

# ВЕСТНИК

ДОНБАССКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ



**Выпуск 2022-6(158)**

**ТЕХНОЛОГИЯ, ОРГАНИЗАЦИЯ,  
МЕХАНИЗАЦИЯ И ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА**

ГОУ ВПО "Донбасская национальная академия  
строительства и архитектуры"

# **ВЕСТНИК**

**Донбасской национальной академии  
строительства и архитектуры**

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

**Выпуск 2022-6(158)**

**ТЕХНОЛОГИЯ, ОРГАНИЗАЦИЯ,  
МЕХАНИЗАЦИЯ И ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Макеевка 2022

ДООУ ВПО “Донбаська національна академія  
будівництва і архітектури”

# **ВІСНИК**

**Донбаської національної академії  
будівництва і архітектури**

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

**Випуск 2022-6(158)**

**ТЕХНОЛОГІЯ, ОРГАНІЗАЦІЯ,  
МЕХАНІЗАЦІЯ ТА ГЕОДЕЗИЧНЕ  
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА**

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

**Регистрация ВАК:** Приказ МОН ДНР № 464 от 02.05.2017 г.

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 № 5 от 28.11.2022 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 – ответственный редактор выпуска; технический редактор.

## **Редакционная коллегия:**

Горожанкин С. А., д. т. н., профессор;

Горохов Е. В., д. т. н., профессор;

Кожемяка С. В., к. т. н., доцент;

Левченко В. Н., к. т. н., профессор;

Лобов М. И., д. т. н., профессор;

Мушанов В. Ф., д. т. н., профессор;

Пенчук В. А., д. т. н., профессор;

Петраков А. А., д. т. н., профессор;

Писаренко А. В., к. т. н., доцент;

Шаленный В. Т., д. т. н., профессор;

Югов А. М., д. т. н., профессор.

Корректоры Л. М. Лещенко, А. Р. Грунистая

Программное обеспечение С. В. Гавенко

Компьютерная верстка Е. А. Солодкова

Подписано к выпуску 26.12.2022

## **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](mailto: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

**Реєстрація ВАК:** Приказ МОН ДНР № 464 от 02.05.2017 р.

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 № 5 від 28.11.2022 р.

**Редакційна рада:**

Горохов Є. В., д. т. н., професор – головний редактор;

Мущанов В. П., д. т. н., професор – заст. гол. редактора (науковий редактор);

Югов А. М., д. т. н., професор – відповідальний редактор випуску; технічний редактор.

**Редакційна колегія:**

Горожанкін С. А., д. т. н., професор;

Горохов Є. В., д. т. н., професор;

Кожемяка С. В., к. т. н., доцент;

Левченко В. М., к. т. н., професор;

Лобов М. І., д. т. н., професор;

Мущанов В. П., д. т. н., професор;

Пенчук В. О., д. т. н., професор;

Петраков О. О., д. т. н., професор;

Писаренко А. В., к. т. н., доцент;

Шалений В. Т., д. т. н., професор;

Югов А. М., д. т. н., професор.

Коректори Л. М. Лещенко, А. Р. Груніста

Програмне забезпечення С. В. Гавенко

Комп'ютерне верстання Є. А. Солодкова

Підписано до випуску 26.12.2022

**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](mailto: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

EDN: SCFQLP

УДК 698.7

**С. В. КОЖЕЯКА, В. А. МАЗУР, А. В. КРУПЕНЧЕНКО**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УСТРОЙСТВА МОНОЛИТНЫХ СУЛЬФАТ-КАЛЬЦИЕВЫХ СТЯЖЕК В ОБОГРЕВАЕМЫХ ПОЛАХ**

**Аннотация.** В статье проанализирован опыт и выявлены особенности проектирования и устройства монолитных сульфат-кальциевых стяжек. Отмечено, что в отечественных строительных нормах по проектированию и устройству сульфат-кальциевых стяжек практически отсутствует необходимая информация для правильного проектирования и устройства таких стяжек, что в ряде случаев приводит к получению дефектов при эксплуатации. Даны рекомендации по устройству деформационных, изолирующих и усадочных швов. Показаны схемы расположения деформационных швов с учетом минимизации возникающих при эксплуатации температурных деформаций. Данная статья полезна не только проектировщикам и производителям работ, занимающимся разработкой и устройством полов на сульфат-кальциевых стяжках, но и частным лицам, самостоятельно выполняющим ремонтные работы в домашних условиях.

**Ключевые слова:** сульфат-кальциевые стяжки, деформационные швы, изолирующие швы, усадочные швы, обогреваемые полы.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

В последние годы в практике отечественного строительства широкое распространение получили самовыравнивающиеся или самонивелирующиеся составы для устройства стяжек. Наиболее часто такие стяжки выполняются с использованием сухих смесей на основе сульфата-кальция, так называемые ангидритные или гипсовые стяжки. Несмотря на распространенность гипсовых стяжек при устройстве и ремонте полов, в отечественных строительных нормах [1, 2] практически отсутствуют нормы и рекомендации по проектированию и устройству подобных стяжек. При проектировании толщины сульфат-кальциевых стяжек используются рекомендации для цементно-песчаных и бетонных стяжек. Согласно им, наименьшая толщина стяжки должна быть не менее 20 мм при ее укладке по плитам перекрытия и не менее 40 мм – по тепло- и звукоизолирующему слою – 40 мм. Толщина стяжки для обогреваемых («теплых») полов должна быть не менее чем на 45 мм больше диаметра трубопроводов. Вместе с тем в нормах ЕС разработаны и прошли многолетнюю апробацию конструктивно-технологические решения к устройству сульфат-кальциевых стяжек («CACalcium sulfat screed») [3–8], согласно которым толщина монолитной стяжки над верхом отопительной трубы теплого пола должна составлять не менее 35 мм, а сама стяжка должна иметь суммарную толщину не менее 45 мм. Номинальная толщина стяжки под покрытиями из камня и керамики не должна быть меньше 40 мм. Отличия в европейских рекомендациях и отечественных нормах приводят к ошибкам уже на стадии проектирования.

Поэтому **целью** данной работы является повышение качества проектирования и устройства сульфат-кальциевых стяжек в обогреваемых полах.

### **ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**

Качество готовых монолитных стяжек во многом определяется правильно разработанной конструкцией и технологией их устройства. При этом необходимо учитывать технологические особенности устройства таких стяжек, основанные на требованиях соответствующих стандартов и рекомендаций.

© С. В. Кожемяка, В. А. Мазур, А. В. Крупенченко, 2022



Основными параметрами, учитываемыми при проектировании сульфат-кальциевых стяжек, являются их толщина, сжимаемость, расположение деформационных и изолирующих швов, необходимость устройства обогрева или дополнительной изоляции конструкции.

Толщина монолитных стяжек из сухих смесей определяется в соответствии с классом нагрузки, типом помещения и конструкцией стяжки.

Сжимаемость теплоизоляционного слоя, применяемого для устройства обогреваемых стяжек, в зависимости от полезной нагрузки не должна превышать 3...5 мм. Если в одном изоляционном слое используются материалы для изоляции ударного шума и теплоизоляционные материалы, изоляционный материал с меньшей сжимаемостью должен находиться сверху.

Обогревающие трубы в конструкции пола могут располагаться внутри стяжки, под стяжкой и в выравнивающей стяжке, на которую укладывается стяжка с двойным разделительным слоем.

Как показывает опыт производства и проектирования [9], в монолитных сульфат-кальциевых стяжках вследствие небольшой усадки создаются довольно небольшие напряжения при твердении, что позволяет получить поверхности без образования трещин. Теоретически эта особенность дает возможность устройства таких стяжек на большой площади без разделения деформационными швами в неотапливаемых и отапливаемых конструкциях полов. Однако бесшовная технология устройства ограничивается деформациями, возникающими в стяжке при изменении температуры в процессе эксплуатации и усадке при ее затвердевании. Напряжения в стяжке в процессе эксплуатации возникают вследствие трения об основание пола, различий в нагреве при отоплении, площади нагревания стяжки. Стяжки с отоплением не по всей поверхности содержат нагревательные элементы только частично. Из-за этого образуются части поверхностей с нагревом и без нагрева, которые следует разделять друг от друга швами независимо от геометрии помещения. В процессе затвердевания сульфат-кальцевого раствора имеет место разная скорость высыхания (воздействие прямых солнечных лучей, неравномерное или неправильное проветривание). Кроме того, влияние на возникающие напряжения в стяжке оказывает сложная геометрическая форма поверхности, непосредственный контакт неотапливаемых и отапливаемых зон пола, наличие дверных проемов. Поэтому, если монолитный пол на сульфат-кальциевых смесях выполнен с отоплением, в нем необходимо устраивать несколько видов швов. При этом конструкцию стяжки подогреваемых полов необходимо привести в соответствие с контуром подогрева.

Поэтому основной особенностью при устройстве полов на сульфат-кальциевых стяжках является необходимость устройства швов: деформационных, изолирующих, краевых, усадочных и рабочих (технологических).

В общем случае деформационные швы в стяжке необходимо устраивать в следующих случаях:

- если площадь стяжки  $> 40 \text{ м}^2$ ;
- если длина стороны  $> 8 \text{ м}$ ;
- если соотношение сторон  $a/b > 1/2$ ;
- над деформационными швами в перекрытиях здания;
- при сложной форме стяжки;
- в дверных откосах и проходах.

Для стяжки с отоплением по всей поверхности деформационные швы располагают в зависимости от геометрической формы помещения. Сложные асимметричные поверхности необходимо делить деформационными швами так, чтобы образовывались части поверхности с как можно более простой геометрией. Если поверхность отапливается целиком и равномерно, то есть все отопительные контуры работают одновременно и с одинаковой температурой, то поверхности стяжки с длиной краев более 20 м и эластичными напольными покрытиями можно устраивать без швов.

В процессе усадки при высыхании и охлаждении стяжки ее края приближаются к центру тяжести поверхности. Этот физический принцип лежит в основе рекомендаций по расположению деформационных швов в стяжке.

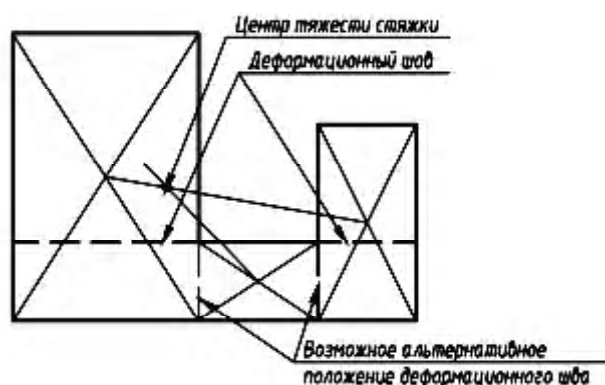
Для L и U-образных поверхностей стяжки определяющим является, находится ли центр тяжести поверхности в центре, в одной из боковых частей или за пределами поверхности (рис. 1–4).

К основным рекомендациям при проектировании и устройстве деформационных швов в обогреваемых полах на сульфат-кальциевых стяжках можно отнести:

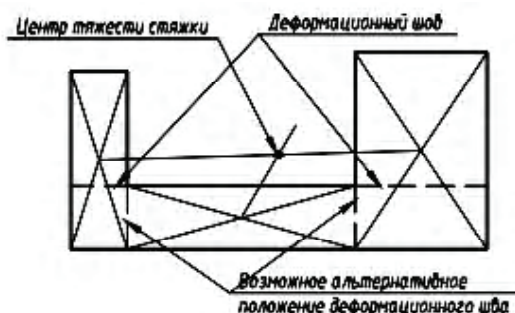
1. Деформационные швы должны устраиваться на всю толщину стяжки.
2. Для устройства деформационных швов целесообразно использовать специальные шовные профили. Материал для заполнения швов должен быть сминаемым не менее чем на 5 мм и толщиной не менее 10 мм.



**Рисунок 1** – Расположение деформационных швов для L-образных поверхностей стяжек, если центр тяжести находится за пределами поверхности.



**Рисунок 2** – Расположение деформационных швов для U-образных поверхностей стяжек, если центр тяжести находится в средней части основания и если длина одной из боковых частей составляет более 3 м.



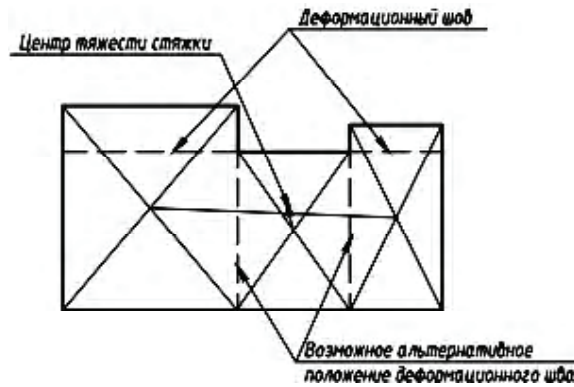
**Рисунок 3** – Расположение деформационных швов для U-образных поверхностей стяжек, если центр тяжести находится за пределами поверхности.

3. Расположение отопительных труб должно быть выполнено таким образом, чтобы избежать их прохождения через деформационные швы. Деформационные швы могут пересекаться только выводными линиями трубопроводов. В таких зонах трубы системы подогрева выводятся через швы и примерно на 15 см с каждой стороны с использованием защитных труб (рис. 5).

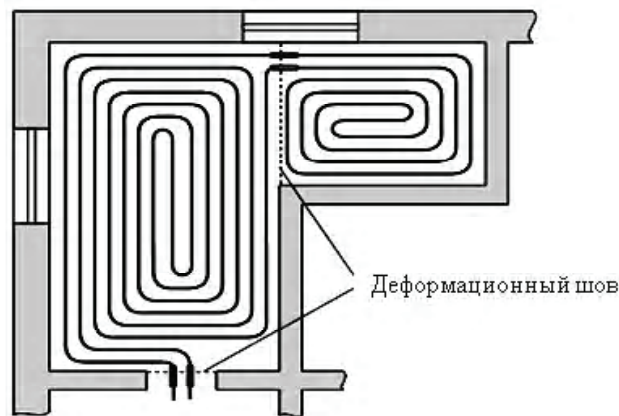
Изолирующие швы устраивают для всех монолитных полов на изоляционном слое и на разделительном слое у восходящих строительных деталей (колоннах, стенах, на трубах, вертикальных консолях, дверных коробках).

Краевые швы функционально являются деформационными швами между стяжкой и стеной, а также между стяжкой и восходящими строительными или встроенными деталями и оформляются путем установки краевой изоляционной полосы.

Необходимо отметить, что в отапливаемых конструкциях полов краевая изоляционная полоса должна укладываться везде – в том числе и в угловых участках и допускать горизонтальное перемещение не менее 5 мм. Толщина краевой изоляционной полосы зависит от длины помещения, где



**Рисунок 4** – Расположение деформационных швов для U-образных поверхностей стяжек, если центр тяжести находится в основании сбоку и если расположенная напротив него отходящая боковая часть имеет длину более 3 м.



**Рисунок 5** – Расположение деформационных швов и защитных труб в отопительном контуре.

устанавливается стяжка (рис. 6), но должна быть не менее 10 мм. При этом необходимо учитывать ожидаемые изменения температуры, площадь поверхности и соответствующий коэффициент теплового расширения, указанный производителем – около 0,011...0,016 мм/м°K.

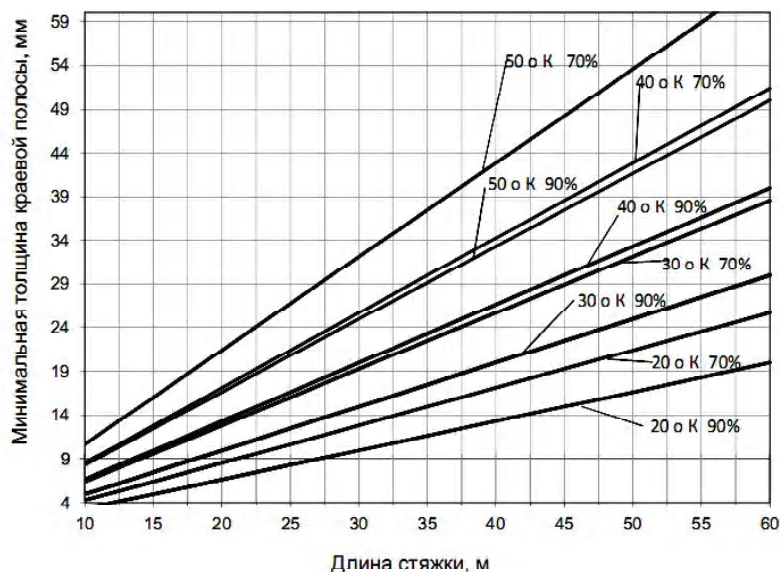
Усадочные швы в монолитной стяжке устраиваются только на больших площадях со стороной более 25 м и длительное время остаются без покрытия и потому высыхают до очень низких значений остаточной влажности. В этом случае стяжку разрезают на участки прямоугольной формы с соотношением сторон не более 1:2. Глубина усадочных швов принимается  $1/3...1/2$  толщины стяжки. После высыхания стяжки усадочные швы закрывают с силовым замыканием эпоксидной смолой.

Рабочие (технологические) швы устраивают при выполнении соседних участков стяжки, которые заливаются не одновременно, а через определенный временной промежуток. Они необходимы, когда большие площади поверхности невозможно залить одним рабочим циклом.

На поверхности рабочего шва допускается появление тонкой трещины, которую потом заливают эпоксидной смолой с силовым замыканием.

## ВЫВОДЫ

Приведенные в статье особенности выполнения сульфат-кальциевых стяжек и разработанные рекомендации по устройству разных типов швов позволяют повысить качество их проектирования и устройства, в том числе и для обогреваемых полов.



