрического аппарата рационального описания контуров геометрических тел, создание расчетных моделей различных технических форм в процессе их проектирования на основе различных методов математического аппарата БН-исчисления.

Малютіна Тетяна Петрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри спеціалізованих інформаційних технологій і систем ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток альтернативного геометричного апарату раціонального опису контурів геометричних тіл, створення розрахункових моделей різних технічних форм у процесі їх проектування на основі різних методів математичного апарату БН-обчислення.

Malyutina Tatyana – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Specialized Information Technology and Systems Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of an alternative geometric apparatus for rational description of contours of geometric bodies, creation of computational models of various technical forms in the process of their design based on the mathematical apparatus of BN-calculus.

УДК 635.925

С. Р. КОСОБОКОВА, Е. А. КОНСТАНТИНОВАГосударственное автономное образовательное учреждение Астраханской области высшего образования
«Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», г. Астрахань, Россия**СОСТОЯНИЕ ОЗЕЛЕНЕНИЯ Г. АСТРАХАНИ**

Аннотация. В городе, включающем историческую застройку, старые и современные жилые комплексы, службы, осуществляющие благоустройство и обслуживание территории сталкиваются с проблемой адекватной оценки состояния деревьев и кустарников. В статье представлены результаты исследований объектов озеленения в трех «спальных» районах Астрахани, оценена их опасность для жителей и причины, по которым существует необходимость более пристального внимания к ним. Зачастую именно некомпетентность коммунальщиков в обрезке деревьев приводит к плачевным результатам. В большинстве случаев дефекты влияют на декоративность растений и это еще один аргумент к более внимательному и рациональному отношению к озеленению, призванному украшать город, а не калечить. Полученные результаты могут быть использованы в качестве доказательств в расследовании различных преступлений, а также в качестве основы для принятия судебного решения. Выявленные структурные дефекты основных древесных пород города Астрахани, используемых в благоустройстве, должны помочь коммунальным службам осуществлять ремонт озеленения.

Ключевые слова: озеленение города, ослабленные деревья, структурные дефекты, признаки аварийности.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях мегаполиса древостои находятся в динамическом равновесии с очень сложной окружающей средой. Это удерживает их от отмирания, перехода в категорию сухостоя, но не от ослабления и развития гнилей древесины, которые внешне на начальных этапах могут быть не очень заметны или совсем не заметны [1]. В крупных городах России специализированными эксплуатирующими организациями осуществляется практика мониторинга состояния всех элементов благоустройства и озеленения на объектах для отслеживания их состояния и принятия необходимых мер по предотвращению или устранению какого-либо ущерба. В основу мониторинга положен общий, частичный (поквартальный) осмотр, внеочередной (чрезвычайный) осмотр объектов озеленения.

Без значительных внешних причин такие ослабленные деревья не падают. Причин для удаления (спила) таких деревьев нет, удаление данных ослабленных деревьев проблему не решает. Дело в том, что, даже находясь в ослабленном состоянии при поражении гнилями древесины, эти деревья выполняют функцию «зеленого буфера» или «легких» в мегаполисе:

- насыщают атмосферу кислородом,
- аккумулируют часть загрязняющих веществ,
- выполняют рекреационную функцию.

Все это имеет огромное значение для населения мегаполиса в современных условиях.

Если такие ослабленные деревья удалить, то на место удаленных деревьев придется высаживать новые. Но в условиях современной окружающей среды им будет сложнее достичь возраста и осуществления функций уже имеющихся древостоев.

В озеленении города Астрахани возраст большинства древесных насаждений составляет 50–60 лет. Деревья вступили в пору перестойности и массово начинают засыхать, суховершинить, интенсивно повреждаются стволовыми вредителями и грибами, вызывающими аварийную опасность. В силу экономических причин в Астрахани сложилась крайне неблагоприятная обстановка для развития зелёной инфраструктуры. Во многих районах города пришли в негодность поливочные

водопроводы, из-за отсутствия полива многие зелёные зоны высохли, часть из них была пущена под застройку.

Авторами с 2019 по 2022 годы проводились исследования дефектов древесных растений в трех «спальных» районах Астрахани:

- микрорайон Юго-восток-2 (ЮВ2);
- район ул. Татищева (ТАТ);
- район ул. Сун-Ят-Сена – 11 Красной армии (11КА).

Все исследованные деревья произрастают во дворах жилых домов и прилегающих к ним учебных и дошкольных заведений.

Для работы были отобраны три породы деревьев, преобладающих в озеленении: тополь, вяз и ясень. В ходе исследования было проанализировано состояние 360 особей разных возрастов, по 120 каждой породы. Возраст осмотренных тополей и вязов варьирует, по нашим представлениям, от 30 до 45 лет, а возраст ясеней в связи с тем, что их бессистемно и варварски обрезали, установить очень сложно.

При осмотре растений выявлялись структурные дефекты, описанные в таблице № 1, по методике, предложенной Дмитрием Звонка – компания Treedoktor. Именно эти дефекты указывают на непрофессиональный подход к формированию городского озеленения и проведения работ по уходу. Зачастую именно некомпетентность коммунальщиков в обрезке деревьев приводит к плачевным результатам. В большинстве случаев дефекты влияют на декоративность растений и это еще один аргумент к более внимательному и рациональному отношению к озеленению, призванному украшать город, а не калечить (табл. 1).

Таблица 1 – Наиболее часто встречающиеся структурные дефекты

Дефект	Описание	Опасность	Коррекция
1	2	3	4
Кодоминантные стволы	два и более равнозначных ствола	отщеп одного из стволов, загнивание места слома, образование дупла	удалить или редуцировать все стволы кроме одного
Равнозначные развилки	толщина веток в зоне развилки почти одинакова	то же	удалить или редуцировать одну из веток
Защемленная кора	в развилке нет валика, кора оказывается защемленной между веткой и стволом, при оттягивании видно щель	невозможность срастания развилки, отмирание тканей в развилке, гниль, отщеп, дупло	удалить или редуцировать ветку
Чрезмерно вертикальный рост веток	ветки растут под острыми углами близко к вертикали	формирование защемленной коры, конкуренция с лидирующим побегом, образование кодоминантного ствола, провокация образования новых вертикальных веток с защемленной корой	то же
Побег конкурент	ветка или побег растет вверх и по высоте сравним с высотой вершины	то же	то же
Сближенное расположение веток на стволе	ветки отходят от ствола «пучками» друг напротив друга (при мутовчатом расположении веток у молодых хвойных дефектом не считается)	со временем ветки еще более сближаются, формируется защемленная кора, ослабляется ствол, затем ветки или ствол обламываются по этому месту	удалить или редуцировать все сближенные ветки кроме одной
Трущиеся и пересекающиеся ветки	ветки растут внутрь кроны или поперек роста других ветвей	пересекающиеся ветки становятся трущимися, трение приводит к повреждению, заболеванию и облому	удалить или редуцировать одну из веток

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
Загущенная крона	веток в кроне слишком много, свет и воздух плохо проходят внутрь кроны	провокация болезней, образование «львиных хвостов»	провести прореживающую обрезку
«Львиный хвост»	на длинной ветке листья и побеги расположены только на конце	голодание ветки, слабый сбег (утолщение) к основанию, ослабление, облом	повысить освещенность оголенного основания, проредить или редуцировать загущенный конец, в опасных случаях удалить ветку
Параллельные ветки	сближенные ветки, растущие в одном направлении	образование «львиных хвостов»	удалить или редуцировать одну из веток
Переросшие нижние ветки	слишком толстые и длинные нижние ветви, растущие параллельно земле или отвисающие вниз	невозможность нести чрезмерную нагрузку, облом, иногда — внезапный и без внешних причин	проредить ветку для снижения ее веса, редуцировать длину, в опасных случаях удалить совсем
Водяные побеги	многочисленные вертикальные сильнорослые побеги, образовавшиеся из спящих или адвентивных почек	конкуренция с лидером, образование заземленной коры, некрасивый внешний вид, плохое срастание со стволом, облом	удалить часть побегов, часть укоротить, часть оставить нетронутыми, при большом количестве и густоте коррекция затруднена

Выявление скрытых дефектов, таких как микологическое или бактериальное поражение, не проводилось (табл. 2).

Таблица 2 – Структурные дефекты основных пород деревьев в озеленении трех микрорайонов Астрахани (в %)

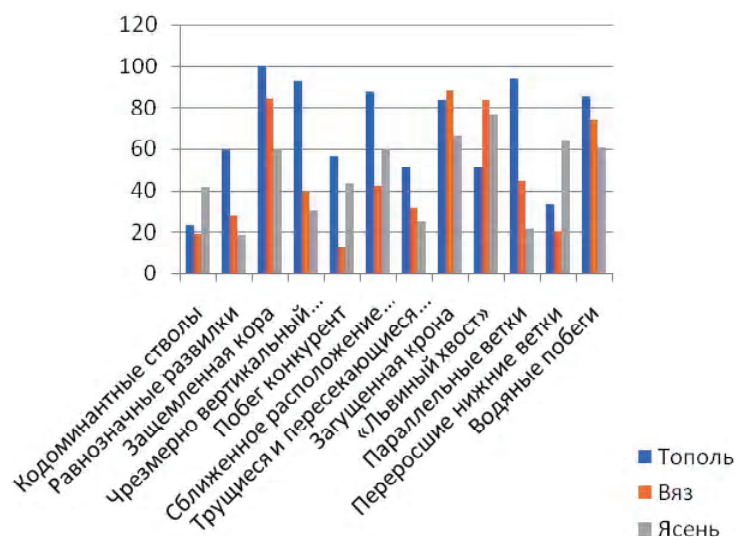
№ п/п	Структурный дефект	Тополь			Вяз			Ясень		
		ЮВ2	ТАТ	11КА	ЮВ2	ТАТ	11КА	ЮВ2	ТАТ	11КА
1	Кодоминантные стволы	20	32	28	17	19	22	45	34	46
2	Равнозначные развилки	57	68	53	33	25	27	15	19	21
3	Защемленная кора	100	100	100	89	78	85	57	67	56
4	Чрезмерно вертикальный рост веток	90	96	93	43	36	38	33	32	27
5	Побег конкурент	54	57	58	12	11	15	43	45	42
6	Сближенное расположение веток на стволе	87	88	88	43	38	45	58	60	62
7	Трущиеся и пересекающиеся ветки	55	45	53	32	31	32	25	27	22
8	Загущенная крона	78	86	87	88	86	90	67	65	68
9	«Львиный хвост»	50	52	51	80	83	88	78	77	76
10	Параллельные ветки	95	94	95	43	46	45	23	21	20
11	Переросшие нижние ветки	32	35	33	21	20	21	65	65	63
12	Водяные побеги	87	85	84	76	74	71	56	67	59

Наличие структурных дефектов снижает иммунитет растений, приводит к неравномерному и асимметричному развитию побеговой системы древесных пород и, как следствие, повышает аварийность насаждений, а значит и их потенциальную опасность (табл. 3).

Таблица 3 – Данные анализа структурных дефектов основных пород деревьев Астрахани (в %)

№ п/п	Структурный дефект	Тополь	Вяз	Ясень
1	Кодоминантные стволы	23	19,3	41,6
2	Равнозначные развилки	59,3	28,3	18,3
3	Защемленная кора	100	84	60
4	Чрезмерно вертикальный рост веток	93	39	30,6
5	Побег конкурент	56,3	12,6	43,3
6	Сближенное расположение веток на стволе	87,6	42	60
7	Трущиеся и пересекающиеся ветки	51	31,6	24,6
8	Загущенная крона	83,6	88	66,6
9	«Львиный хвост»	51	83,6	77
10	Параллельные ветки	94,3	44,3	21,3
11	Переросшие нижние ветки	33,3	20,3	64,3
12	Водяные побеги	85,3	74	60,6

Из данных, приведенных в таблице 3, мы видим, что самый большой процент дефектов обнаружен у тополей, это – защемленная кора, параллельные ветки, водяные побеги, сближенное расположение веток на стволе. Большинство дефектов могли быть удалены при правильной обрезке (рис. 1).

**Рисунок 1** – Структурные дефекты основных пород деревьев Астрахани (в %).

В связи с тем, что в городе Астрахань повсеместно отсутствует планомерный уход за посаженными деревьями, заметной разницы в состоянии растений по районам нет.