**Рисунок 6** – Толщина краевой полосы в изолирующем шве при коэффициенте теплового расширения стяжки 0,015 мм/м°K, сжимаемости 70 и 90 % краевой полосы и разнице температур 20°...50°.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 29.13330.2011. Полы = The floor : издание официальное : утвержден приказом Минрегион России от 27 декабря № 785 : актуализированная редакция СНиП 2.03.13-88 (с Изменениями № 1, 2) : введен в действие с 2011-05-2020 : внесены : Изменение N 1, утвержденное и введенное в действие приказом Минстрой России от 15 ноября 2017 г. N 1549/пр с 16.05.2018 ; Изменение N 2, утвержденное и введенное в действие приказом Минстрой России от 22 декабря 2021 г. N 982/пр с 23.01.2022. – Москва : Минрегион России, 2011. – 63 с. – Текст : непосредственный.
2. СП 71.13330.2017. Изоляционные и отделочные покрытия = Insulation and finish coatings : издание официальное : утвержден приказом Минстрой России от 27 февраля 2017 г. N 128/пр : актуализированная редакция СНиП 3.04.01-87 (с Изменением N 1) : введен в действие с 2017-08-28 : внесено Изменение N 1, утвержденное и введенное в действие приказом Минстрой России от 12 ноября 2018 г. N 718/пр с 13.05.2019. – Москва : Минрегион России, 2017. – 77 с. – Текст : непосредственный.
3. DIN 18202-2019. Сооружения строительные. Допуски. Здания = Tolerances in building construction – Buildings : издание официальное : Комитет по стандартам строительной отрасли = Normenausschuss Bauwesen : введен в действие 2019-07-01. – Berlin : Beuth Verlag GmbH, 2019. – 26 с. – Текст : непосредственный.
4. DIN 18353:2006-10. Правила выполнения подрядно-строительных работ (VOB). Часть C: Общие технические условия договора для подрядно-строительных работ (ATV) – Работы по устройству стяжки = German construction contract procedures – Part C: General technical specifications for building works – Floor screed works : издание официальное : Комитет по стандартам строительной отрасли = Normenausschuss Bauwesen : введен в действие 2006-10-01. – Berlin : Beuth Verlag GmbH, 2006. – 15 с. – Текст : непосредственный.
5. DIN EN 1264-4-2009. Системы панельного отопления и охлаждения, интегрированные в поверхности помещений. Часть 4: Монтаж. Немецкая редакция EN 1264-4:2009 = Water based surface embedded heating and cooling systems – Part 4: Installation; German version EN 1264-4:2009 : издание официальное : Комитет по стандартам строительной отрасли = Normenausschuss Bauwesen : введен в действие 2009-11-01. – Berlin : Beuth Verlag GmbH, 2009. – 17 с. – Текст : непосредственный.
6. DIN 18202-2009. Сооружения строительные. Допуски. Здания = Tolerances in building construction – Buildings : издание официальное : Комитет по стандартам строительной отрасли = Normenausschuss Bauwesen : введен в действие 2009-11-01. – Berlin : Beuth Verlag GmbH, 2009. – 17 с. – Текст : непосредственный.
7. BS 8204-7:2003. Screeds, bases and in situ floorings – Part 7: Pumpable self-smoothing screeds – Code of practice : издание официальное : British Standards Institution : введен в действие 2003-03-12. – London : [s. n.], 2003. – 28 с. – Текст : непосредственный.
8. DIN 18560-2-1992. Полы бесшовные на изолирующем слое (плавающие бесшовные полы) = Screeds in building construction; floating screeds : издание официальное : Комитет по стандартам строительной отрасли = Normenausschuss Bauwesen : введен в действие 1992-05-01. – Berlin : Beuth Verlag GmbH, 1992. – 7 с. – Текст : непосредственный.



9. Merkblatt 5. Fugen in Calciumsulfat-Fließestrichen : Hinweise und Richtlinien für die Planung und Ausführung von Calciumsulfat-Fließestrichen. – Duisburg : Industrieverband WerkMörtel (IWM) e.V. ; Darmstadt : Industriegruppe Estrichstoffe (IGE) im Bundesverband der Gipsindustrie e.V., 2008. – 8 p. – Текст : непосредственный.

Получена 01.11.2022

Принята 25.11.2022

С. В. КОЖЕМЯКА, В. О. МАЗУР, Г. В. КРУПЕНЧЕНКО  
ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ І ВЛАШТУВАННЯ МОНОЛІТИХ  
СУЛЬФАТ-КАЛЬЦІЄВИХ СТЯЖОК В ПІДЛОГАХ, ЩО ОБІГРІВАЮТЬСЯ  
ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

**Анотація.** У статті проаналізовано досвід та виявлено особливості проектування та влаштування монолітних сульфат-кальцієвих стяжок. Відзначено, що у вітчизняних будівельних нормах з проектування та влаштування сульфат-кальцієвих стяжок майже відсутня необхідна інформація для правильного проектування і влаштування таких стяжок, що в ряді випадків призводить до отримання дефектів при експлуатації. Дано рекомендації щодо влаштування деформаційних, ізолювальних та осідних швів. Показано схеми розташування деформаційних швів з урахуванням мінімізації температурних деформацій, що виникають при експлуатації. Дана стаття корисна не лише проєктувальникам і виробникам робіт, що займаються розробкою і влаштуванням підлог на сульфат-кальцієвих стяжках, а й приватним особам, що самостійно виконують ремонтні роботи в домашніх умовах.

**Ключові слова:** сульфат-кальцієві стяжки, деформаційні шви, ізолювальні шви, осідні шви, підлоги, що обігріваються.

SERGEI KOZHEMYAKA, VICTORIA MAZUR, ANNA KRUPENCHENKO  
FEATURES OF THE DESIGN AND INSTALLATION OF MONOLITHIC  
CALCIUM SULFATE SCREEDS IN HEATED FLOORS  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The article analyzes the experience and reveals the features of the design and construction of monolithic calcium sulfate screeds. It is noted that in the domestic building codes for the design and installation of calcium sulfate screeds, there is practically no necessary information for the correct design and installation of such screeds, which in some cases leads to defects during operation. Recommendations on the device of deformation, insulating and shrinkage joints are given. The diagrams of the location of deformation seams are shown, taking into account the minimization of temperature deformations arising during operation. This article is useful not only for designers and manufacturers of works engaged in the development and installation of floors on calcium sulfate screeds, but also for individuals who independently perform repair work at home.

**Key words:** calcium sulfate screeds, dilatation joint, insulating joints, shrinkage joints, heated floors.

**Кожемяка Сергей Викторович** – кандидат технических наук; профессор кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технология и организация работ при реконструкции зданий и сооружений, автоматизация технологического проектирования.

**Мазур Виктория 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.

**Крупенченко Анна Викторовна** – старший преподаватель кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технология и организация работ при реконструкции зданий и сооружений.

**Кожемяка Сергій Вікторович** – кандидат технічних наук; професор кафедри технології та організації будівництва ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ». Наукові інтереси: технологія і організація робіт при реконструкції будівель і споруд, автоматизація технологічного проектування.

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

**Крупенченко Ганна Вікторівна** – старший викладач кафедри технології та організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: реконструкція промислових і цивільних споруд

**Kozhemyaka Sergei** – Ph. D. (Eng.); Professor Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: technology and organization of works in reconstruction of buildings and structures, automation of process engineering.

**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 design and technology concepts for the construction and capital repairs of buildings and structures enclosure.

**Krupenchenko Anna** – Senior Lecturer, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: technology and organization of works in reconstruction of buildings and structures.

EDN: **THQDYG**

УДК 69.057

**В. В. ТАРАН, Т. Н. КУЦЕНКО, А. Х. ХАРЧЕНКО**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ МОНТАЖА СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ**

**Аннотация.** При возведении бескаркасных жилых зданий следует соблюдать технологическую последовательность монтажа сборных железобетонных конструкций. Очередность установки стеновых панелей крупнопанельных домов зависит от конструктивных особенностей системы здания. В статье приведено краткое описание пяти схем монтажа стеновых панелей крупнопанельных зданий. С целью выбора наиболее технологичного варианта рассмотрен перечень операций процесса монтажа стеновых железобетонных конструкций. Приведены три основных варианта монтажа стеновых панелей, отличающихся видом монтажного оснащения, принятого для временного закрепления и выверки конструкций. Описаны операции по строповке, установке, выверке и закреплению стеновых панелей. Представлен перечень монтажного оснащения для временного закрепления и выверки стеновых панелей. Очередность подачи и установки элементов приводит к изменению перечня и количества используемых монтажных приспособлений для временного закрепления, и выверки панелей, что непосредственно влияет на трудоемкость и продолжительность строительно-монтажных работ.

**Ключевые слова:** сборные железобетонные стеновые панели, крупнопанельные дома, трудоемкость, монтажная оснастка.

Строительство крупнопанельных зданий из сборных железобетонных элементов актуально при массовом строительстве, наличии сырьевой базы и ресурсов для производства. Панельные дома относительно быстро возводятся, имеют высокое качество выпускаемых промышленным способом конструкций и сборных элементов. Этажность зданий может составлять 25 этажей и более, что зависит от технических возможностей используемых грузоподъемных машин. Однако при этом технология панельного строительства не меняется.

Возведение крупнопанельных зданий состоит из следующих процессов:

- заготовительных, связанных с заводским производством на специализированных предприятиях;
- транспортных, обеспечивающих доставку материалов и конструкций;
- подготовительных (устройство подмостей, крепление оснастки);
- монтажных, включающих установку сборных железобетонных элементов: стеновых панелей, панелей перекрытия и покрытия, перегородок, лестничных маршей и площадок, лифтовых шахт и др.

Монтаж конструкций ведется по захваткам.

Основным ведущим процессом при строительстве крупнопанельных бескаркасных домов является монтаж панелей. При этом наибольшие затраты труда приходятся на монтаж стеновых панелей. Как известно, размеры указанных панелей соответствуют размерам помещений (комнат) в архитектурной планировке возводимых зданий.

Анализ существующих конструктивных систем крупнопанельных домов позволяет разделить их на основные группы [1]:

- 1) панельные бескаркасные с поперечными несущими стенами:
  - а) с малыми пролетами (2,4...4,2 м) между несущими стенами (рис. 1, а);
  - б) с большими пролетами (4,8...7,2 м) между несущими стенами (рис. 1, б);
  - в) со смешанными (большими и малыми) пролетами (рис. 1, в).

© В. В. Таран, Т. Н. Куценко, А. Х. Харченко, 2022

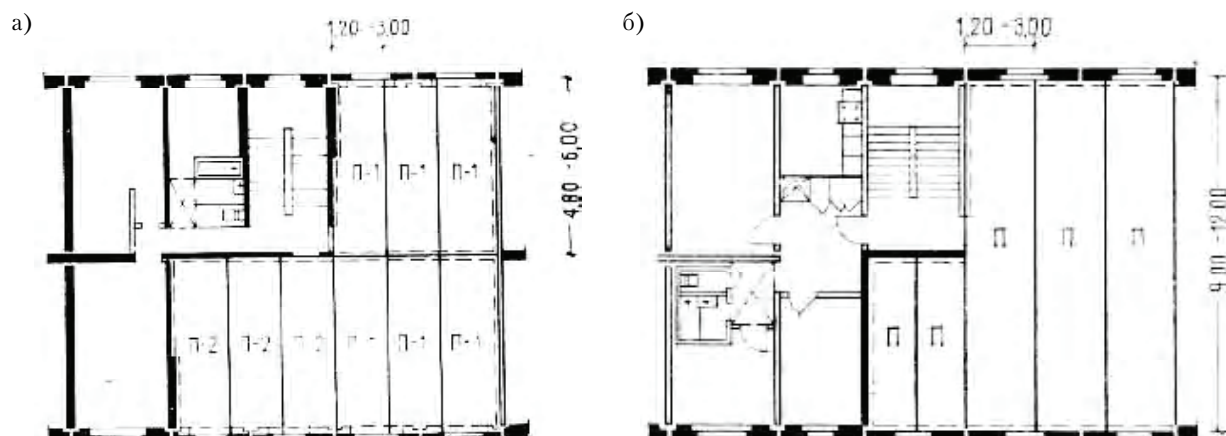




**Рисунок 1** – Схемы планов панельных бескаркасных зданий с поперечными несущими стенами: а) с малыми пролетами между несущими стенами; б) с большими пролетами между несущими стенами; в) со смешанными пролетами (большими и малыми).

2) панельные бескаркасные с продольными несущими стенами:

- а) с внутренними и наружными продольными стенами (рис. 2, а);
- б) с двумя несущими наружными продольными стенами (рис. 2, б).



**Рисунок 2** – Панельные бескаркасные здания с продольными несущими стенами: а) с несущими внутренними и наружными продольными стенами; б) с двумя несущими наружными продольными стенами.

Установка стеновых панелей может осуществляться по одной из ниже перечисленных схем монтажа крупнопанельных зданий [2]:

- 1) монтаж крупнопанельных зданий с приобъектного склада;
- 2) монтаж с использованием маячных панелей;
- 3) монтаж конструкций крупнопанельных зданий с транспортных средств;
- 4) монтаж крупнопанельных зданий домостроительными комбинатами;
- 5) схема возведения здания с поперечными несущими стенами.

Последовательность монтажа сборных железобетонных элементов крупнопанельных домов зависит от многих факторов:

- конструктивных особенностей здания;
- последовательности установки элементов, рекомендуемой технологической картой;
- наличия подкосов, фиксаторов, монтажной оснастки.

Для каждой из перечисленных схем характерны свои особенности: последовательность доставки, очередность монтажа, необходимость складирования конструкций, количество монтажных приспособлений и т. д.

Так, в соответствии со схемой 1 сборные железобетонные элементы доставляют заранее на строительную площадку и размещают в рабочей зоне действия крана. Стеновые панели могут быть поданы под монтаж в любой последовательности. Применение данной схемы минимизирует количество приспособлений для временного закрепления элементов.

По схеме 2 упрощается промежуточный геодезический контроль, исключается сосредоточение рабочих на отдельных участках.

При возведении крупнопанельного дома по схеме 3 сокращается площадь строительной площадки, т. к. плиты подаются под монтаж с транспортных средств. Все работы выполняются по графику, увязанному с графиком доставки сборных элементов. Сокращается продолжительность выполнения работ за счет исключения процессов разгрузки и складирования конструкций.

Схема 4 предусматривает монтаж однотипных стеновых панелей, что повышает производительность работ и позволяет заводу-изготовителю комплектование отправляемых конструкций при погрузке на транспортные средства. При использовании данной схемы увеличивается требуемое количество приспособлений для временного закрепления элементов. В отличие от предыдущих схем монтажа не происходит образование жестких ячеек.

При возведении зданий по схеме 5 требуется первоначальная установка поперечных несущих стен и тщательная выверка и контроль соосности стеновых панелей.

Многоэтажные сборные здания характеризуются повышенными требованиями к точности установки конструкций [3]. Несоблюдение нормативных допусков в процессе монтажа и накопление отклонений и погрешностей не только затрудняют производство работ, но и могут привести к снижению несущей способности и устойчивости как отдельных элементов, так и всего здания в целом.

Технологический процесс монтажа стеновых панелей крупнопанельных зданий с расчленением на операции представлен в таблице 1.

**Таблица 1** – Перечень операций, выполняемых при монтаже стеновых панелей крупнопанельных зданий

№ п/п	Наименование операции
1	Строповка и подача стеновой панели
2	Устройство растворной постели
3	Приём стеновой панели
4	Установка стеновой панели по разбивочным (осевым) рискам
5	Рихтовка (при необходимости)
6	Выверка панели по вертикали
7	Временное закрепление стеновой панели
8	Расстроповка стеновой панели
9	Окончательное соединение наружных стеновых панелей между собой и с внутренними панелями

Каждую стеновую панель, поданную и установленную на монтажный горизонт, необходимо вывернуть и закрепить как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях при помощи монтажного оборудования. Низ стеновой панели устанавливается по разбивочной оси (риске), верх закрепляется подкосами, штангами с упорами по верху панелей или фиксацией в технологических отверстиях.

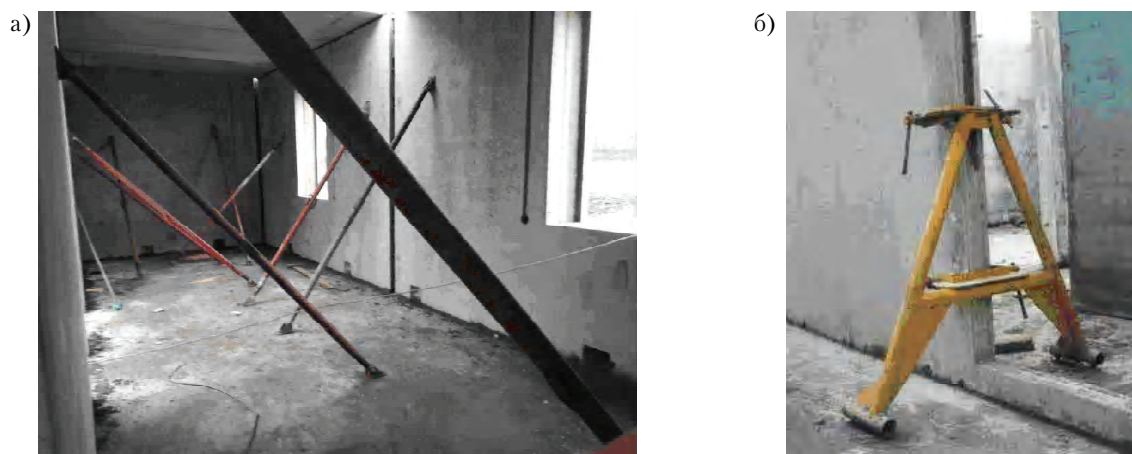
После временного закрепления панели снимаются стропы. Окончательное соединение элементов производится с помощью сварки закладных деталей.

Вопрос соединения конструкций на строительной площадке без сварки (болтовое, петлевое, замковое) в настоящее время мало изучен.

Процесс монтажа стеновых панелей с закладными устройствами замкового типа, обеспечивающими их пространственную самофиксацию и не требующими операций по временному креплению, более технологичен по сравнению с монтажом стеновых панелей, установка, выверка и закрепление которых требуют больших затрат труда и применения специального монтажного оснащения.

В практике возведения крупнопанельных домов рассматривается три основных варианта монтажа стеновых панелей в зависимости от вида монтажного оснащения, принятого для временного закрепления и выверки.

Вариант 1. Монтаж конструкций с использованием подкосов и монтажных опор (рис. 3).



**Рисунок 3** – Применение подкосов (а) и монтажных опор (б) для временного закрепления стеновых панелей.

При возведении крупнопанельных зданий для временного закрепления конструкций используются:

- а) подкосы для не имеющих дверных проемов внутренних и наружных стен;
- б) монтажные опоры для конструкций с дверными проемами (внутренних стен и перегородок).

Длина подкосов подбирается с учетом расположения технологических отверстий, монтажных петель плит перекрытия и швов между панелями.

Вариант 2. Монтаж конструкций крупнопанельных зданий с помощью горизонтальных связей показан на рис. 4.

Для временного крепления и выверки панелей поперечных стен применяются горизонтальные связи, которые:

- устанавливаются по верху панелей (рис. 4);
- проходят через технологические отверстия в панелях на высоте 1,75 м от уровня перекрытия.

Длина каждой связи равна проектному расстоянию между осями панелей поперечных стен.

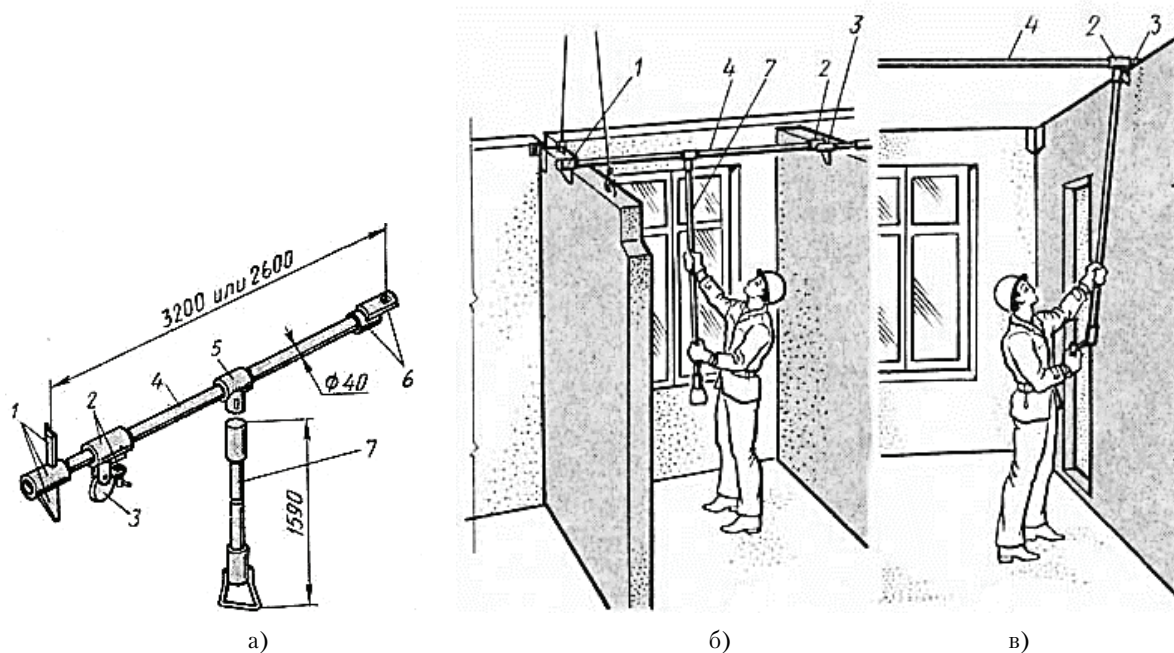
При монтаже панелей связи соединяют между собой, формируя единую контактную цепь. При установке горизонтальных связей необходимо обеспечивать створность технологических отверстий в панелях или навешиваемых по верху панелей связей. Связи имеют строго калиброванный размер и принудительно приводят верх панели в проектное положение.

При использовании данного варианта повышается точность монтажа поперечных стеновых панелей без дополнительных операций по выверке положения стеновых панелей. Кроме того, жесткое закрепление конструкций в вертикальной плоскости также позволяет снизить влияние сварочных деформаций на положение верха панели.

После закрепления всех стеновых панелей и укладки над ними плит перекрытия, связи снимают.

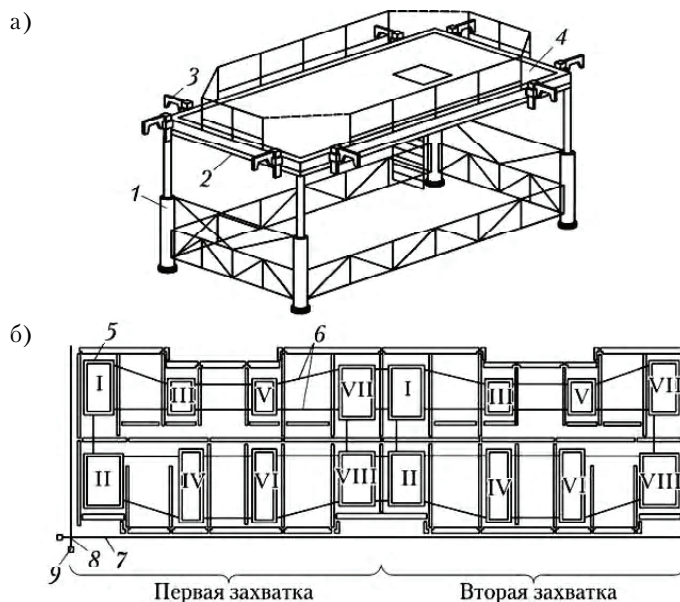
Монтаж панелей наружных и внутренних продольных стен здания выполняется с использованием подкосов, монтажных опор и связей.





**Рисунок 4** – Фиксирование верха панелей внутренних стен и перегородок с помощью горизонтальных связей: а) связь; б) навешивание связи на панели; в) фиксирование верха панели подвижным упором; 1 – хомут с неподвижным упором и штырем (вверху); 2 – хомут с подвижным упором; 3 – подвижный упор; 4 – штанга; 5 – хомут с пальцем; 6 – хомут с соединительной планкой; 7 – монтажная ручка.

Вариант 3. Монтаж конструкций с использованием кондукторов показан на рис. 5.



**Рисунок 5** – Схема монтажа панельного здания: а) кондуктор с захватами полуавтоматического действия; б) схема установки комплекта монтажной оснастки; 1 – несущие подмости; 2 – подвижная рама; 3 – полуавтоматические вилочные захваты; 4 – рабочий настил; 5 – кондуктор; 6 – соединительные тяги; 7 – продольный базовый створ; 8 – поперечный базовый створ; 9 – репер; I–VIII – порядковые номера установки кондукторов.

Применение кондукторов при монтаже сборных железобетонных элементов позволяет исключить наиболее трудоемкую операцию – выверку положения стеновых панелей после их установки, т. к. панель располагается точно в соответствии с проектом.

В конструкцию кондуктора с захватами полуавтоматического действия (рис. 5, а) входят:

- несущие подмости;
- подвижная рама с навешенными рабочими органами (полуавтоматические захваты, струбцины, тяги, визиры, фиксаторы, механизмы продольного и поперечного перемещения рамы);
- приспособления для обеспечения безопасного производства работ (ограждения, настилы, лестницы).

Кондукторы устанавливают краном непосредственно на перекрытие в пределах захватки с точностью  $\pm 100$  мм и приводят в рабочее положение перемещением подвижной рамы относительно подмостей.

Комплекты кондукторов в составе монтажной оснастки соединены жесткими тягами.

Возведение надземной части здания начинается с установки несущих панелей внутренних стен. Монтажным краном стеновая панель подводится под полуавтоматические вилочные захваты с зазором между ними 10...15 мм, после чего рабочие закрепляют ее верх фиксаторными винтами. Панель опускают на перекрытие и устанавливают в проектное положение, контролируя ее вертикальность рейкой-отвесом. Дополнительная выверка и рихтовка элемента не требуются. На установку одной панели затрачивается 30...40 мин. После окончательного закрепления панели в проектном положении вилочные захваты поднимают и устанавливают в предмонтажное положение с помощью пружинного фиксатора.

Установка конструкций в проектное положение на строительной площадке производится при помощи башенного крана. Подготовка к монтажу, строповка и подача панели к месту установки выполняются в указанной последовательности:

- такелажник Т производит внешний осмотр панели, проверяет наличие закладных деталей. Затем, став на мостик панелевоза, принимает поданный машинистом строп и поочередно заводит его крюки в монтажные петли, после чего подает команду машинисту Маш натянуть ветви стропа. Проверив правильность зацепления крюков, такелажник Т ослабляет крепёжный трос, отходит на безопасное расстояние и дает команду машинисту Маш на подачу панели к месту установки;

- установка стеновой панели с последующей выверкой. Машинист Маш по команде звеньевового приостанавливает опускание панели на небольшой высоте (примерно 0,3 м) от опорной поверхности. Монтажники М1 и М2, стоя у торцов панели, принимают ее и направляют на место установки. Машинист по команде монтажника М1 плавно опускает панель на растворную постель, после чего монтажники М1 и М2 производят общую выверку;

- установка подкосов и расстроповка. Монтажник М1 поднимается по лестнице-стремянке, принимает поданный монтажником М2 подкос, заводит крюк захватной головки в петлю панели и зажимает его вращением гайки-барашка. В это время монтажник М2, поддерживая низ подкоса, направляется к монтажной петле фундаментного блока (или плиты перекрытия), заводит крюк подкоса в петлю и вращением головки винта зажимает его. Аналогично закрепляется и другой подкос. По команде монтажника М1 машинист Маш ослабляет стропы. Монтажник М2, стоя на лестнице-стремянке, снимает крюки с монтажных петель панели и дает команду машинисту убрать их;

- выверка панели. Монтажники М1 и М2 в случае необходимости монтажными ломиками подправляют положение установленной панели в плане, ориентируясь на нанесенные метки. Затем Монтажник М1 проверяет вертикальность панели с помощью рейки-отвеса. В случае отклонения панели от проектного положения монтажник М2 производит корректировку ее положения поворотом стяжной муфты, добиваясь вертикальности конструкции;

- монтажник М3 подштопкой производит уплотнение нанесенного слоя раствора в горизонтальном шве с двух его сторон. Электросварщик Э подготавливает стык и оборудование к выполнению работ по окончательному закреплению конструкции и электросваркой закладных деталей соединяет между собой установленные в проектное положение наружные стеновые панели;

- монтажник М3 снимает подкосы только после окончательного закрепления панелей.

Монтажное оснащение для временного закрепления и выверки стеновых панелей:

- склад-пирамида для складирования панелей стен и перегородок;
- универсальная траверса грузоподъемностью 10 тн;
- бункер для бетона типа «рюмка» или «туфелька»;
- захват для лестничных маршей;
- емкость для воды и горюче-смазочных материалов;
- захват для подкосных струбцин (фаркоп);
- подкос монтажный;

- опора монтажная;
- связь монтажная;
- зажимы монтажные;
- струбцины.

Вертикальность установленного элемента контролируется с помощью теодолита, рейки-отвеса, индикатора вертикали или других приспособлений. Отклонение конструкции от проектного положения не должно превышать нормативных значений [3].

Для предотвращения появления дефектов в возведенных зданиях необходимо контролировать различные этапы производства работ (табл. 2).

**Таблица 2** – Основные причины возникновения дефектов в крупнопанельных домах

Этап производства работ	Причины возникновения дефектов
Стадия изготовления сборных железобетонных конструкций и элементов	1) отклонение геометрических размеров конструкции от проектных; 2) изменение положения арматурных изделий и закладных элементов; 3) недостаточное сцепление арматуры с бетоном; 4) наличие трещин в бетоне из-за неправильного ухода за конструкцией в процессе набора ею прочности.
Стадия транспортирования конструкций, изделий и материалов	1) несоблюдение рекомендуемых схем опирания конструкций при установке на транспортное средство; 2) несоблюдение рекомендуемых схем временного закрепления конструкций на транспортном средстве; 3) нарушение скоростного режима движения транспортного средства; 4) несоблюдение рекомендуемых схем складирования конструкций на приобъектном складе.
Стадия монтажа сборных железобетонных конструкций и элементов	1) несоблюдение технологии организации стыка стеновых панелей; 2) изменение толщины шва; 3) несоблюдение вертикальности установленных панелей стен; 4) несоблюдение технологии при сварке закладных элементов; 5) нарушение технологической последовательности и очередности монтажа конструкций.
Стадия технической эксплуатации здания	1) воздействие атмосферных осадков; 2) коррозия; 3) износ и старение материала в швах и стыках; 4) деформации здания в целом.

При применении той или иной схемы монтажа стеновых панелей крупнопанельных домов изменяется очередность подачи элементов, количество монтажных приспособлений для временного крепления и выверки панелей, что непосредственно влияет на трудоемкость и продолжительность выполнения работ, а также на размеры строительной площадки.

Зависимость продолжительности ( $t$ ) и трудоемкости ( $Tr$ ) работ от факторов влияния функции рассматриваются как сумма параметров:

$$Tr = Tr_o + \Delta Tr, \quad (1)$$

где  $Tr_o$  – постоянная составляющая трудоемкости;  
 $\Delta Tr$  – переменная составляющая трудоемкости.

Продолжительность монтажных работ можно выразить зависимостью:

$$ft = t_o + \Delta t, \quad (2)$$

где  $t_o$  – постоянная составляющая продолжительности;  
 $\Delta t$  – переменная составляющая продолжительности.

Последовательность выполнения операций (таблица 1), конструктивная схема здания, вид монтажного оснащения, принятого для временного закрепления и выверки конструкций, в значительной степени влияют на величину трудоемкости и продолжительность выполнения работ.

Неизменяемая часть трудоемкости монтажа стеновых панелей определяется по формуле:

$$Tp_o = f(V_{жб}), \quad (3)$$

где  $V_{жб}$  – объем железобетонных конструкций на захватке.

Изменяемая часть трудоемкости представлена как функция от вида монтажного оснащения, принятого для временного закрепления и выверки конструкций:

$$\Delta Tp = f(n, s, k), \quad (4)$$

где  $n$  – количество подкосов и торцевых опор;

$s$  – количество горизонтальных связей;

$k$  – фактор применения кондуктора.

При выборе последовательности монтажа сборных железобетонных элементов крупнопанельных домов учитываются полученные расчетные данные продолжительности и трудоемкости выполнения работ при использовании каждой из пяти рассмотренных схем монтажа.

При возведении зданий рассматриваемого типа в основном используется автомобильный транспорт. Достоинствами его использования являются достаточно большая скорость доставки конструкций, высокая маневренность, способность передвигаться по кривым участкам пути с малым радиусом закругления и преодолевать крутые подъемы дорог, возможность доставки разнообразных грузов непосредственно к объекту строительства.

От вида перевозимых грузов зависят не только методы выполнения погрузочно-разгрузочных работ и выбор такелажных и монтажных приспособлений, но и коэффициент использования грузоподъемности и вместимости транспортных средств, что в свою очередь влияет на стоимость и трудоемкость транспортных работ.

Эффективность строительства в значительной мере зависит от правильного выбора транспортных средств и осуществления комплексной механизации транспортных процессов, включающих в себя погрузку, перемещение и разгрузку материалов и конструкций на строительной площадке.

Технологичность монтажа стеновых панелей крупнопанельных зданий достигается за счет выбора рационального метода транспортирования и подачи конструкций под монтаж, сокращения продолжительности установки монтажного оборудования и выверки сборных железобетонных элементов.

В нормативной и справочной литературе приводится трудоемкость выполнения непосредственно процесса монтажа, однако при этом не учитываются затраты труда на установку монтажных приспособлений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Розанов, Н. П. Крупнопанельное домостроение / Н. П. Розанов. – Москва : Стройиздат, 1982. – 224 с. – Текст : непосредственный.
2. Основные схемы монтажа крупнопанельных зданий. – Текст : электронный // Информационный сайт о строительных материалах и технологиях. – 2008–2014. – URL: <http://stroy-spravka.ru/article/osnovnye-skhemymontazha-krupnopanelynykh-zdaniy> (дата обращения: 31.08.2022).
3. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции : издание официальное : утвержден приказом Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Госстрой) от 25 декабря 2012 г. № 109/ГС : актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 : дата введения 2013-07-01. – Москва : ФГУП Стандартинформ, 2012. – 196 с. – Текст : непосредственный.
4. СНиП 12-03-2001, СП 49.13330.2010. Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования : издание официальное : утвержден и введен в действие постановлением Госстроя РФ от 23.07 г. № 80-ст : дата введения 2001-09-01 : дата актуализации 2021-01-01 (СНиП 12-03-2001 зарегистрирован в Минюсте РФ 09.08.2001 рег. № 2862, а 24.12.2010 зарегистрирован в качестве СП 49.13330). – Москва : ГУП ЦПП, 2001. – 42 с. – Текст : непосредственный.
5. СНиП 1.04.03-85. Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Госстроя 42 СССР и Госплана СССР от 17 апреля 1985 г. №51-90-ст : дата введения 1991-01-01.- Москва : Стройиздат, 1987. – 522 с. – Текст : непосредственный.

Получена 02.10.2022

Принята 25.11.2022

В. В. ТАРАН, Т. М. КУЦЕНКО, А. Х. ХАРЧЕНКО  
ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ МОНТАЖУ СТІНОВИХ ПАНЕЛЕЙ  
ВЕЛИКОПАНЕЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ  
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** При зведенні безкаркасних житлових будинків слід дотримуватися технологічної послідовності монтажу збірних залізобетонних конструкцій. Черговість установки стінових панелей великопанельних будинків залежить від конструктивних особливостей системи будівлі. У статті наведено короткий опис п'яти схем монтажу стінових панелей великопанельних будівель. З метою вибору найбільш технологічного варіанта розглянуто перелік операцій процесу монтажу стінових залізобетонних конструкцій. Наведено три основні варіанти монтажу стінових панелей, що відрізняються видом монтажного оснащення, прийнятого для тимчасового закріплення і вивірки конструкцій. Описано операції щодо стропування, установки, вивірювання і закріплення стінових панелей. Представлено перелік монтажного оснащення для тимчасового закріплення і вивірки стінових панелей. Черговість подачі і установки елементів призводить до зміни переліку і кількості використовуваних монтажних пристосувань для тимчасового закріплення і вивірки панелей, що безпосередньо впливає на трудомісткість і тривалість будівельно-монтажних робіт.

**Ключові слова:** збірні залізобетонні стінові панелі, великопанельні будинки, трудомісткість, монтажне оснащення.

VALENTINA TARAN, TATYANA KUTSENKO, ARTEM KHARCHENKO  
WORKABILITY OF INSTALLATION OF WALL PANELS OF LARGE-PANEL  
BUILDINGS  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** When constructing frameless residential buildings, the technological order of installation of precast reinforced concrete structures should be observed. The order of installation of wall panels of large-panel houses depends on the design features of the building system. The article provides a brief description of five wall panel installation schemes for large-panel buildings. In order to select the most technologically workable option, the list of operations of the installation process of reinforced concrete wall structures is considered. Three main options for installing wall panels are given, which differ in the type of installation equipment used for temporary fixing and alignment of structures. The operations of slinging, installation, alignment and fixing of wall panels are described. The list of installation equipment for temporary fixing and alignment of wall panels is presented. The order of conveying and installation of elements leads to a change in the list and number of installation tools used for temporary fixing and alignment of panels, which directly affects the labor intensity and duration of construction and installation work.

**Key words:** precast reinforced concrete wall panels, large-panel houses, labor intensity, installation equipment.

**Таран Валентина Владимировна** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: повышение эффективности конструктивно-технологических решений при возведении монолитных каркасных гражданских зданий путем снижения энергоёмкости, материалоемкости, трудоемкости и стоимости строительной продукции.

**Куценко Татьяна Николаевна** – старший преподаватель кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: повышение эффективности технологических решений при возведении различных зданий и сооружений.

**Харченко Артем Халедович** – магистрант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: повышение эффективности возведения бескаркасных зданий.

**Таран Валентина Володимирівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології та організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: підвищення ефективності конструктивно-технологічних рішень при зведенні монолітних каркасних цивільних будівель шляхом зменшення енергомісткості, трудомісткості, матеріаломісткості і вартості будівельної продукції.