Признаками аварийности являются: суховеершинность, разреженность кроны, следы гниения, позднее вступление в вегетацию, обломленные ветви, дупла и др.

Анализ аварийности (табл. 4) показал, что потенциально опасными для жизни и здоровья горожан, а также их автомобилей и жилища являются тополя, до 81,6 % деревьев этой породы имеют

Таблица 4 – Результаты исследования аварийности основных пород деревьев г. Астрахани по районам (в % от числа исследуемых)

Признаки аварийности	Тополь			Вяз			Ясень		
	ЮВ2	ТАТ	11КА	ЮВ2	ТАТ	11КА	ЮВ2	ТАТ	11КА
суховеершинность	75	80	90	15	13	10	10	8	8
разреженность кроны	78	74	76	86	89	99	13	16	14
следы гниения	89	84	91	34	36	34	21	13	16
обломленные ветви	72	84	81	62	69	80	43	46	49
дупла	17	13	16	6	5	4	2	1	4

суховершинность, которая формируется по различным причинам. В основной массе это растения старые и отслужившие свой век, они имеют и другие дефекты, которые усугубляют их аварийность. Особенно опасно то, что эти деревья растут на детских площадках, остановках, и вдоль тротуаров. Сухие массивные ветви склоняются и ежесекундно угрожают обрушением.

Вязы и ясени несколько менее аварийны, их ветви мелкие и большой опасности не представляют. Это связано с их биологическими особенностями, деревья этих пород не обладают большой парусностью благодаря ажурной кроне (табл. 5).

Таблица 5 – Результаты анализа аварийности основных пород деревьев г. Астрахани (в % от числа исследуемых)

Признаки аварийности	Тополь	Вяз	Ясень
суховершинность	81,6	12,6	8,6
разреженность кроны	76	91,3	14,3
следы гниения	88	34,6	16,6
обломленные ветви	79	70,3	46
дупла	15,3	5	2,3

ВЫВОДЫ

На наш взгляд, в настоящее время сложилась критическая ситуация с благоустройством микрорайонов города Астрахань, любой ветер со скоростью более 7 м/сек, может стать косвенной причиной падения аварийного дерева (рис. 2).

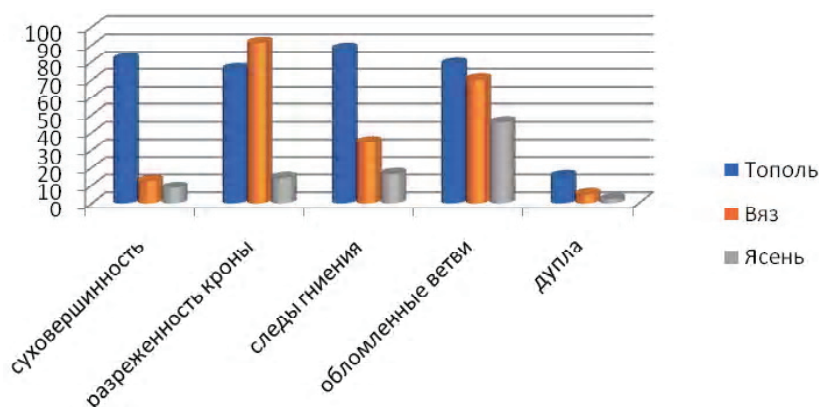


Рисунок 2 – Показатели аварийности деревьев города Астрахани.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Розанов, М. И. Теоретические основы идентификации целого по частям / М. И. Розанов. – Москва : ЦНИИСЭ, 1969. – 320 с. – Текст : непосредственный.
2. Кособокова, С. Р. Проблема биосферосовместимой архитектурно-градостроительной среды на примере озеленения кровли зданий / С. Р. Кособокова, К. Г. Кондрашин // Перспективы социально-экономического развития стран и регионов: образование, наука, бизнес : материалы XIV Международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов, Астрахань, 22–23 октября 2020 г. – Астрахань : Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. – С. 64–67.
3. Кособокова, С. Р. Представители голосеменных растений в системе озеленения и благоустройства урбанизированных территорий аридной зоны / С. Р. Кособокова, Л. В. Морозова. – Текст : непосредственный // Естественные науки. – 2015. – №3(52). – С. 18–23.

Получена 12.04.2022

С. Р. КОСОБОВА, Е. А. КОНСТАНТИНОВА
СТАН ОЗЕЛЕНЕННЯ М. АСТРАХАНІ

Державна автономна освітня установа Астраханської області вищої освіти «Астраханський державний архітектурно-будівельний університет», м. Астрахань, Росія

Анотація. У місті, що включає історичну забудову, старі та сучасні житлові комплекси, служби, які здійснюють благоустрій та обслуговування території, стикаються з проблемою адекватної оцінки стану дерев та чагарників. У статті представлені результати досліджень об'єктів озеленення у трьох «спальних» районах Астрахані, оцінено їхню небезпеку для мешканців та причини, через які існує необхідність більш пильної уваги до них. Найчастіше саме некомпетентність комунальників в обрізці дерев призводить до плачевних результатів. У більшості випадків дефекти впливають на декоративність рослин і це ще один аргумент до більш уважного та раціонального ставлення до озеленення, покликаного прикрашати місто, а не калічити. Отримані результати можуть бути використані як докази у розслідуванні різних злочинів, а також як основа для прийняття судового рішення. Виявлені структурні дефекти основних деревних порід міста Астрахані, які використовуються у благоустрої, мають допомогти комунальним службам здійснювати ремонт озеленення.

Ключові слова: озеленення міста, ослаблені дерева, структурні дефекти, ознаки аварійності.

SVETLANA KOSOBOKOVA, EVGENIYA KONSTANTINOVA
STATE OF LANDSCAPING IN ASTRAKHAN

State Autonomous Educational Institution of the Astrakhan Region of Higher Education
«Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering», Astrakhan, Russia

Abstract. In a city that includes historical buildings, old and modern residential complexes, services that carry out landscaping and maintenance of the territory are faced with the problem of adequately assessing the condition of trees and shrubs. The article presents the results of studies of landscaping objects in the three «sleeping» districts of Astrakhan, assesses their danger to residents and the reasons why there is a need for closer attention to them. Often, it is the incompetence of public utilities in pruning trees that leads to disastrous results. In most cases, defects affect the decorativeness of plants, and this is another argument for a more careful and rational attitude to landscaping, designed to decorate the city, and not cripple. The obtained results can be used as evidence in the investigation of various crimes, as well as the basis for a court decision. The identified structural defects in the main tree species of the city of Astrakhan used in landscaping should help public utilities to repair landscaping.

Key words: greening the city, weakened trees, structural defects, signs of accidents.

Кособокова Светлана Рудольфовна – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники, биологии экосистем и земельных ресурсов; заведующая кафедрой геодезии, кадастрового учета Государственного автономного образовательного учреждения Астраханской области высшего образования «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», г. Астрахань, Россия. Научные интересы: озеленение города.

Константинова Евгения Александровна – старший преподаватель кафедры геодезии, кадастрового учета Государственного автономного образовательного учреждения Астраханской области высшего образования «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», г. Астрахань, Россия. Научные интересы: озеленение города.

Кособокова Світлана Рудольфівна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри ботаніки, біології екосистем та земельних ресурсів; завідувач кафедри геодезії, кадастрового обліку Державної автономної освітньої установи Астраханської області вищої освіти «Астраханський державний архітектурно-будівельний університет», м. Астрахань, Росія. Наукові інтереси: озеленення міста.

Константинова Євгенія Олександрівна – старший викладач кафедри геодезії, кадастрового обліку Державної автономної освітньої установи Астраханської області вищої освіти «Астраханський державний архітектурно-будівельний університет», м. Астрахань, Росія. Наукові інтереси: озеленення міста.

Kosobokova Svetlana – Ph. D. (Biological), Associate Professor, Botany, Biology of Ecosystems and Land Resources Department; Head of the Geodesy, Cadastral Registration Department, State Autonomous Educational Institution of the Astrakhan Region of Higher Education «Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering», Astrakhan, Russia. Scientific interests: greening the city.

Konstantinova Evgeniya – Senior Lecturer, Geodesy, Cadastral Registration Department, State Autonomous Educational Institution of the Astrakhan Region of Higher Education «Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering», Astrakhan, Russia. Scientific interests: greening the city.

УДК 69.059.72

Ю. Г. КОЖЕВНИКОВА, А. И. САМОЙЛИЧЕНКОГосударственное автономное образовательное учреждение Астраханской области высшего образования
«Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», г. Астрахань, Россия**РЕКОНСТРУКЦИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ ОСНОВАНИЙ МЕТОДОМ
«УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТОВ В ВЫТРАМБОВАННЫХ
КОТЛОВАНАХ»**

Аннотация. Снос объектов входящих в разряд аварийных предполагает последующее возведение на высвободившихся площадках зданий с большим количеством этажей, а это в свою очередь приводит к необходимости устройства оснований, способных воспринять значительные нагрузки. Один из наиболее часто внедряемых способов – устройство сплошных плитных фундаментов в вытрамбованных котлованах. Главный плюс данного способа – это возможность устройства фундамента в различных грунтах. В работе рассмотрен процесс вытрамбовки, приведена классификация вытрамбованных фундаментов, а также пример плана вытрамбованного фундамента. Обосновано, что реконструкция существующих оснований методом «устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах» в перспективе дает возможность использовать существующие свайные элементы, а с введением в работу дополнительных коротких свай получить основание, способное воспринять многократно увеличенные нагрузки.

Ключевые слова: фундамент, вытрамбованный котлован, процесс вытрамбовки.

ВВЕДЕНИЕ

Не так давно широкое применение получил метод – «Устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах». Суть данного строительства заключается в том, что котлованы вытрамбовываются на необходимую глубину с последующим заполнением их бетоном враспор или установкой сборного элемента [1]. После планировки застраиваемого участка, вытрамбовывание котлованов производится срезкой или подсыпкой грунта. У данного способа устройства фундаментов, а именно устройство фундаментов в вытрамбованных котлованах, имеется ряд достоинств:

- уменьшаются объемы земляных работ (отрыв и обратная засыпка котлованов, исключение опалубочных работ);
- меньший размер фундаментов;
- снижение расхода арматуры;
- снижение расхода бетона;
- снижение трудоемкости;
- снижение стоимости.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ*Процесс вытрамбовки*

Котлован для отдельного фундамента вытрамбовывается на необходимую глубину (0,6...3,0 м), тем самым получаем уплотненные грунты днища и контура котлована.

Вытрамбовывание происходит с использованием падающей с высоты 4...8 м по направляющей штанге трамбовкой $m = 1,5...7$ тс, либо методом забивки трамбовки-шаблона. После выполненных действий в котлован заливается бетон либо происходит установка сборного фундамента (рис. 1) [2, 3].

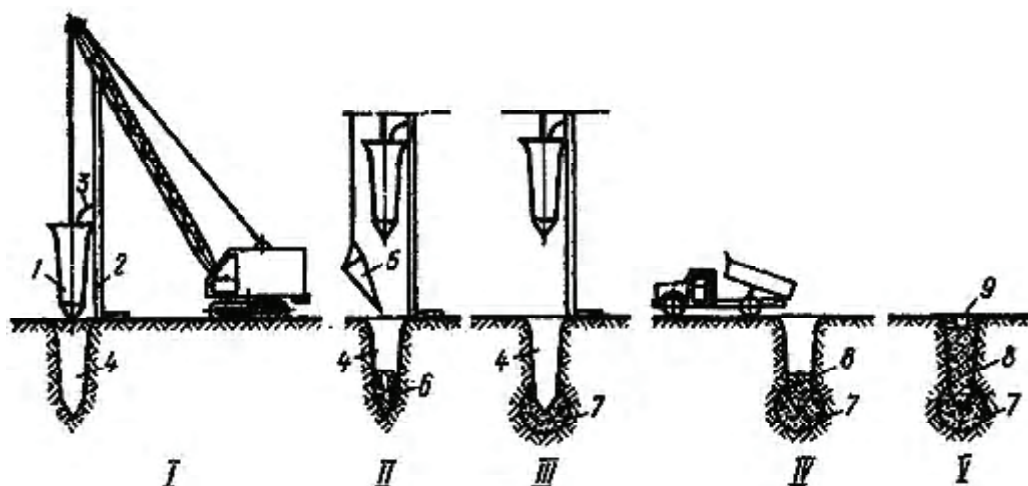


Рисунок 1 – Механизмы и оборудования, применяемые при устройстве фундаментов в вытрамбованных котлованах: I – установка трамбовки и вытрамбовывание котлована; II – засыпка в котлован жесткого материала; III – втрамбовывание жесткого материала в дно котлована; IV – бетонирование фундамента; V – готовый фундамент; 1 – трамбовка; 2 – направляющая штанга; 3 – каретка; 4 – котлован; 5 – бункер с жестким материалом; 6 – жесткий материал; 7 – втрамбованный в грунт жесткий материал; 8 – бетон фундамента; 9 – стакан для установки колонны.