**Куценко Тетяна Миколаївна** – старший викладач кафедри технології та організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: підвищення ефективності технологічних рішень при зведенні різних будівель і споруд.

**Харченко Артем Халедович** – магістрант кафедри технології та організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: підвищення ефективності безкаркасних будівель.

**Taran Valentina** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improvement of efficiency of the constructive-technological solutions for installation of monolithic wireframe civil buildings, reducing energy consumption, material consumption, labor intensity and cost of construction products.

**Kutsenko Tatyana** – senior lecturer, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improvement of efficiency of technological concepts for the construction of various buildings and structures.

**Kharchenko Artem** – master's student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improvement the efficiency of the construction of frameless buildings.



EDN: [TRGQAO](#)

УДК 712.256:796.023.1

**Е. И. НОВИЦКАЯ, А. В. КРУПЕНЧЕНКО**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ УСТРОЙСТВА ПОКРЫТИЯ ОТКРЫТЫХ ДЕТСКИХ ПЛОЩАДОК**

**Аннотация.** Доказано, что дети наиболее гармонично развиваются в условиях, когда их не ограничивают в процессе знакомства с окружающим миром [1, 2, 3, 4]. Именно детская площадка играет в этом немаловажную роль. Покрытия детских открытых площадок должны быть в первую очередь комфортными и безопасными. Применение современных технологий и материалов при устройстве покрытия открытых детских площадок способствует смягчению возможных ударов детей при падении, а также такие покрытия предотвращают образование ям, луж и грязи на выходах с горок, под скалодромами, качелями, лестницами и в других местах, подверженным высоким нагрузкам. Однако существуют и традиционные методы устройства покрытий площадок, применяемые в настоящее время. В связи с этим рассмотрены конструктивно-технологические решения устройства покрытия открытых детских площадок, а также выполнен анализ и классификация факторов, влияющих на выбор устройства покрытия игровых площадок.

**Ключевые слова:** элементы благоустройства, детские площадки, синтетические покрытия, резиновая плитка, факторы, конструктивно-технологические решения.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

В соответствии с нормативными документами [5, 6] игровые площадки должны иметь покрытия с ударопоглощающими свойствами. При этом степень ударопоглощения принимается в соответствии согласно разработанному критерию, который оценивает эффективность покрытий игровой площадки по способности уменьшать вероятность повреждения головы ребенка при падении [7].

К использованию на игровых площадках допускаются только специальные напольные покрытия. Применяемые материалы должны отвечать санитарно-гигиеническим нормам, быть противоскользящими и смягчающими удар, а также материал не должен содержать и выделять при использовании летучие токсичные вещества, кроме того, такие материалы должны иметь продолжительный срок эксплуатации. При выборе покрытия открытой игровой детской площадки необходимо ответственно подходить не только к подбору материала, но и учитывать многочисленные факторы, влияющие на выбор покрытия уличных игровых площадок.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

В научно-технической литературе [5, 8, 9] можно встретить рекомендации о различных конструктивно-технологических решениях устройства покрытий детских площадок современными материалами, однако отсутствует методика по выбору покрытия площадок с учетом конструктивно-технологических особенностей в конкретных условиях с учетом всех факторов. Это предопределяет необходимость дальнейшего анализа основных факторов, влияющих на выбор устройства покрытия открытых игровых площадок.

### **ЦЕЛИ**

Проанализировать существующие конструктивно-технологические решения по устройству покрытий детских площадок и выявить основные факторы, влияющие на выбор устройства покрытия.



## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В настоящее время в России действует технический регламент [6], на основании которого применяются следующие покрытия для детских площадок:

- резиновые покрытия;
- синтетические покрытия;
- песчаные покрытия;
- гравийные покрытия;
- дерновые покрытия;
- покрытия из дробленой древесины (мульча).

Наиболее часто в качестве покрытия открытых детских игровых площадок применяют покрытия из резиновой крошки и модульной резиновой плитки.

Покрытия из резиновой крошки. Технология укладки резиновых бесшовных покрытий с применением связующих клеевых компонентов позволяет получить надежное, прочное и травмобезопасное покрытие. Состав данного типа покрытия включает несколько компонентов, приготовленных непосредственно во время укладки. Это наливной тип покрытия: резиновая крошка соединяется со связующим составом из полиуретановых смол в определенном соотношении. Для придания цвета используются красители. Применяются однослойные и двухслойные системы покрытия (рис. 1, 2).

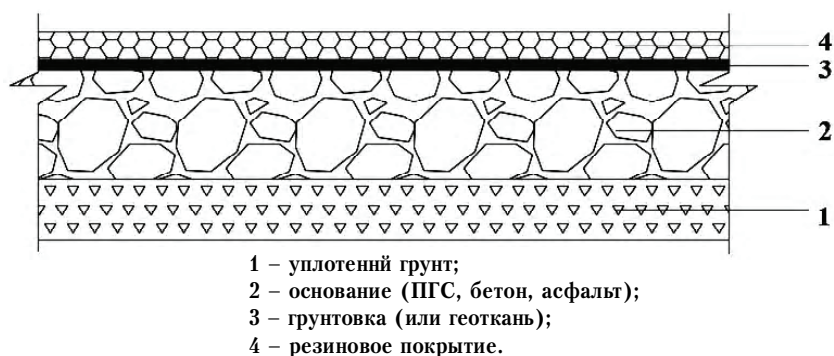


Рисунок 1 – Однослойное резиновое покрытие.



Рисунок 2 – Двухслойное резиновое покрытие.

Данный тип покрытия переносит скачки температур в пределах от  $-30^{\circ}$  до  $+50^{\circ}$ , что позволяет использовать его на протяжении всего года в регионах с разным климатом. Однако при минусовых температурах снижаются эластичные и ударопоглощающие свойства.

Модульная резиновая плитка. Плитка представляет собой различные по форме многоугольники, размером до 1 м, толщина плитки – 1...6 см. Такой тип покрытия изготавливают двумя способами: холодное и горячее прессование резиновой крошки. Пористая структура материала обеспечивает

хорошую водопроницаемость, что способствует быстрому высыханию после осадков. Фиксация плиток между собой осуществляется по типу «шип-паз», что обеспечивает простоту монтажа. Резиновые плитки изготавливают полностью окрашенными. Состав покрытия показан на рисунке 3.

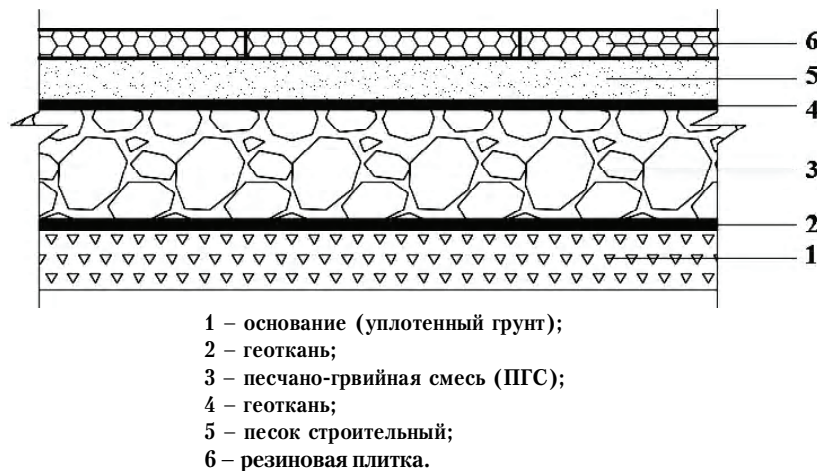


Рисунок 3 – Состав модульной резиновой плитки.

Следует отметить, что покрытия из модульной резиновой плитки и резиновой крошки имеют некоторые недостатки. Прежде всего это способность тлеть и плавиться, что делает покрытие пожароопасным. Также большим недостатком является высокая стоимость покрытия. Однако высокая стоимость может быть оправдана долгим сроком эксплуатации, до 10 лет. Также недостатком можно считать условия укладки, работы по устройству покрытия необходимо производить исключительно в сухую погоду, при влажной среде покрытие деформируется.

Благодаря технологическим и эстетическим возможностям подобные технологии широко используются на протяжении 10–20 лет [10, 11, 12]. Однако с каждым годом появляются новые материалы, технические решения и научные разработки.

Стоит обратить внимание, что резиновые и синтетические ударопоглощающие покрытия детских игровых площадок попадают в сферу действия технического регламента [6], на основании которого для данного типа покрытия определено обязательное подтверждение соответствия в формах обязательной сертификации и декларирования.

Также в качестве покрытия детской площадки может выступать песок. При современном строительстве песок на детской площадке практически не используется. Этот тип покрытия отличается низкой стоимостью при первоначальном обустройстве площадки, работы по укладке можно выполнять в дождь и в холодную погоду. Однако покрытие из песка согласно гигиеническим нормам необходимо обновлять каждые полгода, что влечет за собой дополнительные финансовые затраты в процессе эксплуатации. Также на финансовые затраты влияет потеря ударопоглощающих свойств покрытия в период эксплуатации, требующих постоянного рыхления песка.

Покрытие из дробленой древесины (мульча) – еще один вид покрытия, используемый крайне редко, однако разрешенный при устройстве покрытия детской открытой площадки. Это покрытие имеет ряд недостатков, среди которых накапливание мусора и грязи, требует обновления каждый год. В ветреную погоду щепа имеет свойства разлетаться, а также ребенок может получить занозы или повреждения глаз, что ведет к дополнительному травматизму. Однако обладает хорошими ударопоглощающими свойствами и более низкой стоимостью в сравнении с синтетическим и резиновым покрытием.

Гравийное покрытие имеет те же неблагоприятные свойства, что и песок со щепой. При падении можно поцарапаться и получить ссадины, не гигиеничен, не эстетичен.

Сохранение травмобезопасности природных покрытий, таких как песок, щепа, требует регулярного ухода за ними.

В зависимости от определенных целей и назначения такого элемента благоустройства, как детская площадка, в качестве покрытия применяют дерн (дернину). Дерновое покрытие, создаваемое посевом (посадкой) и выращиванием дернообразующих трав для декоративных, спортивных, почвозащитных

или других целей, является ландшафтообразующим элементом. Такой вид покрытия широко используют для спортивных игр, таких как футбол, гольф, поло, теннис, крокет и другие, а также в качестве покрытий детских площадок. Создание спортивных газонов, как правило, предполагает сложную технологию подготовки почвогрунтов и поверхности в виде организации дренажных сооружений по периметру площадки. Дерновое покрытие подойдет для участков с большим количеством зелени и общей ориентированностью ландшафтного дизайна на естественность.

Стоит отметить, что покрытия из твердых строительных материалов, таких как бетон и камень, являются самыми травмоопасными. Так, критическая высота падения для покрытий из бетона составляет всего 600 мм. Утрамбованная почва более безопасна для детских игр – величина критической высоты падения достигает 1 м. Критическая высота падения для дернового покрытия – 1,5 м. Гораздо более высокой способностью к поглощению удара обладают насыпные природные материалы и синтетические покрытия. Так, для дробленой древесины и коры, а также для песка и синтетических защитных покрытий критическая высота падения составляет 3 м.

Результаты мониторинга устройства современных покрытий площадки, находящихся в эксплуатации, указывают на недостатки технологий, связано это в основном из-за неучтенных факторов и массового брака, допускаемого на различных стадиях реализации проекта.

На основании этого в работе проанализированы факторы, влияющие на выбор технологии устройства покрытия открытых детских площадок.

Условно все факторы поделены на три основные группы: внешние факторы, свойства применяемых материалов и особенности технологии укладки покрытия. Основные факторы показаны на рисунке 4.

К внешним факторам относятся такие факторы, как: конструктивное решение основания; экологическая безопасность покрытия; влияние погодных условий и климатических факторов; цвето-фактурное решение покрытия, а также вид и значение объекта благоустройства; местоположение площадки и ее посещаемость; безремонтный срок эксплуатации и ремонтпригодность; гарантия и сервисное обслуживание; квалификация и опыт исполнителей.

От конструктивного решения основания зависит дальнейший перечень работ по укладке элементов покрытия открытых площадок. Стоит отметить, что дренаж не предусматривается при наличии в основании песчаных или суглинистых грунтов, являющихся хорошими проводниками влаги. Наличие в основании – глины, тяжелых или средних суглинков – создает необходимость в устройстве водопроводящих дрен и поглощающих колодцев. Нижний слой основания площадки с покрытием из резиновой крошки может быть двух видов: твердым и сыпучим. К твердым основаниям относятся бетонные и асфальтовые основания. К сыпучим относятся – щебеночные основания. Сыпучие щебеночные основания применяются для площадок с малыми нагрузками (для детских площадок), в то время как основания монолитные (твердые) рекомендуется применять для всех видов площадок и толщиной резинового покрытия от 8 мм.

При проектировании открытых детских площадок важным фактором является экологичность покрытий. Экологическая безопасность покрытия – это свойство всех элементов материала, из которого состоит покрытие, не выделять в атмосферу вредные для человека вещества на протяжении всего периода эксплуатации. К устройству на детских площадках допускаются покрытия, прошедшие сертификацию и подтвердившие экологическую безопасность. Также важным при выборе покрытия для детской площадки является соблюдение правил безопасности во избежание травм и причинения вреда здоровью. Резиновые покрытия обладают амортизирующими свойствами при падении ребенка с игрового оборудования.

Покрытия площадок при разных погодных условиях и намокании не должны менять свои защитные свойства. Стоит отметить, что покрытие из песка во влажном состоянии быстро уплотняется и теряет ударопоглощающие свойства. Поэтому, важно учитывать влияние погодных условий и климатических факторов в соответствии с климатической зоной.

Такой фактор, как цвето-фактурное решение покрытия площадки в сочетании с группами зеленых насаждений, должен создавать оригинальный облик территории и быть основой объемно-пространственной композиции игрового пространства, в том числе выбор покрытия должен отвечать своему назначению с учетом деятельности площадки.

Немаловажным фактором при выборе технологии устройства покрытия площадок является безремонтный срок эксплуатации и ремонтпригодность. Покрытие площадок рассчитаны на многолетнюю эксплуатацию в режиме постоянных нагрузок. Однако любое покрытие в процессе эксплуатации

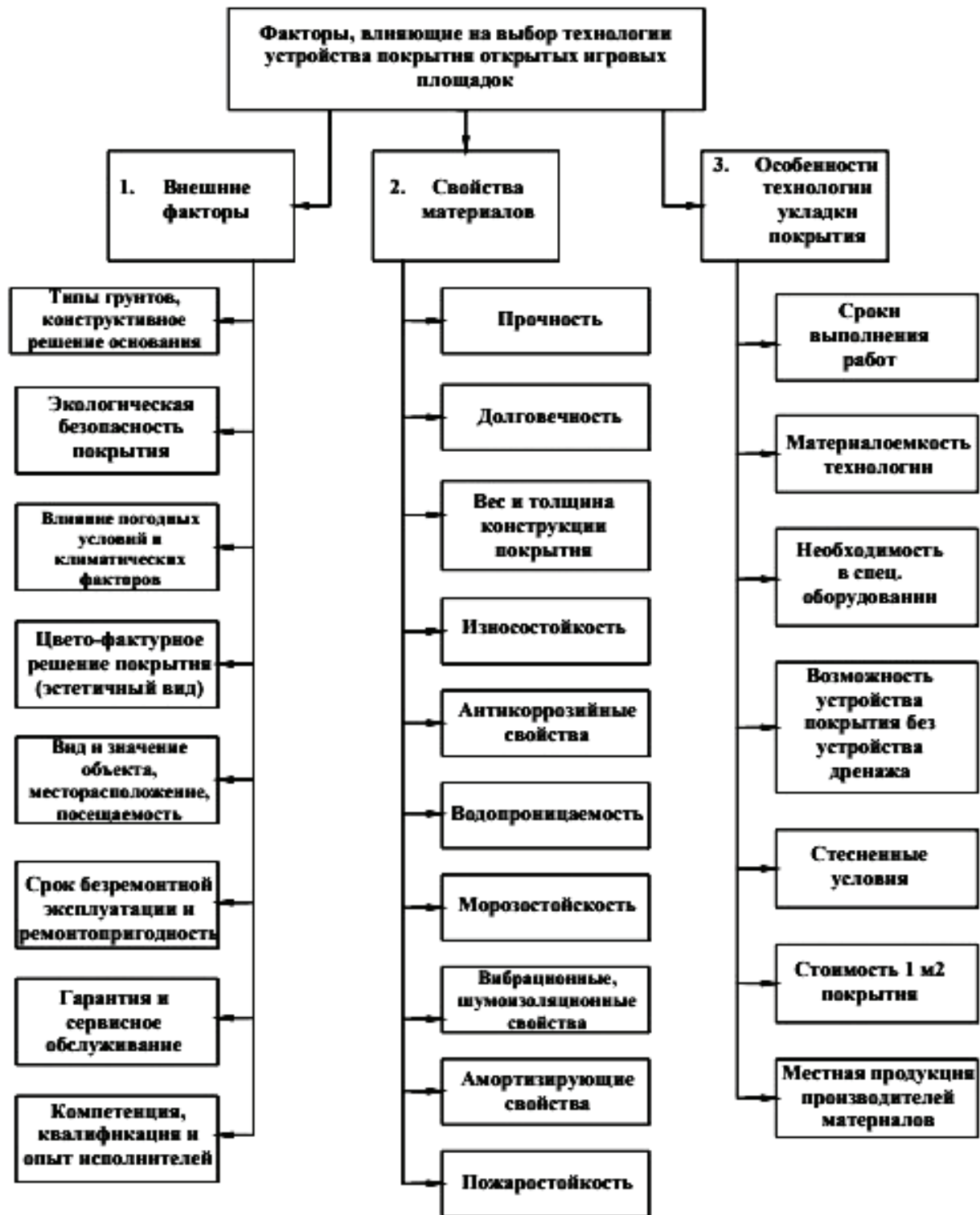


Рисунок 4 – Основные факторы, влияющие на выбор технологии устройства покрытия открытых детских площадок.

подвергается различным повреждениям. Процесс ремонта требует комплексного подхода, поэтому работы должны выполнять специализированные квалифицированные бригады.

Сервисное обслуживание детской площадки состоит из трех основных элементов: осмотре, обслуживании и ремонте.

Интенсивно эксплуатируемые площадки нуждаются в ежегодном осмотре. В ходе контроля технического состояния площадки, при осмотре определяют наличие гниения, коррозии, влияние ремонта на безопасность площадки.

Одним из критериев, влияющих на выбор материалов и технологии устройства покрытия игровых площадок, являются свойства материалов. Прочностные характеристики, долговечность материалов, вибрационные и шумоизоляционные свойства, вес и толщину покрытия, стойкость к атмосферному воздействию, водопроницаемость, морозостойкость, амортизирующие свойства, пожаростойкость, а также инсоляцию территории необходимо учитывать еще на стадии принятия решения.

Выбор технологии укладки покрытия игровых площадок требует квалифицированного подхода, в основе работ по устройству покрытия игровых площадок должен лежать комплексный технологический подход. В зависимости от вида работ, сроков выполнения работ, материалоемкости технологии применяемых материалов, их стоимости, рельефа местности, стесненных условий застроенной части, необходимости в специальном оборудовании, влажности и температуры воздуха, игрового оборудования с определенным видом деятельности детей на площадке определяется технология устройства покрытия. Для сокращения затрат необходимо проанализировать продукцию региональных производителей. Такой подход позволит избежать многих ошибок при выборе вида покрытия элементов благоустройства.

В настоящее время проектировщики и заказчики, полагаясь на личный опыт и рекомендации производителей работ, а также поставщиков материалов, производят выбор материалов и технологий интуитивно. В некоторых случаях определяющим фактором нередко служит стоимость 1 м<sup>2</sup> без учета вышеперечисленных факторов.

Таким образом, для качественного проведения работ необходимо выполнить анализ в области рационального применения различных технологий устройства покрытий открытых площадок с учетом всех требований и выявленных факторов.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

На выбор покрытия детской площадки оказывают влияние множество факторов. Поэтому в каждом отдельном случае покрытие для открытых игровых площадок необходимо выбирать по нескольким приоритетным показателям с учетом выявленных факторов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bodrova, E. Tools of the mind: Vygotskian approach to early childhood education. (2nd ed.) / E. Bodrova, D. Leong. – Текст : электронный. – Columbus, OH: Merrill; Prentice Hall, 2007. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/31663781> (дата обращения: 03.11.2022).
2. Касвинов, С. Г. Система Выготского. Книга 1: Обучение и развитие детей и подростков / С. Г. Касвинов. – Харьков : Райдер, 2013. – 460 с. – Текст : непосредственный.
3. Образовательный потенциал современных городских детских площадок: экспертиза и перспективы развития / А. Н. Якшина, Т. Н. Ле-Ван, Е. Е. Крашенинников-Хайт [и др.]. – Текст : электронный // СДО. – 2018. – № 6 (88). – С. 28–42. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obrazovatelnyy-potentsial-sovremennyh-gorodskih-detskikh-ploshchadok-ekspertiza-i-perspektivy-razvitiya> (дата обращения: 03.11.2022).
4. Детская площадка в контексте культурно-исторической психологии / Е. О. Смирнова, И. А. Котляр, М. В. Соколова [и др.]. – DOI: 10.17759/chp.2016120316. – Текст : электронный // Культурно-историческая психология. – 2016. – Том 12, № 3. – С. 269–279. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27349282> (дата обращения: 03.11.2022). – EDN: XAMPER.
5. ГОСТ Р 52169-2012. Оборудование и покрытия детских игровых площадок. Безопасность конструкции и методы испытаний. Общие требования = Children's playgrounds equipment and surfacing. Safety of structure and test methods. General requirements : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 ноября 2012 г. № 1148-ст : взамен ГОСТ Р 52169-2003 : дата введения 2013-07-01 / разработан Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении» (ВНИИНМАШ). – Москва : Москва Стандартинформ, 2014. – 45 с. – Текст : непосредственный.
6. ТР ЕАЭС 042/2017. О безопасности оборудования для детских игровых площадок : технический регламент Евразийского экономического союза : принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 17 мая 2017 г. № 21. – 44 с. – Текст : непосредственный.



7. ГОСТ Р ЕН 1177-2013. Покрытия игровых площадок. Ударопоглощающие. Определение критической высоты падения = Impact attenuating playground surfacing. Determination of critical fall height : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24 июня 2013 г. N 181-ст : взамен ГОСТ Р ЕН 1177-2006 дата введения 2014-01-01 / подготовлен Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении» (ВНИИНМАШ) на основе собственного аутентичного перевода на русский язык европейского регионального стандарта, указанного в пункте 4 / внесен Техническим комитетом по стандартизации ТК 455 «Оборудование детских игровых площадок». – Москва : Стандартинформ, 2014. – 14 с. – Текст : непосредственный.
8. Ковешников, А. И. Методика проектирования детских игровых площадок : учебное пособие / А. И. Ковешников ; научный редактор С. И. Архангельский ; Московский педагогический государственный университет им. В. И. Ленина. – Москва : Прометей, 1991. – 109 с. – Текст : непосредственный.
9. Ковешников, А. И. Методика преподавания спецдисциплин у бакалавров ландшафтной архитектуры (на примере проектирования детских игровых площадок) / А. И. Ковешников, П. А. Ковешников, А. Б. Косенкова. – Текст : непосредственный // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки. – 2018. – № 4 (81). – С. 343–345.
10. Мигулько, Е. Н. Нестандартный дизайн школьных игровых площадок / Е. Н. Мигулько, О. Н. Мешерякова. – Текст : электронный // Austrian Journal of Humanities and Social Sciences. – 2014. – № 3–4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nestandartnyy-dizayn-shkolnyh-igrovyyh-ploshchadok> (дата обращения: 03.11.2022).
11. Григорьев, А.Д. Детские игровые площадки : учебное пособие / А. Д. Григорьев. – Магнитогорск: МаГУ, 2012. – 234 с. – Текст : непосредственный.
12. Сотникова, В.О. Проектирование элементов благоустройства. Детские площадки. Площадки отдыха. Малые сады : учебное пособие / В. О. Сотникова. – Ульяновск : УЛГТУ, 2008. – 116 с. – Текст : непосредственный.

Получена 05.11.2022

Принята 25.11.2022

О. І. НОВИЦЬКА, Г. В. КРУПЕНЧЕНКО  
 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ УЛАШТУВАННЯ  
 ПОКРИТТЯ ВІДКРИТИХ ДИТЯЧИХ МАЙДАНЧИКІВ  
 ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** Доведено, що діти найбільш гармонійно розвиваються в умовах, коли їх не обмежують в процесі знайомства з навколишнім світом [1, 2, 3, 4]. Саме дитячий майданчик відіграє в цьому важливу роль. Покрытия дитячих відкритих майданчиків повинні бути в першу чергу комфортними і безпечними. Застосування сучасних технологій і матеріалів при влаштуванні покриття відкритих дитячих майданчиків сприяють пом'якшенню можливих ударів дітей при падінні, а також такі покриття запобігають утворенню ям, калюж і бруду на виходах з гірок, під скеледромами, гоїдалками, сходами і в інших місцях, схильних до високих навантажень. Однак існують і традиційні методи влаштування покриттів майданчиків, що застосовуються на даний час. У зв'язку з цим розглянуто конструктивно-технологічні рішення влаштування покриття відкритих дитячих майданчиків, а також виконано аналіз і класифікацію факторів, що впливають на вибір влаштування покриття ігрових майданчиків.

**Ключові слова:** елементи благоустрою, дитячі майданчики, синтетичні покриття, гумова плитка, фактори, конструктивно-технологічні рішення.

ELENA NOVITSKAYA, ANNA KRUPENCHENKO  
 DESIGN AND TECHNOLOGY CONCEPTS FOR THE UNCOVERED OUTDOOR  
 PLAYGROUNDS LAYING  
 Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** It is proved that children develop most harmoniously in conditions when they are not restricted in the process of getting to know the world around them [1, 2, 3, 4]. It is the playground that plays an important role in this. The coverings of children's outdoor areas should be, first of all, comfortable and safe. The use of modern technologies and materials in the construction of outdoor playgrounds serves to mitigate possible impacts of children when falling, as well as such coatings prevent the formation of holes, puddles and dirt at the exits from slides, under climbing walls, swings, stairs and in other places subject to high loads. However, there are also traditional methods of playgrounds laying that are currently used. In this regard, the design and technology concepts of the uncovered outdoor playgrounds laying are considered, as well as the analysis and classification of factors influencing the choice of the playgrounds laying is performed.

**Key words:** amenities, playgrounds, synthetic coatings, rubber tiles, factors, design and technology concepts.

**Новицкая Елена Ивановна** – ассистент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: ограждающие конструкции зданий и сооружений, элементы благоустройства объектов ландшафтной архитектуры.

**Крупенченко Анна Викторовна** – старший преподаватель кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технология и организация работ при реконструкции зданий и сооружений.

**Новицька Олена Іванівна** – асистент кафедри технології та організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: огорожувальні конструкції будівель і споруд, елементи благоустрою об'єктів ландшафтної архітектури.

**Крупенченко Ганна Вікторівна** – старший викладач кафедри технології та організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: реконструкція промислових і цивільних споруд.

**Novitskaya Elena** – assistant, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: enclosing structures of buildings and structures, landscape architecture objects amenities.

**Krupenchenko Anna** – senior lecturer, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: technology and organization of works in renovation of buildings and structures.

EDN: VQYU7L

УДК 699.865

**А. В. ИХНО, А. С. ВОЛКОВ, А. Б. КОСИК**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ВЫБОР ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ УТЕПЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РЕЗЕРВУАРОВ**

**Аннотация.** В статье приведены результаты поиска рациональных организационно-технологических методов устройства утепления стен цилиндрических резервуаров для хранения жидкостей. На основании анализа нормативных требований по расчету и проектированию тепловой изоляции резервуаров, существующих инженерных методик определены основные факторы, влияющие на выбор теплоизоляционной конструкции. Разработана классификация факторов, оказывающих влияние на выбор теплоизоляционного материала. На основании проведенных исследований характеристик и номенклатуры современных теплоизоляционных материалов для изоляции резервуаров произведен сравнительный анализ стоимости материалов за 1 м<sup>2</sup> при одинаковых показателях теплосбережения. Произведена калькуляция затрат труда на процесс утепления по технологиям, получившим наибольшее распространение в практике утепления резервуаров, которая позволила количественно оценить показатели трудоемкости на 100 м<sup>2</sup> изолируемой поверхности. Выявлены характерные различия в структуре процессов, которые в большей мере определяются требованиями к изолируемой поверхности, температуре проведения работ и устройством покровного слоя для теплоизоляции. Сравнительный анализ показателей трудоемкости комплексного процесса утепления резервуаров, проведенный для наиболее распространенных технологий, помог выявить наиболее эффективные методы. Получены технико-экономические показатели принятых организационно-технологических решений при утеплении цилиндрического резервуара  $D = 24$  м,  $H = 4,8$  м методом напыления пенополиуретаном с общей толщиной теплоизоляционного слоя 50 мм.

**Ключевые слова:** теплоизоляционная конструкция, покровный слой, цилиндрический резервуар, энергозатраты, трудоемкость, стоимость, технико-экономические показатели.

Несовершенство нормативной базы, недостатки проектирования, дефекты изготовления способствуют раннему повреждению конструкций железобетонных резервуаров для хранения воды. Наибольшее деструктивное действие на железобетонные конструкции отстойников и резервуаров для воды оказывает сквозная фильтрация воды в трещинах днища, стен и покрытия. Причиной образования трещин являются как температурные деформации отдельных железобетонных элементов, так и деформации всего сооружения, вызванные неравномерной осадкой грунта. В морозные зимы холод проникает сквозь стенки даже значительной толщины и угрожает замерзанием воды. Это может привести не только к непригодности водохранилища в технологических целях, но и к разрушению всей его конструкции.

На сегодняшний день актуальной становится задача продления срока эксплуатации железобетонных сооружений для хранения жидкостей, решением которой является правильная эксплуатация сооружений при постоянном поддержании оптимального температурного режима, при этом необходимым мероприятием является утепление стенок резервуаров [1]. В свою очередь, выбор компенсирующего мероприятия тепловых потерь через стенки резервуара, а именно конструкции изоляции, поиск ее оптимальных параметров с оценкой технологичности и стоимости является актуальным вопросом как для промышленных предприятий и строительных площадок, так и для объектов обеспечения жизнедеятельности населенных пунктов [6].

*Целью исследования* является разработка рациональных организационно-технологических решений процесса утепления железобетонных резервуаров на основании определения наиболее эффективной технологии производства работ.

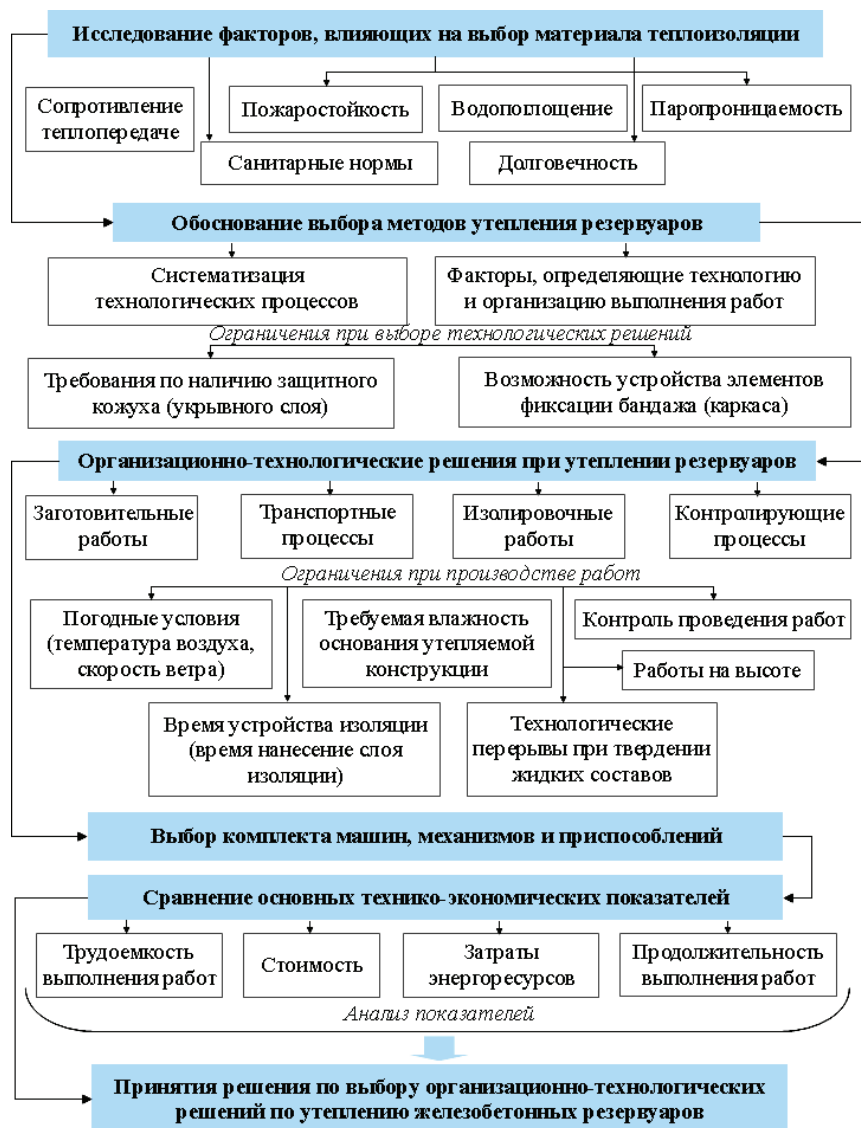


Задачи по утеплению емкостей решаются различными способами и с применением различных материалов. В основном используют вещества, которые замедляют движение тепла через стенки. В зависимости от используемых материалов перечень этапов теплоизоляции может варьироваться. Но в любом случае используют ряд специальных материалов с низкой теплопроводностью. Для каждого типа резервуара существуют свои технологии утепления. Готовый слой теплоизоляции должен задерживать расчетное количество тепла, не допускать образования конденсата в зоне контакта со стенками, не разрушаться под действием атмосферных факторов, технических жидкостей, хранящихся в емкости, ультрафиолета, влаги. Перед выбором теплоизоляционного материала необходимо обязательно учитывать его технические характеристики. Энергоэффективность зданий и сооружений является важным параметром и регулируется нормативными документами: федеральным законом от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями); нормативно-правовыми актами (Приказ Министерства регионального развития РФ от 28 мая 2010 г. № 262 «О требованиях энергетической эффективности зданий, строений, сооружений»). Принципы измерения и верификации энергетической эффективности, методы оценки эффективности регламентирует ГОСТ Р 56743-2015 «Измерение и верификация энергетической эффективности. Общие положения по определению экономии энергетических ресурсов». Расчет и проектирование тепловой изоляции оборудования выполняется по инженерным методикам в соответствии с требованиями СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» [7]. Расчет толщины теплоизоляционного слоя в конструкциях тепловой изоляции оборудования производится в зависимости от её назначения. Для резервуаров, предназначенных для хранения жидкости и находящихся на открытом воздухе, производятся расчеты: по нормам плотности теплового потока; по заданной температуре на поверхности изоляции; толщины изоляции по заданной величине изменения температуры вещества в ёмкости. Распределение температур в цилиндрических многослойных изоляционных конструкциях рассчитывается с учетом линейной плотности теплового потока через цилиндрические поверхности ( $q_L$ ). Технические требования к теплоизоляционным конструкциям для тепловой изоляции резервуаров, расположенных на открытом воздухе, устанавливаются ТУ 36-1180-85 «Индустриальные конструкции для промышленной тепловой изоляции трубопроводов, аппаратов и резервуаров».

Учитывая физические и химические характеристики жидкостей, для теплоизоляции резервуаров используется широкий ассортимент материалов природного и синтетического происхождения. В основном это: вспененный полиуретан (ППУ); полиизоцианурат (ПИР); вспененный каучук; пеностекло; минеральная вата; жидкое керамическое теплоизоляционное покрытие (ЖКТ). Вещества отличаются коэффициентом теплопроводности, прочностью, технологией монтажа и противопожарными свойствами. Виды теплоизоляционных материалов для таких видов сооружений, как резервуары для хранения жидкостей, делятся по температуре применения на теплоизоляционные материалы, применяемые для оборудования с положительными или отрицательными температурами поверхности. Выбор изоляции для утепления железобетонных резервуаров зависит от множества факторов, основными из которых является назначение теплоизоляционной конструкции: обеспечение экономической эффективности теплоизоляционной конструкции; предотвращение замерзания вещества [8]. При выборе метода учитываются специальные требования к теплоизоляционным конструкциям (при необходимости требования экологической или пожарной безопасности, допустимые нагрузки на тепловую изоляцию и т. п.).

На основании проведенного анализа факторов, влияющих на выбор рациональных организационно-технологических решений процесса утепления железобетонных резервуаров, была разработана структурно-логическая схема исследования, которая представлена на рисунке 1. Проведенный обзор теплоизоляционных материалов показал, что современные материалы, используемые в качестве технической изоляции промышленных объектов, имеют низкий коэффициент теплопроводности, высокий показатель водостойкости и характеризуются устойчивостью к механическим повреждениям. При этом современные материалы имеют небольшой вес и не утяжеляют конструкцию, устойчивы к колебаниям температур и применяются в широком температурном диапазоне (от  $-260^{\circ}$  до  $500^{\circ}$  °C).