В итоге вытрамбовывания вокруг котлована образуется уплотненная зона (рис. 1), в границах которой происходит повышение объемного веса скелета грунта, прочностных характеристик, модуля деформации, а также исчезают просадочные свойства грунта.

В вытрамбованных котлованах нагрузка передается на уплотненный грунт, благодаря этому отсутствует просадка грунтов, а осадка фундаментов составляет всего 2...6 см. Осадки могут быть снижены в 1,5–3,0 раза за счет устройства уширенного основания.

При уширении фундамента в верхней и нижней частях, увеличения глубины вытрамбовывания происходит повышение несущей способности основания на восприятие вертикальных и горизонтальных нагрузок.

Классификация вытрамбованных фундаментов

Фундаменты в вытрамбованных котлованах классифицируются по:

- глубине заложения – это фундаменты мелкого заложения (отношение длины фундамента к ширине среднего сечения меньше или равно 1,5) и фундаменты удлиненные (отношение длины фундамента к ширине среднего сечения больше 1,5);
- по способу устройства – фундаменты на обычные (без уширения основания) с плоской или клиновидной подошвой и с уширением основания путем втрамбовывания в дно вытрамбованного котлована отдельными порциями жесткого материала с дальнейшим заполнением верхней части котлована монолитным бетоном.

Фундаменты в вытрамбованных котлованах также подразделяются на [2]:

- отдельно стоящие (столбчатые), при которых не происходит влияние друг на друга;
- ленточные прерывистые фундаменты, элементы которых устраиваются с зазором, учитывая взаимное влияние соседних фундаментов в процессе возведения и последующей работы.

Наложение эпюры распределения давления в грунтах (рис. 2) позволяет увидеть дополнительно проявляющиеся фрагменты с уплотненным грунтом по вторичной схеме.

Фундаменты в вытрамбованных котлованах применяются также в зависимости от особенностей грунтовых условий [5]:

- на просадочных лёссовых, покровных глинистых, насыпных глинистых грунтах с числом пластичности меньше или равно 0,75;
- при объемной массе скелета грунта меньше или равно 1,6 тс/м³;
- при степени влажности грунтов меньше или равно 0,75 – для фундаментов неглубокого заложения, для удлиненных фундаментов меньше или равно 0,65.

Пример плана вытрамбованного фундамента

На примере плана (рис. 3) показано устройство вытрамбованных фундаментов в уже существующем свайном поле. Вытрамбовывание происходило с использованием трамбовки квадратного сечения в плане, шириной по верху 700×700 мм, по низу 500×500 мм и высотой 1 700 мм. Далее выполнена сплошная плита-ростверк, высотой 1,2 м (рис. 4).

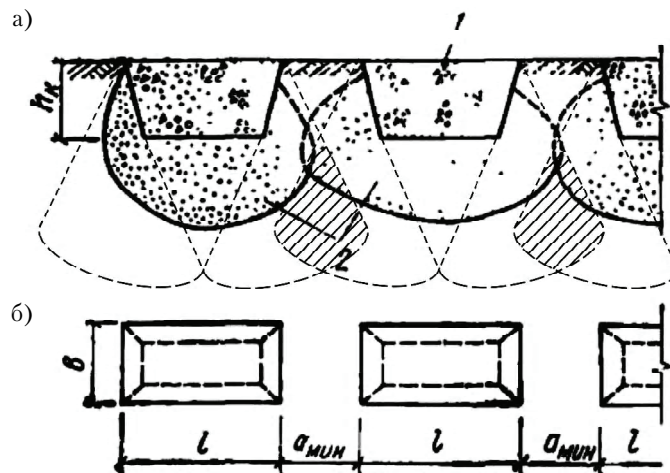


Рисунок 2 – Ленточные прерывистые фундаменты в вытрамбованных котлованах: а) разрез по ленточным прерывистым фундаментам; б) вид в плане; 1 – ленточный прерывистый фундамент; 2 – уплотненная зона.

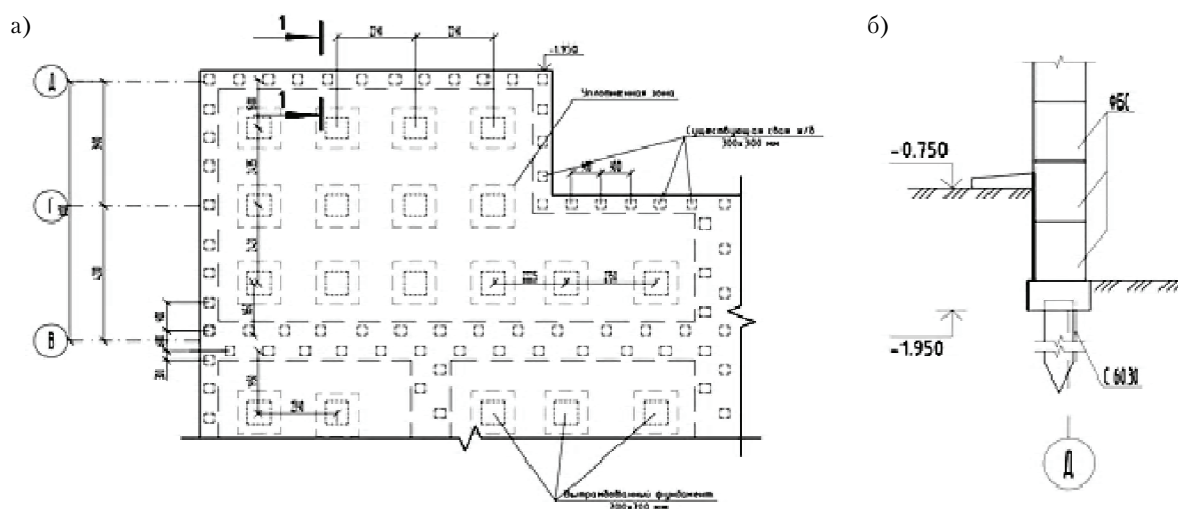


Рисунок 3 – Устройство вытрамбованных фундаментов в существующем свайном поле: а) фрагмент плана устройства вытрамбованных фундаментов; б) разрез 1–1.