Номенклатура отечественных и зарубежных волокнистых теплоизоляционных материалов, предназначенных для тепловой изоляции оборудования, представлена традиционно применяемыми матами минераловатными прошивными безобкладочными или в обкладках из металлической сетки или



**Рисунок 1** – Структурно-логическая схема исследования по выбору рациональных организационно-технологических решений процесса утепления резервуаров.

стеклоткани с одной или двух сторон. Для тепловой изоляции и противопожарной защиты продукция Rockwool (Дания) представлена продуктами из каменной ваты (рулонированные маты WIRED MAT, LAMELLA MAT L, ROCKWOOL TEX MAT). Изоляция промышленного оборудования представлена продуктами минеральной изоляции URSA GEO или URSA TERRA 34 RN Технический мат. Применяемый материал безопасен для человека и окружающей среды и рекомендован для применения на предприятиях пищевой промышленности. Материалы линейки «Техническая изоляция» Knauf Инсулейшн представлены тремя марками: TS 037 A (TR 037 A) (базовый), TS 035 A; TS 034 A (TR 034 A). Благодаря технологии Aquastatik утеплитель защищен от воздействия воды. Для изоляции стен резервуаров применяются изделия PAROC Pro Slab 60, PAROC Pro Slab 40, для изоляции кровли резервуара – PAROC Pro Roof Slab 90. Из пенопластов применение в конструкциях тепловой изоляции оборудования находит применение заливочный и напыляемый пенополиуретан. К ведущим производителям пенополиуретана относятся следующие компании: Basf, ICYNENE, Dow-isolan, SYNTHESIA, TEPLOSARE, «Химтраст», HUNTSMAN, DEMILEC, BAYER, TECNOPOL и др. Разработчиком и производителем наиболее распространенных марок является Изолан-345 (заливочный), Изолан-210 (штучные изделия – плиты, сегменты) и Изолан-105 (напыляемый) является НПП «Изолан» (г. Владимир). Эффективным материалом для изоляции оборудования и резервуаров

является пеностекло. Наиболее известными компаниями по производству пеностекла «Pittsburg Corning», «СТЭС-ВЛАДИМИР», «Izostek, завод ЭТИЗ. Это материал (плиты, сегменты) с закрытыми порами, негорючий, с температурой применения от  $-260$  до  $485^{\circ}\text{C}$  и высокими прочностными свойствами. Среди материалов, предназначенных для технической изоляции, актуальной для многих отраслей является теплоизоляция из вспененного каучука. Наиболее широко распространены продукты из вспененного каучука материалы торговых марок Insul Tube, Eurobatex, K-flex, Armaflex, Kaiflex. Заслуживает внимания принципиально новый вид теплоизоляции – жидкая керамическая теплоизоляция, которая отличается от известных изоляторов тепла и видом, и принципом работы, и показателями эффективности. В этом материале соединены свойства отражения теплового потока, «остановки» его прохождения и некоторого «запирания» в массе самого изолятора.

Проведен сравнительный анализ стоимости материалов при одинаковых показателях теплосбережения за  $1\text{ м}^2$ . Сравнение стоимости проводилось для вариантов:

- Маты из каменной ваты Rockwool TEX MAT  $5\,000 \times 1\,000$  с коэффициентом монтажного уплотнения – 1,2);
- Пеностекло FOAMGLAS (Плиты  $1\,200 \times 600$  мм);
- Вспененный каучук Рулон K-Flex (листы шириной 1 м);
- Пенополиуретан Химтраст СКН-40 Г1 (закрытоячеистый);
- Жидкая керамическая теплоизоляция Корунд ( $1\text{ мм } 1\text{ л/м}^2$ ).

Наименьшая цена материала составляет  $572\text{ руб/м}^2$  (маты Rockwool TEX MAT) и максимальный порядок цен на изделия из вспененного каучука ( $4\,170\text{ руб/м}^2$ ).

Классификация факторов, оказывающая влияние на выбор теплоизоляционного материала для утепления железобетонных резервуаров представлена на рисунке 2.



**Рисунок 2** – Основные факторы, влияющие на выбор теплоизоляционного материала с учетом его физико-технических характеристик.

Проведены исследования особенностей производства работ при утеплении стен резервуаров по наиболее распространенным технологиям. На сегодняшний день существует множество способов утепления. В состав конструкции теплоизоляции входит: теплоизоляционный слой – слой материала, применяемый для уменьшения тепловых потерь; покрывной слой – применяется в роли защитной оболочки, которая обеспечивает защиту теплоизоляции материала от воздействия окружающей

среды и механических повреждений; элементы крепления – элементы, с помощью которых осуществляется крепления теплоизоляции к изолируемой поверхности.

Существует несколько видов и методов технологии теплоизоляции резервуаров.

**Блочная с защитным металлическим покрытием.** Этот метод предполагает использование блоков из пенополиуретана или полиизоцианурата с финишным металлическим слоем. Они монтируются на стенку и крышку резервуара при помощи специальных крепежей или клея. Часто блоки для утепления изготавливаются на заказ и по форме повторяют конфигурацию емкости.

**С минеральным утеплителем и металлическим слоем.** В этом случае утепление выполняется матами из минеральной ваты, которые фиксируются на резервуаре и закрываются листами устойчивого к коррозии оцинкованного металла.

**С использованием жидкого пенополиуретана.** Такой вид теплоизоляции связан с нанесением под металлическое покрытие слоя жидкого пенополиуретана, который обеспечивает нужный температурный режим в емкости.

**Напылением жесткого пенополиуретана.** Утепление с помощью жесткого пенополиуретана выполняется при помощи специализированного пенонапылительного оборудования, позволяющего нанести изоляцию послойно. При этом толщина каждого слоя находится в пределах 8...20 мм и зависит от марки пенополиуретана и эксплуатационных требований.

**Из синтетического вспененного каучука.** Вспененный каучук – современный рулонный материал, который во время работ по утеплению приклеивается к стенкам и кровле резервуара. Предварительно эти поверхности обрабатываются грунтом, а после фиксации утеплителя стыки рулонов проклеиваются теплоизолирующей лентой для лучшей герметизации.

Материальные затраты, снижение трудовых затрат и повышение производительности работ – основные показатели для принятия окончательного решения при выборе методов утепления резервуаров. Обоснование выбора эффективных технологических решений возможно только после систематизации технологических процессов и факторов, определяющих технологию и организацию выполнения работ. Для проведения исследования было выбрано пять технологий, получивших в настоящее время наибольшее распространение в практике утепления резервуаров при наземном расположении: устройство утепления минеральным волокном; устройство утепления блоками (плитами) пеностекла; устройство утепления из вспененного каучука; устройство напыляемой теплоизоляции из пенополиуретана; устройство утепления жидким керамическим покрытием.

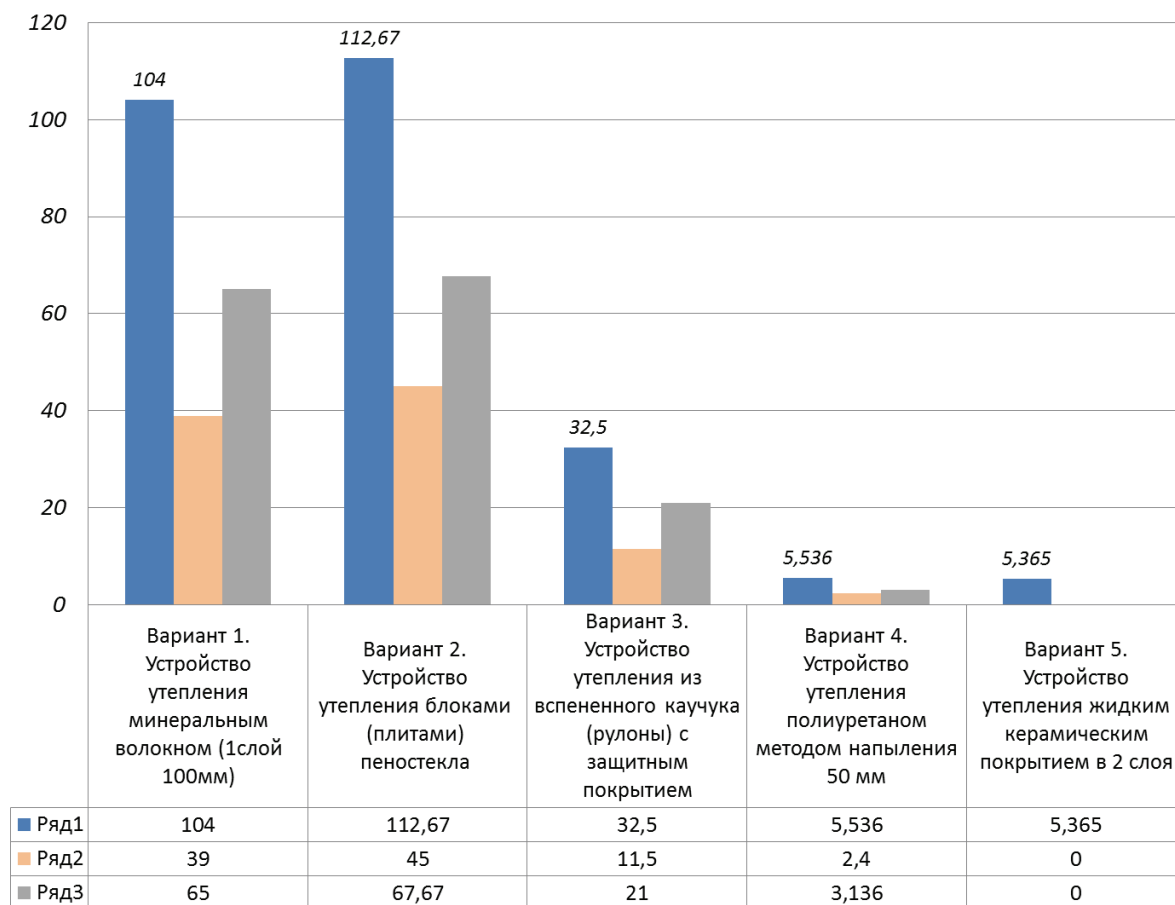
На основании выполненной калькуляции затрат труда проведено сравнение показателей трудоемкости (чел.-ч., маш.-ч.) комплексного процесса при утеплении стен резервуаров выполненное на 100 м<sup>2</sup> изолируемой поверхности с применением различных технологий (рис. 3). Выполненный сравнительный анализ трудоемкости комплексных процессов утепления резервуаров помог выявить наиболее эффективные методы, такие как, утепление жидкими керамическими покрытиями и устройство напыляемой теплоизоляции из пенополиуретана, трудозатраты по которым соответственно составили 5,365 и 5,536 чел.-ч. Данные альтернативные методы характеризуются механизированным способом нанесения изоляции в сравнении с традиционным методом использования минераловатных плит, наиболее трудоемким процессом (104 чел.-ч.) на 100 м<sup>2</sup> утепляемой конструкции.

Принятые организационно-технологические решения напрямую влияют на сроки выполнения работ по изоляции резервуаров. Исходя из принятых решений по технологии выполнения изоляционных работ, подбирается необходимый комплект машин и механизмов для этого процесса. Конечная стоимость и сроки строительства являются достаточными основаниями для выбора необходимого специального оборудования и технологического оснащения. Учитывая все факторы, которые влияют на выполнение изоляционных работ, принимается оптимальный вариант по применению того или иного материала, а также технологии производства работ.

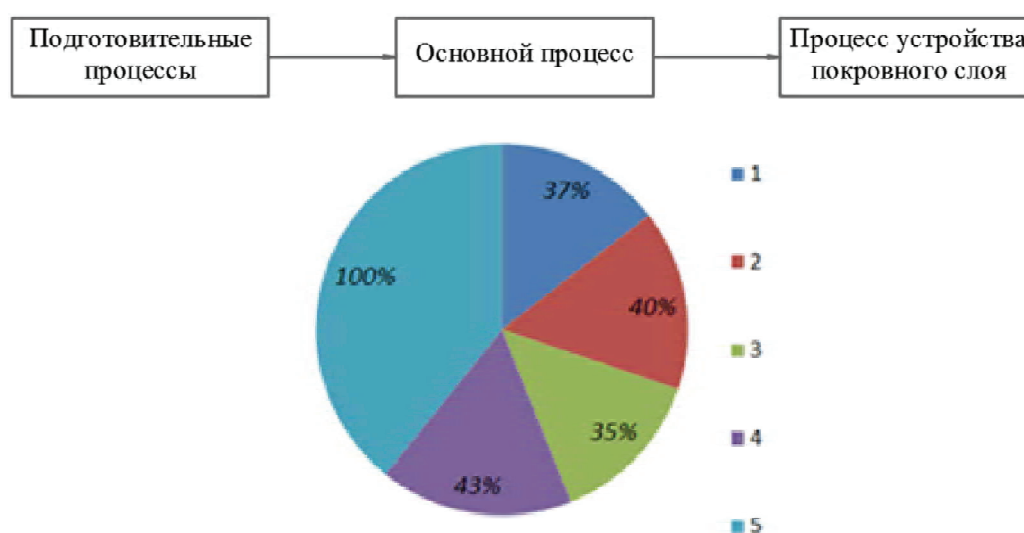
Получены сравнительные показатели трудоемкости при выполнении комплексного процесса по утеплению стен железобетонного резервуара по различным технологиям. Доля затрат труда (чел.-ч) при устройстве теплоизоляционного слоя (ведущий процесс) в составе комплексного процесса приведена на рисунке 4.

На основе проведенных исследований разработаны технологические схемы на устройство теплоизоляции цилиндрического резервуара  $D = 24$  м,  $H = 4,8$  м методом напыления пенополиуретаном, с общей толщиной теплоизоляционного слоя 50 мм, состоящей из трех слоев – толщина первого слоя составляет 20 мм, последующих по 15 мм. Для достижения равномерной толщины общего слоя слои необходимо наносить крестообразно. Второй слой наносится с разворотом на 90°, третий слой снова поворачивается на 90° и т. д. При этом, необходимо систематически проверять толщину слоев путем прокола мерным шупом. Относительные неровности и утолщения не влияют на качество изоляции.





**Рисунок 3** – Сравнительные показатели трудоемкости (чел.-ч.) по наиболее распространенным технологиям утепления резервуаров.

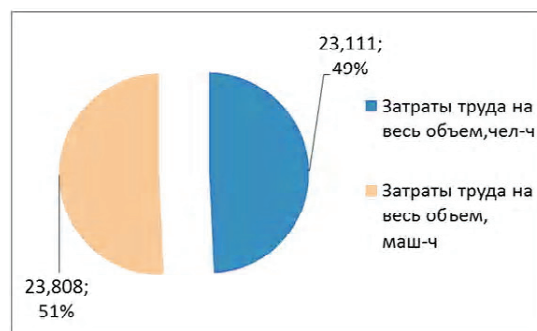


**Рисунок 4** – Доля затрат труда (чел.-ч) при устройстве теплоизоляционного слоя в составе комплексного процесса для различных технологий: 1 – устройство утепления минеральным волокном; 2 – устройство утепления блоками (плитами) пеностекла; 3 – устройство утепления из вспененного каучука; 4 – устройство напыляемой теплоизоляции из пенополиуретана; 5 – устройство утепления жидким керамическим покрытием.

Режим труда в технологической карте принят из условия оптимального темпа выполнения трудовых процессов при рациональной организации рабочего места, четкого распределения обязанностей между рабочими бригады с учетом разделения труда, применения усовершенствованного инструмента и инвентаря. В состав работ, рассматриваемых настоящей технологической картой, входят: подготовительные работы, основные и вспомогательные работы, связанные с подготовкой поверхности, подготовкой компонентов, подготовкой оборудования, пробным напылением и непосредственно напылением основных слоев пенополиуретаном, а также заключительные работы. Нормами учтены затраты рабочего времени на подготовительно-заключительные работы (ПЗР), технологические перемены, перемены на отдых и личные надобности. Затраты труда при теплоизоляции резервуара с поверхностью 362 м<sup>2</sup> составили 23,11 чел.-ч, выработка составила 15,7 м<sup>2</sup>/чел.-ч. Нормами учтены, но не оговорены в составе работ мелкие вспомогательные операции, являющиеся неотъемлемой частью технологического процесса (рис. 5, 6).

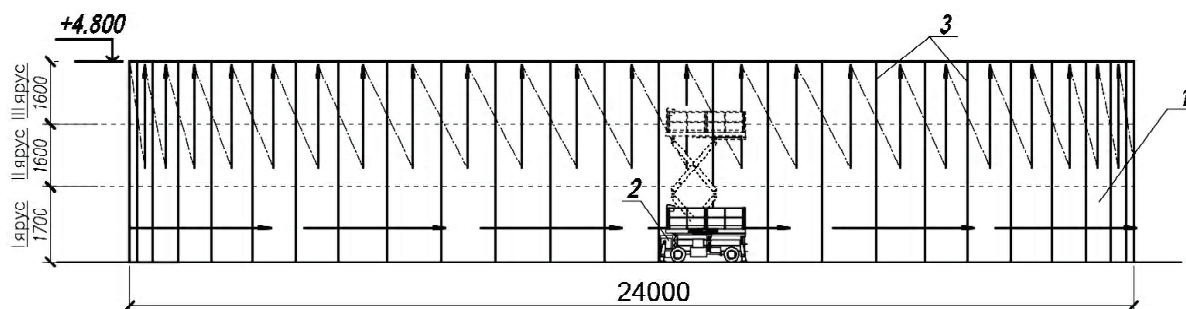


**Рисунок 5** – Распределение затрат при выполнении общего комплекса работ по утеплению стен резервуара пенополиуретаном.



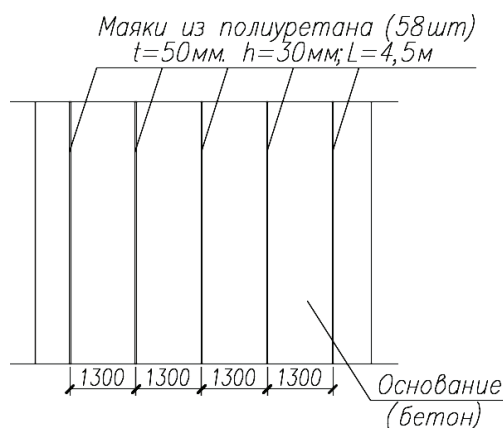
**Рисунок 6** – Распределение затрат ручного и машинного труда при выполнении основных работ по утеплению стен пенополиуретаном.

На рисунке 7 представлена схема организации работ по напылению слоев пенополиуретана [9]. Нанесение слоев должно наноситься в пределах участка, ограниченного маяками из пенополиуретана с высотой, равной толщине напыляемого слоя – 50 мм (рис. 8). На рисунке 9 представлена технология послойного нанесения пенополиуретана.