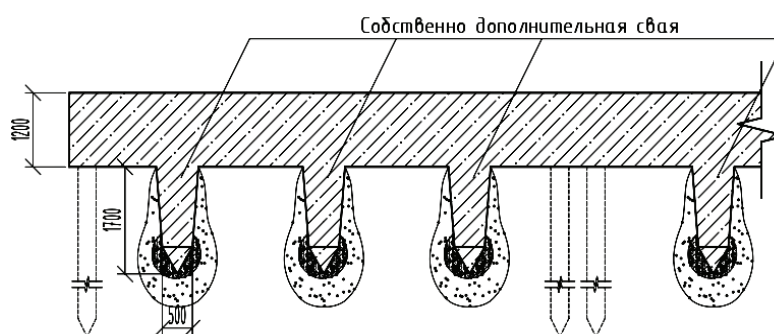


Рисунок 4 – Схема фундамента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реконструкция существующих оснований методом «устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах» дает возможность использовать существующие свайные элементы, а с введением в работу дополнительных коротких свай получить основание, способное воспринять многократно увеличенные нагрузки [4, 6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по проектированию и устройству фундаментов в вытрамбованных котлованах. – Москва : НИИ-ОСП им. Н. М. Герсеванова Госстроя СССР, 1981. – 56 с. – Текст : непосредственный.
2. Болдырев, Г. Г. Механика грунтов. Основания и фундаменты (в вопросах и ответах) : учебное пособие / Г. Г. Болдырев, М. В. Малышев ; 4-е изд., переработанное и дополненное. – Пенза : ПГУАС, 2009. – 412 с. – Текст : непосредственный.
3. Возведение фундаментов в вытрамбованных котлованах. – Текст : электронный // Учебные материалы : [сайт]. – URL: https://works.doklad.ru/view/5_60mxstvUhA.html (дата обращения: 11.04.2022).
4. Мангушев, Р. А. Современные свайные технологии : учебное пособие / Р. А. Мангушев, А. В. Ершов, А. И. Осокин ; 2-е издание, переработанное и дополненное. – Москва : Издательство АСВ, 2010. – 240 с. – Текст : непосредственный.
5. Методы подготовки и устройства искусственных оснований: учебное пособие / Р. А. Мангушев, Р. А. Усманов, С. В. Ланько, В. В. Конюшков. – Москва, Санкт-Петербург : Издательство АСВ, 2012. – 280 с. – Текст : непосредственный.
6. Проектирование и устройство подземных сооружений в открытых котлованах : учебное пособие / Р. А. Мангушев, Н. С. Никифорова, В. В. Конюшков [и др.]. – Москва, Санкт-Петербург : Издательство АСВ, 2013. – 256 с. – Текст : непосредственный.

Получена 10.04.2022

Ю. Г. КОЖЕВНИКОВА, А. І. САМОЙЛІЧЕНКО
РЕКОНСТРУКЦІЯ ІСНУЮЧИХ ОСНОВ МЕТОДОМ «ВЛАШТУВАННЯ
ФУНДАМЕНТІВ У ВИТРАМБОВАНИХ КОТЛОВАНАХ»

Державна автономна освітня установа Астраханської області вищої освіти «Астраханський державний архітектурно-будівельний університет», м. Астрахань, Росія

Анотація. Знесення об'єктів, що входять в розряд аварійних, передбачає подальше зведення на майданчиках, що звільнились, з великою кількістю поверхів, а це в свою чергу призводить до необхідності влаштування основ, здатних сприйняти значні навантаження. Один з найбільш часто впроваджуваних способів – влаштування суцільних плитних фундаментів у витрамбованих котлованах. Головний плюс даного способу – це можливість влаштування фундаменту в різних ґрунтах. У роботі розглянуто процес витрамбовування, наведено класифікацію витрамбованих фундаментів, а також приклад плану витрамбованого фундаменту. Обґрунтовано, що реконструкція існуючих основ методом «влаштування фундаментів у витрамбованих котлованах» у перспективі дає можливість використовувати існуючі пальові елементи, а з введенням у роботу додаткових коротких паль отримати основу, здатну сприйняти багаторазово збільшені навантаження.

Ключові слова: фундамент, витрамбований котлован, процес витрамбовування.

YULIA KOZHEVNIKOVA, ALENA SAMOYLICHENKO
RECONSTRUCTION OF EXISTING FOUNDATIONS BY THE METHOD OF
«ESTABLISHMENT OF FOUNDATIONS IN TAMPED PITS»

State Autonomous Educational Institution of the Astrakhan Region of Higher Education
«Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering», Astrakhan, Russia

Abstract. The demolition of objects included in the category of emergency involves the subsequent erection of buildings with a large number of floors on the vacated sites, and this, in turn, leads to the need for foundations capable of absorbing significant loads. One of the most commonly implemented methods is the construction of solid slab foundations in tamped pits. The main advantage of this method is the possibility of building a foundation in various soils. The paper considers the process of ramming, provides a classification of rammed foundations, as well as an example of a plan for a rammed foundation. It is substantiated that

the reconstruction of existing foundations by the method of «developing foundations in tamped pits» in the future makes it possible to use existing pile elements, and with the introduction of additional short piles, to obtain a foundation that can absorb many times increased loads..

Key words: foundation, tamped pit, ramming process.

Кожевникова Юлия Геннадьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры архитектуры и градостроительства Государственного автономного образовательного учреждения Астраханской области высшего образования «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», г. Астрахань, Россия. Научные интересы: усиление и реконструкция существующих фундаментов.