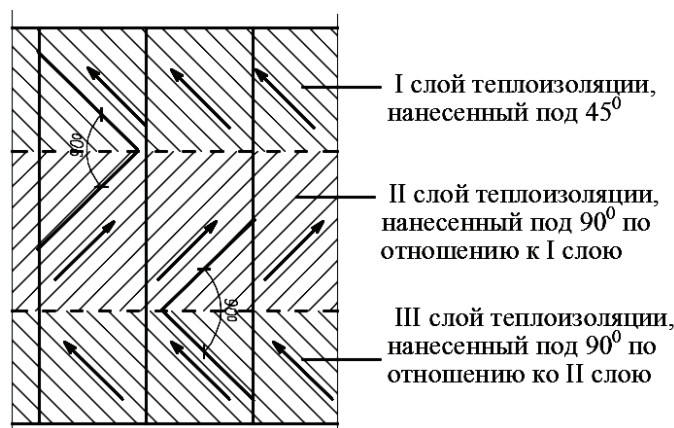


**Рисунок 7** – Схема организации работ по устройству теплоизоляции методом напыления пенополиуретаном цилиндрического резервуара диаметром 24 м, высотой 4,8 м: 1 – изолируемая поверхность резервуара; 2 – ножничный подъемник Haulotte Compact 8; 3 – маяки из пенополиуретана (толщиной равной 30 мм и высотой – 50 мм).

При высоте резервуара до 5 метров производить работы целесообразно с использованием малогабаритных ножничных подъемников с системой управления нагрузкой на платформе. Работы по вертикали следует производить по ярусам, высота яруса зависит от технических характеристик оборудования для напыления пенополиуретана и от физических возможностей рабочих. Высота нижнего яруса принята 1,7 м, двух верхних – 1,6 м (рис. 8, 9).

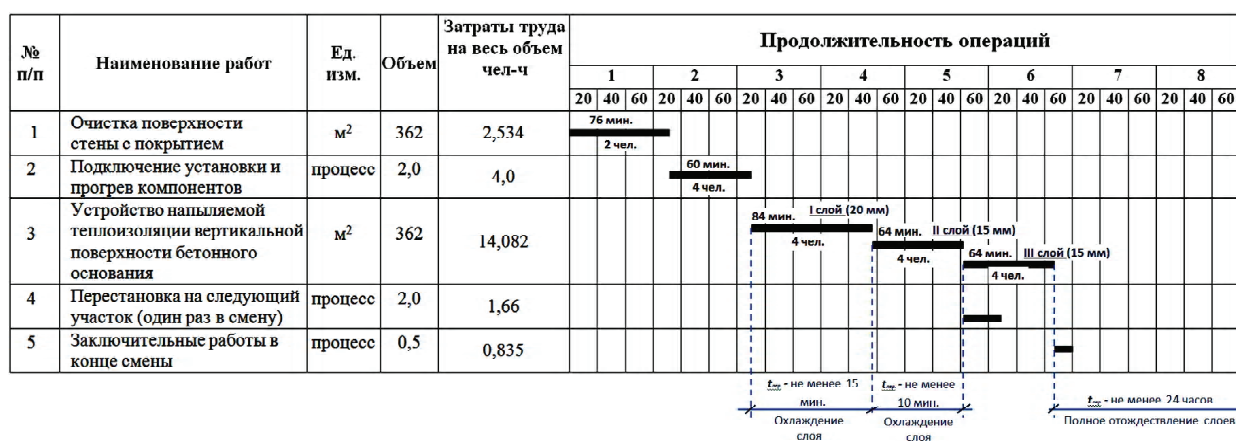


**Рисунок 8** – Устройство маяков для контроля толщины напыления слоя пенополиуретана.



**Рисунок 9** – Технология послойного нанесения пенополиуретана.

На основании калькуляция затрат труда и выбранных методов производства работ разработан график выполнения работ [5] комплексного процесса по утеплению стен резервуара (рис. 10). Технологический перерыв в течение 8-и часовой смены выполненной работы:



**Рисунок 10** – График производства работ по напылению пенополиуретанового покрытия.

– 20,0 минут – при запуске установки (прогрев компонентов);

– 5,0 минут при перестановке и перезаправке (2 процесса);

Итого в течение смены технологический перерыв составит – 30 минут.

Общая продолжительность комплексного процесса по теплоизоляции 362 м<sup>2</sup> поверхности стен железобетонного резервуара, выполняемая бригадой из шести человек, составила 6 часов с учетом подготовки основания, подключением установки и прогревом компонентов с перестановкой на следующий участок.

## ВЫВОДЫ

На основании проведенного анализа установлено, что структура технологических процессов зависит от применяемого изоляционного материала, метода его монтажа, требований к поверхности изолируемой конструкции, требований к температуре окружающего воздуха при проведении работ, наличия покровного слоя.

Выполненный сравнительный анализ трудоемкости комплексных процессов утепления резервуаров помог выявить наиболее эффективные методы, такие как, утепление жидкими керамическими покрытиями и устройство напыляемой теплоизоляции из пенополиуретана, трудозатраты по которым соответственно составили 5,365 и 5,536 чел.-ч. Данные альтернативные методы характеризуются

механизированным способом нанесения изоляции в сравнении с традиционным методом использования минераловатных плит, наиболее трудоемким процессом (104 чел.-ч.) на 100 м<sup>2</sup> утепляемой конструкции.

Устройство утепления поверхностей стен резервуара напыляемой теплоизоляцией из пенополиуретана является наиболее технологичным процессом. Покрытие имеет большую жесткость и прочность, при этом отсутствуют швы и стыки. Нанесение нескольких слоев создает герметичность и защиту емкости от воздействия негативных факторов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пухонто, Л. М. Долговечность железобетонных конструкций инженерных сооружений: (силосов, бункеров, резервуаров, водонапорных башен, подпорных стен) / Л. М. Пухонто. – Москва : Изд-во АСВ, 2004. – 424 с. – Текст : непосредственный.
2. Лысев, В. И. Направления повышения энергоэффективности зданий и сооружений / И. В. Лысев, А. С. Шилин. – Текст : непосредственный // Научный журнал НИУ ИТМО. – 2017. – № 2/3. – С. 18–25.
3. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года : Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 (ред. от 21.07.2020) // Собрание законодательства. – 2018. – № 20. – Ст. 2817. – 19 с. – Текст : непосредственный.
4. Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года : Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 № 1523-р. // Собрание законодательства. – 2020. – № 1523-р. – 93 с. – Текст : непосредственный.
5. СП 48.13330.2019. Организация строительства СНиП 12-01-2004 = Organization of construction : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24 декабря 2019 г. N 861/пр : дата введения 2020-06-25 / АО «НИЦ "Строительство"», ФГБОУ ВПО «НИУ МГСУ», ООО «НИИ ПТЭС», ООО НПЦ «Развитие города». – Москва : Стандартинформ, 2020. – 66 с. – Текст : непосредственный.
6. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений : Федеральный закон : принят Государственной Думой 23 декабря 2009 года : одобрен Советом Федерации 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ (ред. от 02.07.2013) // Собрание законодательства. – 2010. – № 1. – Ст. 5. – 30 с. – Текст : непосредственный.
7. СП 61.13330.2012. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов = Designing of thermal insulation of equipment and pipe lines : издание официальное : утверждён и введён в действие приказом Министерства регионального развития РФ от 27 декабря 2011 г. № 608-ст : актуализированная редакция СНиП 41-03-2003 : дата введения 2013-01-01 / исполнитель Московский государственный строительный университет (МГСУ) и группа специалистов. – Москва : Минрегион России, 2011. – 56 с. – Текст : непосредственный.
8. СП 41-103-2000. Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов = Designing of thermal insulation of equipment and pipe lines : издание официальное : утверждён и введён в действие постановлением Госстроя России от 16 августа 2000 г. № 81-ст : дата введения 2000-08-16 : дата актуализации 2021-01-01. – Москва : ФГУП ЦПП, 2000. – 41 с. – ISBN-5-88111-071-4. – Текст : непосредственный.
9. СП 71.13330.2017. Изоляционные и отделочные покрытия : издание официальное : утверждён и введён в действие приказом Министерства строительства жилищно-коммунального хозяйства РФ от 27 февраля 2017 г. № 128/пр-ст : актуализированная редакция СНиП 3.04.01-87 : дата введения 2017-08-28. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 85 с. – Текст : непосредственный.

Получена 16.11.2022

Принята 25.11.2022

## Г. В. ІХНО, А. С. ВОЛКОВ, О. Б. КОСІК ВИБІР ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ УТЕПЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ РЕЗЕРВУАРІВ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ВОДИ ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** У статті наведено результати досліджень організаційно-технологічних методів улаштування утеплення стін циліндричних резервуарів для зберігання води. На основі аналізу нормативних вимог щодо розрахунку та проектування теплової ізоляції резервуарів, існуючих інженерних методик визначено основні фактори, що впливають на вибір теплоізоляційної конструкції. Розроблено класифікацію факторів, що впливають на вибір теплоізоляційного матеріалу. На основі проведених досліджень характеристик та номенклатури сучасних теплоізоляційних матеріалів для ізоляції резервуарів проведено порівняльний аналіз вартості матеріалів за 1 м<sup>2</sup> за однакових показників теплозбереження. Зроблено калькуляцію витрат праці на процес утеплення за технологіями, що набули найбільшого поширення у практиці утеплення резервуарів, що дозволило кількісно оцінити показники трудомісткості на 100 м<sup>2</sup> площі, що ізолюється. Виявлено характерні відмінності у структурі процесів, які більшою мірою визначаються вимогами до поверхні, що ізолюється, температури проведення робіт

та улаштуванням покривного шару для теплоізоляції. Порівняльний аналіз показників трудомісткості комплексного процесу утеплення резервуарів, проведений для найбільш поширених технологій, допоміг виявити найбільш ефективні методи. Отримано техніко-економічні показники прийнятих організаційно-технологічних рішень при утепленні циліндричного резервуару  $D = 24$  м,  $H = 4,8$  м методом наплення пінополіуретаном із загальною товщиною теплоізоляційного шару 50 мм.

**Ключові слова:** теплоізоляційна конструкція, покривний шар, циліндричний резервуар, енерговитрати, трудомісткість, вартість, техніко-економічні показники.

ANNA IHNO, ANDREI VOLKOV, ALEKSEY KOSIK  
SELECTION OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR  
THE INSULATION OF REINFORCED CONCRETE WATER STORAGE TANKS  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The article presents the results of research on organizational and technological methods for insulating the walls of cylindrical water storage tanks. Based on the analysis of regulatory requirements for the calculation and design of thermal insulation of tanks, existing engineering methods, the main factors influencing the choice of thermal insulation structure were determined. A classification of factors influencing the choice of heat-insulating material has been developed. Based on the studies of the characteristics and range of modern heat-insulating materials for tank insulation, a comparative analysis of the cost of materials per 1 m<sup>2</sup> was made with the same heat saving indicators. The calculation of labor costs for the process of thermal insulation using technologies that have become most widespread in the practice of thermal insulation of tanks has been carried out, which made it possible to quantify the labor intensity per 100 m<sup>2</sup> of insulated area. Characteristic differences in the structure of processes are revealed, which are largely determined by the requirements for the insulated surface, the temperature of the work, and the arrangement of the cover layer for thermal insulation. A comparative analysis of the labor intensity of the complex process of tank insulation, carried out for the most common technologies, helped to identify the most effective methods. The technical and economic indicators of the adopted organizational and technological solutions were obtained when insulating a cylindrical tank  $D = 24$  m,  $H = 4.8$  m by spraying with polyurethane foam, with a total thickness of the heat-insulating layer of 50 mm.

**Key words:** thermal insulation structure, cover layer, cylindrical tank, energy consumption, labor intensity, cost, technical and economic indicators.

**Ихно Анна Владимировна** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование, монтаж, эксплуатация, техническая диагностика, оценка технического состояния, реконструкция и усиление строительных металлических конструкций, технология и организация работ при строительстве и реконструкции зданий и сооружений

**Волков Андрей Сергеевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование прочностных и деформативных свойств конструкций из модифицированного высокопрочного бетона, оценка технического состояния и проектирование железобетонных конструкций.

**Косик Алексей Борисович** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование и организация работ при реконструкции гражданских зданий.

**Ихно Ганна Володимирівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології та організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування, монтаж, експлуатація, технічна діагностика, оцінка технічного стану, реконструкція та підсилення будівельних металевих конструкцій, технологія та організація робіт при будівництві та реконструкції будівель та споруд

**Волков Андрій Сергійович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження міцнісних та деформативних властивостей конструкцій з модифікованих високоміцних бетонів, оцінка технічного стану і проектування залізобетонних конструкцій.

**Косік Олексій Борисович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології та організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування та організація робіт при реконструкції цивільних будівель.

**Ihno Anna** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: designing, installation, usage, technical diagnostics, an estimation of a technical condition, reconstruction and strengthening of building metal designs, technology and the organization of works at construction and reconstruction of buildings and structures.

**Volkov Andrei** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Reinforced Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interest: determination of strength and strain properties of modified high strength concrete structures, structural assessment and design of reinforced concrete constructions.

**Kosik Aleksey** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: design and organization of work during the reconstruction of civil buildings.

EDN: ZJEMBT

УДК 699.82:624.07:69.07:692.843

**В. А. МАЗУР, В. О. КИСЕЛЁВА**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ПОЛОВ КАРЕ НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИХ УСТРОЙСТВА С УЧЁТОМ ЁМКОСТИ РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКОВ**

**Аннотация.** Установлено, что в практике отечественного проектирования отсутствуют нормы и рекомендации по устройству полов и ограждения каре резервуарных парков, что приводит не только к увеличению стоимости их устройства, но и к серьёзным экологическим загрязнениям в случае протечки банок-танкера. Сложность выбора рационального конструктивного решения полов каре резервуарных парков связана не только с требованиями промышленной, пожарной и технологической безопасности, но и с компоновкой самого резервуарного парка, зависящего от ёмкости и расположения отдельных банок-танкеров и других факторов. В работе выполнено ранжирование факторов для определения наиболее важных. Для отобранных факторов получены уравнения регрессии, позволяющие прогнозировать трудоёмкость и стоимость работ по устройству полов каре с учётом объёма резервуарного парка и конструктивного решения пола. Обоснована необходимость дальнейших исследований.

**Ключевые слова:** резервуарный парк, пол каре, конструктивное решение, ёмкость резервуарного парка, технико-экономические показатели.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Бурное развитие научно-технического прогресса в промышленности напрямую связано с использованием нефти и нефтепродуктов, начиная от потребности в топливе и заканчивая изготовлением стройматериалов и пластмасс. Потребность отдельных регионов в данных продуктах реализуется через строительство нефтехранилищ и заводов по её переработке.

Проектирование и строительство резервуарных парков регламентируется строительными нормами и рекомендациями, включающими требования как к отдельным конструкциям и системам, так и к резервуарному парку в целом. Но в отличие от чётких нормативных требований, предъявляемых к проектированию и устройству непосредственно банок-танкеров, научно обоснованные практические рекомендации по устройству полов и ограждения каре резервуарных парков отсутствуют как в отечественной нормативной базе, так и в зарубежной.

Также на сложность выбора рационального конструктивного решения полов каре резервуарных парков влияет компоновка самого резервуарного парка [1]. Так, резервуарные парки с одинаковым объёмом хранения могут проектироваться с разными по ёмкости банками-танками, что приводит к изменению площадей хранения и размеров ограждения (стен или обвалования), а значит и к изменению технико-экономических показателей выбранного решения.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Так как резервуарные парки относятся к технически сложным и потенциально опасным объектам, проблемы их планирования и компоновки, промышленной и технологической безопасности, проектирования самих резервуаров изучали не только отдельные отечественные и иностранные учёные, но и ряд проектных институтов и организаций.





Так, планированию территории нефтебазы, проектированию конструкций резервуаров и систем трубопроводов посвящены труды учёных: Г. А. Пектемирова, Г. В. Шишкина, Л. А. Мацкина, И. Л. Черняка, М. С. Илембитова, Г. А. Грознова, [4\–7]. Проблемы промышленной безопасности при эксплуатации резервуарных парков изучали: С. В. Алексеев, В. А. Алексеева, С. И. Поникаров, Н. Д. Иванов, Ф. Ф. Абузова [8–10]. Вопросы, связанные с предотвращением аварий и безопасной компоновкой, рассматривали учёные: A. Sengupta, A. Gupta, I. Mishra, M. Yi-Fei, Z. Dong-feng, X. Wua, L. Houa, W. Liua, S.R. Nabavi, A.H.Taghipour, M. Zhang, Z. Dou [11–15] и др.

Но, несмотря на множество исследований в данной области, вариантной проработкой конструктивных решений устройства полов и ограждения каре резервуарных парков нефти и нефтепродуктов практически никто не занимался, поэтому отсутствуют научнообоснованные решения и рекомендации по их проектированию, устройству, ремонту и эксплуатации. Анализ опыта проектирования полов каре резервуарных парков показал, что толщина защитного слоя выбирается согласно рекомендациям по устройству полигонов по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов [3], так как рекомендации по устройству полов каре нефтехранилищ отсутствуют. Также установлено, что в отечественной практике отсутствуют классификации по разным признакам и типизация конструкций полов каре резервуарных парков для хранения нефти и нефтепродуктов.

### ЦЕЛИ

Определение влияния конструктивных решений полов каре и ёмкости резервуарных парков на технико-экономические показатели их устройства.

### ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В работе рассматриваются полы каре резервуарных парков, состоящих из одиночных банок-танкеров (рис. 1).