Самойличенко Алена Игоревна – бакалавр Государственного автономного образовательного учреждения Астраханской области высшего образования «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», г. Астрахань, Россия. Научные интересы: усиление и реконструкция существующих фундаментов.

Кожевникова Юлія Геннадіївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри архітектури та містобудування Державної автономної освітньої установи Астраханської області вищої освіти «Астраханський державний архітектурно-будівельний університет», м. Астрахань, Росія. Наукові інтереси: посилення та реконструкція існуючих фундаментів.

Самойличенко Олена Ігорівна – бакалавр Державної автономної освітньої установи Астраханської області вищої освіти «Астраханський державний архітектурно-будівельний університет», м. Астрахань, Росія. Наукові інтереси: посилення та реконструкція існуючих фундаментів.

Kozhevnikova Yulia – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Architecture and Urban Planning Department, State Autonomous Educational Institution of the Astrakhan Region of Higher Education «Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering», Astrakhan, Russia. Scientific interests: strengthening and reconstruction of existing foundations.

Samoilichenko Alena – bachelor, State Autonomous Educational Institution of the Astrakhan Region of Higher Education «Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering», Astrakhan, Russia. Scientific interests: strengthening and reconstruction of existing foundations.

СОДЕРЖАНИЕ

БЕЛОУС А. Н., ЛОЗИНСКИЙ Э. А., БЕЛОУС О. Е. Сравнительный анализ влияния теплопроводных включений на амплитуду колебания температуры внутренней поверхности в летний период	5
ЯРЦЕВ В. П., ДАНИЛОВ В. М. Влияние УФ-облучения на термофлуктуационные константы ДВП и ДСП при пенетрации	12
КАПИЗОВА А. М., АЛИЕВА М. А., ЧЕРНЫШОВА А. Г. Определение пожаробезопасных свойств напольных покрытий путем анализа их пожароопасности	18
КОНДРАШИН К. Г., КУРБАТОВА Т. К., РАКТОВИЧ Н. А., ПЕТРОВ Р. А. Укрепление грунтов синтетическими смолами при дорожном и аэродромном строительстве	23
ГОРОЖАНКИН С. А., САВЕНКОВ Н. В., ЗОЛОТАРЁВ О. О., КОВАЛЁВА Л. Р. Анализ ездовых испытательных циклов автомобилей с помощью вариационных рядов	29
МАЗУР В. А., КИСЕЛЁВА В. О. Анализ факторов, влияющих на конструктивное решение полов и ограждения каре резервуарных парков	36
БЕНАИ Х. А., ЗАГОРУЙКО Т. И., СМЕРНОВА Н. Р. Научные и экспериментальные аспекты архитектурно-градостроительного обследования зрелищных зданий и сооружений при реконструкции	41
ЦАРЕНКО С. Н., СГИБНЕВ М. Д. Моделирование сейсмических воздействий на основе упругой одномассовой системы с нестационарной опорой	47
ХМЕЛЕВСКОЙ В. А., ЛЕВЧЕНКО Л. Г. Устойчивость функционирования опасных производственных объектов в военное время	55
ПАЗУХИН С. А., ШИКУЛЬСКАЯ О. М. Системный анализ одноступенчатой схемы очистки воды на основе функционального моделирования процессов	59
ЧЕРНЫШОВА А. Г., КАПИЗОВА А. М. Перспективы использования некоторых процессов получения сырья для нефтехимии на Астраханском газоперерабатывающем заводе	66
ГОЛОВАТЕНКО Е. Л. Повышение экологической безопасности водных объектов путем использования шахтных вод в оборотных циклах вакуум-насосных станций	70
СТЕПАНЕНКО Т. И., ФЁДОРОВА А. Е. Анализ путей снижения антропогенной нагрузки на водные объекты за счет совершенствования технологического процесса очистки шахтных вод	79
СЯНЬПЭН ВАН, ЛЕОНОВИЧ С. Н. Экспериментальное исследование прочности переработанного бетона с 2 % коксового волокна	84
СТУПИНА А. Э. Международная практика архитектурного формирования предприятий по производству строительных материалов на базе действующих предприятий угольной промышленности	94
ЯДЫКИНА В. В., ХОЛОПОВ В. С., МИХАЙЛОВА О. А. Изменение свойств битума, модифицированного температуропонижающими добавками	100
МАЛЮТИНА Т. П. Практическое применение обкатки плоских кривых плоскостью	105
КОСОБОКОВА С. Р., КОНСТАНТИНОВА Е. А. Состояние озеленения г. Астрахани	110
КОЖЕВНИКОВА Ю. Г., САМОЙЛИЧЕНКО А. И. Реконструкция существующих оснований методом «Устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах»	116

Статьи, публикуемые в журнале «Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры», размещены

- в российской информационно-аналитической системе –
Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)
- в электронно-библиотечной системе IPRbooks
- в информационно-поисковой системе Google Scholar.

ЗМІСТ

БІЛОУС О. М., ЛОЗИНСЬКИЙ Е. О., БІЛОУС О. Є. Порівняльний аналіз впливу тепло-провідних включень на амплітуду коливання температури внутрішньої поверхні в літній період	5
ЯРЦЕВ В. П., ДАНИЛОВ В. М. Вплив УФ-опромінення на термофлуктуаційні константи ДВП і ДСП при пенетрації	12
КАПІЗОВА А. М., АЛІЄВА М. А., ЧЕРНИШОВА Г. Г. Визначення пожежобезпечних властивостей підлогових покриттів шляхом аналізу їх пожежонебезпеки	18
КОНДРАШИН К. Г., КУРБАТОВА Т. К., РАКОВИЧ Н. О., ПЕТРОВ Р. А. Зміцнення ґрунтів синтетичними смолами при дорожньому і аеродромному будівництві	23
ГОРОЖАНКІН С. А., САВЕНКОВ М. В., ЗОЛОТАРЬОВ О. О., КОВАЛЬОВА Л. Р. Аналіз їздових випробувальних циклів автомобілів за допомогою варіаційних рядів	29
МАЗУР В. О., КИСЕЛЬОВА В. О. Аналіз факторів, що впливають на вибір конструктивних рішень підлог каре резервуарних парків	36
БЕНАІ Х. А., ЗАГОРУЙКО Т. І., СМІРНОВА Н. Р. Наукові та експериментальні аспекти архітектурно-містобудівного обстеження видовищних будівель та споруд під час реконструкції	41
ЦАРЕНКО С. М., СГІБНЄВ М. Д. Моделювання сейсмічних впливів на основі пружної одно-масової системи з нестационарною опорою	47
ХМЕЛІВСЬКИЙ В. О., ЛЕВЧЕНКО Л. Г. Стійкість функціонування небезпечних виробничих об'єктів у воєнний час	55
ПАЗУХІН С. А., ШИКУЛЬСЬКА О. М. Системний аналіз одноступінчастої схеми очищення води на основі функціонального моделювання процесів	59
ЧЕРНИШОВА Г. Г., КАПІЗОВА А. М. Перспективи використання деяких процесів отримання сировини для нафтохімії на Астраханському газопереробному заводі	66
ГОЛОВАТЕНКО К. Л. Підвищення екологічної безпеки водних об'єктів шляхом використання шахтних вод в оборотних циклах вакуум-насосних станцій	70
СТЕПАНЕНКО Т. І., ФЬОДОРОВА А. Є. Аналіз шляхів зниження антропогенного навантаження на водні об'єкти за рахунок удосконалення технологічного процесу очищення шахтних вод	79
СЯНЬПЕН ВАН, ЛЕОНОВИЧ С. М. Експериментальне дослідження міцності переробленого бетону з 2 % кокосового волокна	84
СТУПІНА А. Е. Міжнародна практика архітектурного формування підприємств з виробництва будівельних матеріалів на базі недіючих підприємств вугільної промисловості	94
ЯДИКІНА В. В., ХОЛОПОВ В. С., МИХАЙЛОВА О. А. Зміна властивостей бітуму, модифікованого температуропонижувальними добавками	100
МАЛЮТІНА Т. П. Практичне застосування обкатки плоских кривих площиною	105
КОСОБОКОВА С. Р., КОНСТАНТИНОВА Є. А. Стан озеленення м. Астрахані	110
КОЖЕВНИКОВА Ю. Г., САМОЙЛІЧЕНКО А. І. Реконструкція існуючих основ методом «Влаштування фундаментів у витрамбованих котлованах»	116

Статті, що публікуються у журналі «Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури», розміщені

- в російській інформаційно-аналітичній системі – Російський індекс наукового цитування (РІНЦ)
- в електронно-бібліотечній системі IPRbooks
- в інформаційно-пошуковій системі Google Scholar.

CONTENTS

BELOUS ALEKSEI, LOZINSKY EDUARD, BELOUS OLHA. Comparative Analysis of the Influence of Heat-Conducting Inclusions on the Amplitude of Fluctuations in the Temperature of the Inner Surface in Summer	5
YARTSEV VIKTOR, DANILOV VLADISLAV. The Effect of UV Irradiation on the Thermal Fluctuation Constants of Fiberboard and Chipboard During Penetration	12
KAPIZOVA ALFIYA, ALIYEVA MARYAM, CHERNYSHOVA ANNA. Determination of Fire-Safe Properties of Floor Coverings by Analyzing their Fire Hazard	18
KONDRASHIN KIRILL, KURBATOVA TATIANA, RAKTOVICH NADEZHDA, PETROV ROMAN. Strengthening of Soils with Synthetic Resins in Road and Airfield Construction	23
GOROZHANKIN SERGEY, NIKITA SAVENKOV, ZOLOTAREV OLEG, KOVALEVA LILIA. Automotive Driving Test Cycle Analysis Using Variation Series	29
MAZUR VICTORIA, KISELYOVA VICTORIA. Analysis of Factors Influencing on the Choice of Constructive Solutions for the Floors of Tank Farms	36
BENAI HAFIZULLA, ZAGORUIKO TAMARA, SMIRNOVA NATALIA. Scientific and Experimental Aspects of Architectural and Urban Surveying of Spectacular Buildings and Structures during Reconstruction	41
TSARENKO SERGEY, SGIBNEV MAXIM. Modeling of Seismic Impacts Based on an Elastic One-Mass System with a Non-Stationary Support	47
KHMELEVSKOY VLADISLAV, LEVCHENKO LYUBOV. Sustainability of Operation of Hazardous Production Facilities in Wartime	55
PAZUKHIN SERGEY, SHIKULSKAYA OLGA. System Analysis of a Single-Stage Water Treatment Scheme Based on Functional Process Modeling	59
CHERNYSHOVA ANNA, KAPIZOVA ALFIYA. Prospects for the Use of Some Processes for Obtaining Raw Materials for Petrochemicals at the Astrakhan Gas Processing Plant	66
GOLOVATENKO EKATERINA. Improving the Environmental Safety of Water Bodies by Using Mine Water in the Circulation Cycles of Vacuum Pumping Stations	70
TATIANA STEPANENKO, ALINA FEDOROVA. Analysis of Ways to Reduce the Anthropogenic Load on Water Bodies by Improving the Technological Process of Mine Water Treatment	79
XIANPENG WANG, LEONOVICH SERGEY. Experimental Study on Strength of 2 % Coir Fiber Recycled Concrete	84
STUPINA ANGELINA. International Practice of Architectural Formation of Enterprises for the Production of Building Materials on the Basis of Inactive Enterprises of the Coal Industry	94
YADYKINA VALENTINA, KHOLOPOV VLADIMIR, MIKHAILOVA OLGA. Changing the Properties of Bitumen Modified with Temperature-Reducing Additives	100
MALYUTINA TATYANA. Practical Application of Running-in of Flat Curves by Plane	105
KOSOBOKOVA SVETLANA, KONSTANTINOVA EVGENIYA. State of Landscaping in Astrakhan	110
KOZHEVNIKOVA YULIA, SAMOYLICHENKO ALENA. Reconstruction of Existing Foundations by the Method of «Establishment of Foundations in Tamped Pits»	116

The articles published in journal «Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture» are indexed by:

- the Russian Information and Analytical System – Russian Science Citation Index (RSCI)
- the electronic-library system IPRbooks
- the search engine Google Scholar.