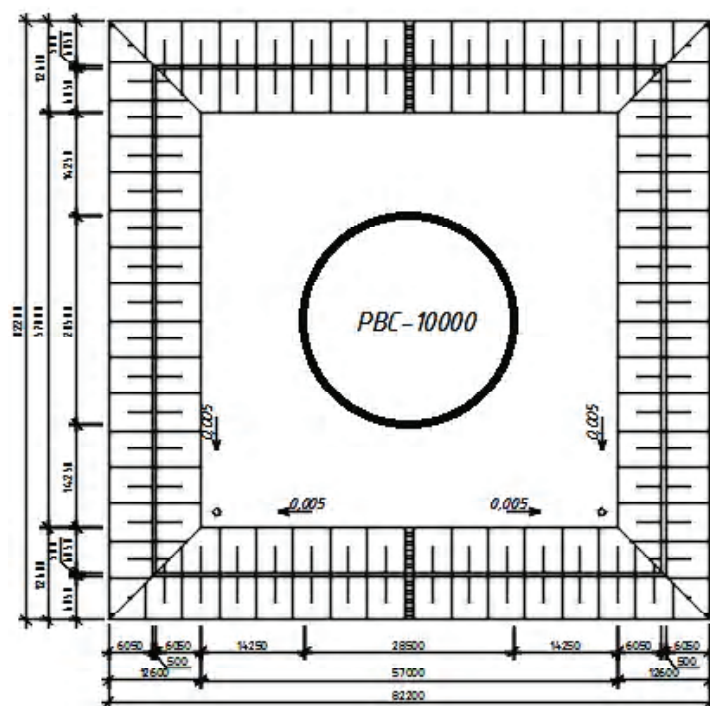
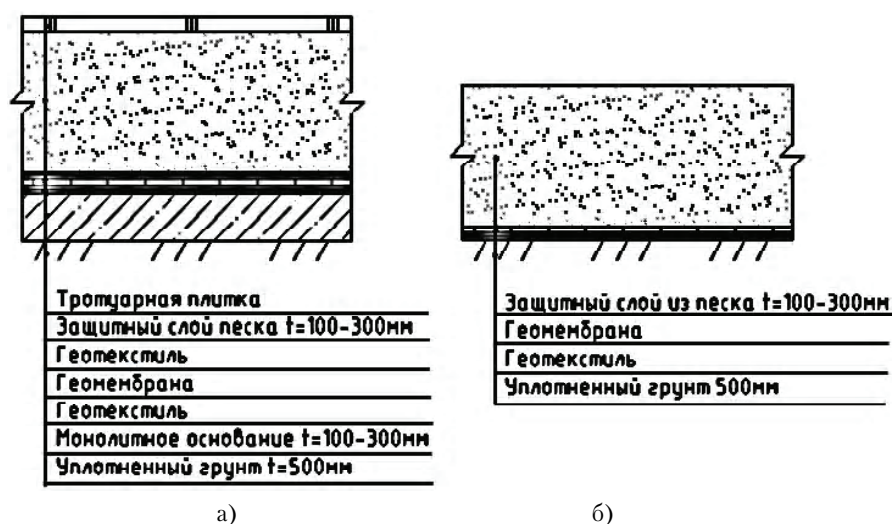


Рисунок 1 – Пример компоновки резервуарного парка PBC-10000, состоящего из одной банки-танкера.

Установлено, что пол каре резервуарного парка состоит из 3–6 слоёв в зависимости от принятого конструктивного решения [16]. В целом любое конструктивное решение пола состоит из основания, изоляционного и защитного слоёв (рис. 2).

В качестве основания, как правило, используют уплотнённый грунт, монолитную железобетонную плиту или сборные железобетонные плиты, уплотнённую песчаную подсыпку.



**Рисунок 2** – Рассматриваемые конструктивные решения полов каре: а) шестислойная конструкция пола каре, б) трёхслойная конструкция пола каре.

Изоляционный слой, выполняющий функции не только гидроизоляции (защита от проникновения влаги в конструкцию пола), но, в большей степени, противофильтрационные (защита при разливах нефти), выполняется из прокладных (геомембрана, ПНД-плёнка, бентонитовые маты) или мастичных материалов. Его выполняют не только на свободной от строений площадке, но и под днищем резервуаров, а также на внутренней поверхности ограждения каре [2].

Защитный слой представляет собой гравийную отсыпку, озеленённый слой грунта или тротуарную плитку.

При необходимости между основными слоями устраивают промежуточные разделительные слои из геотекстиля или стекловолокна.

Так как на технико-экономические показатели устройства пола каре влияют не только требования к негорючести и химической стойкости защитного покрытия, сочетания нагрузок, но и целый ряд других факторов (конструктивное решение самого пола каре, планировочно-компоновочные характеристики резервуарного парка, дальность доставки, инженерно-геологические условия площадки и т. д.), было выполнено ранжирование этих факторов по степени значимости.

Факторы проранжированы по 8-балльной шкале по степени влияния (табл. 1), где наибольшее значение является более значимым.

**Таблица 1** – Ранжирование факторов, влияющих на выбор конструктивно-технологического решения полов и ограждения каре резервуарных парков

№	Наименование фактора	Ранжирование
1	Нагрузки постоянные, временные, аварийные (розлив нефти)	8
2	Долговечность конструкции пола	5
3	Объём резервуарного парка	7
4	Состав пола и толщина отдельных слоёв	6
5	Дальность доставки материалов	2
6	Гидрогеологические условия	3
7	Специфические требования (негорючесть защитного слоя, гидро-, био- и химическая стойкость материалов)	4
8	Природно-климатические условия строительства	1

В результате установлено, что наиболее значимыми являются нагрузки на пол каре, состав пола и толщина отдельных слоёв, общий объём резервуарного парка, долговечность конструкции пола.

В общих нормативных требованиях и рекомендациях нагрузки на конструкцию, гидрогеологические и природно-климатические условия строительства учитываются при проектировании основания пола (несущего слоя). Потому в работе они объединены в один общий фактор – толщину основания.

Для определения влияния выбранных факторов на основные технико-экономические показатели выполнен регрессионный анализ. В результате регрессионного анализа установлено, что дальность поставки материалов является незначительным фактором, поэтому дальнейшие исследования проводились с помощью программного комплекса Microsoft Office Excel по трёхфакторному плану на основании 8 экспериментов.

В качестве параметров трёхфакторной линейной множественной регрессии были приняты следующие факторы:  $X_1$  – количество слоёв, шт.;  $X_2$  – толщина основания, м;  $X_3$  – общий объём резервуарного парка, тыс. м<sup>3</sup>.

Для каждого фактора минимальными и максимальными границами являются следующие значения:

- для фактора  $X_1$  (k, количество слоёв, шт.): минимальное значение «–» составляет 3, максимальное «+» 6 – принят на основании анализа всех возможных конструктивных решений полов каре;
- для фактора  $X_2$  ( $t_{осн}$ , толщина основания, м): минимальное значение «–» составляет 0,1 м, максимальное «+» 0,3 м – принят на основании анализа нагрузок на основание пола каре;
- для фактора  $X_3$  (VII, ёмкость одиночного резервуарного парка, тыс. м<sup>3</sup>): минимальное значение «–» составляет 10, максимальное «+» 50 – принят на основании анализа мирового опыта компоновки резервуарных парков.

В процессе исследований установлено, что ввиду специфики компоновки резервуарных парков отдельными ёмкостями, показатели фактора  $X_3$  (тыс. м<sup>3</sup>) необходимо разделить на три группы по ёмкости: первая группа:  $10 \leq X_3 < 30$ ; вторая группа:  $30 \leq X_3 < 40$ ; третья группа:  $40 \leq X_3 \leq 50$ .

Обработка полученных данных первой группы для резервуарных парков с объёмом до 30 тыс. м<sup>3</sup> представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица показателей корреляции

№ опыта	Кодированные величины			Факторы			Т – трудоёмкость конструктивных решений, чел.-дн	С – стоимость конструктивных решений, тыс. руб.
	k	$t_{осн}$	$V_{П}$	k, шт.	$t_{осн}$ , м	$V_{П}$ , тыс. м <sup>3</sup>		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	+	+	+	6	0,3	30	4 382,92	11 732,13
2	+	+	–	6	0,3	10	1 712,08	4 582,86
3	+	–	–	6	0,1	10	1 288,77	3 107,58
4	+	–	+	6	0,1	30	3 299,24	7 955,40
5	–	+	+	3	0,3	30	2 725,74	7 827,24
6	–	–	+	3	0,1	30	2 016,46	5 522,80
7	–	+	–	3	0,3	10	1 064,74	3 057,52
8	–	–	–	3	0,1	10	787,68	2 157,35
Регрессионная статистика трудоёмкости				Дисперсионный анализ трудоёмкости				
Множественный R			0,972	F				22,639
R – квадрат			0,944	Значимость F				0,0057
Нормированный R – квадрат			0,903					
Наблюдения			8					
Регрессионная статистика стоимости				Дисперсионный анализ стоимости				
Множественный R			0,971	F				21,975
R – квадрат			0,943	Значимость F				0,00602
Нормированный R – квадрат			0,899					
Наблюдения			8					

Аналогичные расчёты выполнялись для резервуарных парков второй группы (объёмом от 30 до 40 тыс. м<sup>3</sup>) и третьей группы (объёмом от 40 до 50 тыс. м<sup>3</sup>).

На основании матрицы показателей корреляции были составлены уравнения линейной множественной регрессии, позволяющие прогнозировать трудоёмкость и стоимость работ с учётом конструктивного решения (состава) пола, объёма резервуарного парка и толщины основания пола (табл. 3–4).

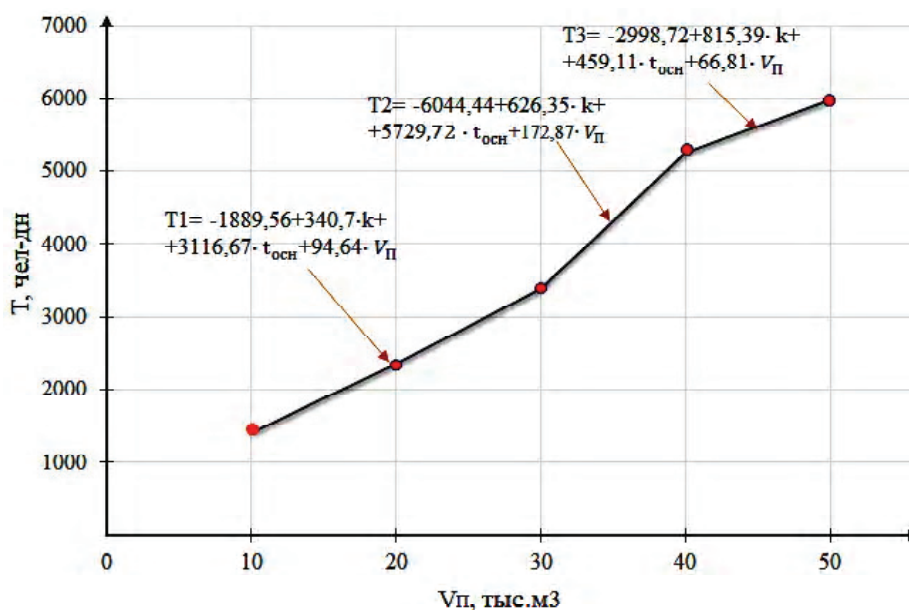
Объединив значения показателей стоимости и трудоёмкости согласно уравнению регрессии, можем получить следующий общий вид (рис. 3, 4).

**Таблица 3** – Многофакторные модели уравнений множественной регрессии для прогнозирования влияния конструктивного решения пола каре резервуарных парков на трудоёмкость

Общие факторы	Фактор $V_{\Pi}$	Уравнение регрессии ( $T$ – трудоёмкость, чел.-дн)	Коэффициенты детерминации
$k, t_{\text{осн}}$	10...30 тыс. м <sup>3</sup>	$T = -1\,889,56 + 340,7 \cdot k + 3\,116,67 \cdot t_{\text{осн}} + 94,64 \cdot V_{\Pi}$	$R^2 = 0,9428$
$k, t_{\text{осн}}$	30...40 тыс. м <sup>3</sup>	$T = -6\,044,44 + 626,35 \cdot k + 5\,729,72 \cdot t_{\text{осн}} + 172,87 \cdot V_{\Pi}$	$R^2 = 0,9644$
$k, t_{\text{осн}}$	40...50 тыс. м <sup>3</sup>	$T = -2\,998,72 + 815,39 \cdot k + 459,11 \cdot t_{\text{осн}} + 66,81 \cdot V_{\Pi}$	$R^2 = 0,985$

**Таблица 4** – Многофакторные модели уравнений множественной регрессии для прогнозирования влияния конструктивного решения пола каре резервуарных парков на стоимость

Общие факторы	Фактор $V_{\Pi}$	Уравнение регрессии ( $T$ – трудоёмкость, чел.-дн)	Коэффициенты детерминации
$k, t_{\text{осн}}$	10...30 тыс. м <sup>3</sup>	$T = -4\,709,26 + 733,42 \cdot k + 10\,570,8 \cdot t_{\text{осн}} + 251,65 \cdot V_{\Pi}$	$R^2 = 0,9428$
$k, t_{\text{осн}}$	30...40 тыс. м <sup>3</sup>	$T = -15\,493,2 + 1\,350,17 \cdot k + 19\,433,5 \cdot t_{\text{осн}} + 459,67 \cdot V_{\Pi}$	$R^2 = 0,956$
$k, t_{\text{осн}}$	40...50 тыс. м <sup>3</sup>	$T = -7\,219,39 + 1\,757,69 \cdot k + 25\,299 \cdot t_{\text{осн}} + 177,65 \cdot V_{\Pi}$	$R^2 = 0,9703$



**Рисунок 3** – Общий вид полученных значений трудоёмкости.

### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Полученные уравнения регрессии позволяют прогнозировать трудоёмкость и стоимость работ по устройству полов каре с учётом объёма резервуарного парка, конструктивного решения пола и толщины несущего основания.
2. Ввиду множества решений и сочетаний слоёв в конструктивных решениях полов каре резервуарных парков необходимо типизировать основные конструктивно-технологические решения по основным классификационным требованиям.

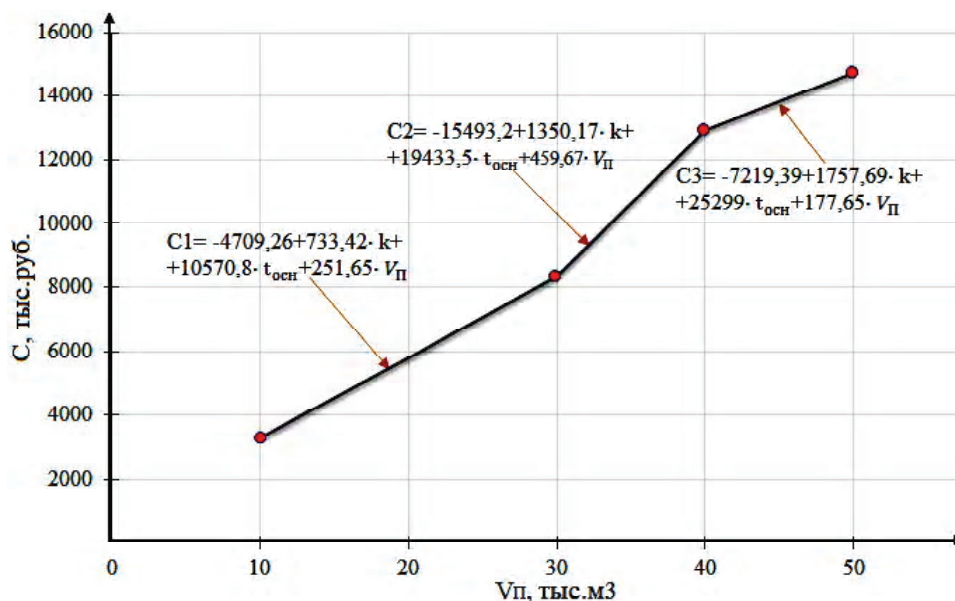


Рисунок 4 – Общий вид полученных значений стоимости.

3. Необходимы дальнейшие исследования, направленные на оптимизацию конструктивно-технологических решений по устройству полов и ограждения каре резервуарных парков для хранения нефти и нефтепродуктов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 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 : введен впервые : дата введения 2014-01-01 / разработан Всероссийским орденом «Знак Почета» научно-исследовательским институтом противопожарной обороны МЧС России (ВНИИПО), обществом с ограниченной ответственностью «ПОЖОБОРОНПРОМ», закрытым акционерным обществом «АРТСОК», обществом с ограниченной ответственностью «Каланча». – Москва : МЧС России, 2014. – 42 с. – Текст : непосредственный
- 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. : введен впервые : дата введения 2009-02-08 / разработан Всероссийским орденом «Знак Почета» научно-исследовательским институтом противопожарной обороны (ВНИИПО). – Москва : Стандартинформ, 2009. – 11 с. – Текст : непосредственный
- 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 : издание официальное : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 14 ноября 2017 г. № 1533/пр : актуализированная редакция СНиП 2.01.28-85 : введен в действие с 15 мая 2018 г. : дата введения 2018-05-15 / исполнители АО «ЦНС». – Москва : Стандартинформ, 2017. – 30 с. – Текст : непосредственный.
- 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.
- Шишкин, Г. В. Справочник по проектированию нефтебаз / Г. В. Шишкин. – Москва : Недра, 1978. – 216 с. – Текст : непосредственный.
- Мацкин, Л. А. Эксплуатация нефтебаз / Л. А. Мацкин, И. Л. Черняк, М. С. Илембитов. – 3-е изд. – Москва : Недра, 1975. – 392 с. – Текст : непосредственный.
- Грознов, Г. А. Строительство нефтебаз и автозаправочных станций / Г. А. Грознов. – Москва : Недра, 1980. – 77 с. – Текст : непосредственный.
- Алексеев, С. В. Обустройство резервуарных парков : монография / С. В. Алексеев, В. А. Алексеев, С. И. Поникаров ; Министерство образования и науки РФ, Казанский государственный технологический университет. – Казань : КГТУ, 2010. – 97 с. – ISBN 978-5-7882-1008-7. – Текст : непосредственный.

9. Иванов, Н. Д. Эксплуатационные и аварийные потери нефтепродуктов и борьба с ними / Н. Д. Иванов. – Москва : Недра, 1973. – Текст : непосредственный.
10. Борьба с потерями нефти и нефтепродуктов при их транспортировке и хранении / Ф. Ф. Абузова, И. С. Бронштейн, В. Ф. Новоселов [и др.]. – Москва : Недра, 1981. – 248 с. – Текст : непосредственный.
11. 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.
12. Yi-fei, M. Preliminary Study on Safety Performance Evaluation of Petrochemical Plant Layout / M. Yi-fei, Z. Dongfeng, Z. Zhi-qiang. – Текст : непосредственный // Procedia Engineering. – 2013. – Volume 52. – P. 277–283.
13. 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.
14. 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. – Volume 18. – P. 12–22.
15. Study of optimal layout based on integrated probabilistic framework (IPF): Case of a crude oil tank farm / M. Zhang, Z. Dou, L. Liu [et al.]. – Текст : непосредственный // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. – 2017. – Volume 48. – P. 305–311.
16. 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. – 2019. – 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: 30.04.2022).

Получена 02.11.2022

Принята 25.11.2022

В. О. МАЗУР, В. О. КИСЕЛОВА

## ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ПІДЛОГ КАРЕ НА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ З УРАХУВАННЯМ ЄМНОСТІ РЕЗЕРВУАРНИХ ПАРКІВ

ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** Встановлено, що в практиці вітчизняного проектування відсутні норми і рекомендації щодо влаштування підлог і огорожі каре резервуарних парків, що призводить не тільки до збільшення вартості їх влаштування, але і до серйозних екологічних забруднень у разі протікання банки-танкера. Складність вибору раціонального конструктивного рішення підлог каре резервуарних парків пов'язана не тільки з вимогами промислової, пожежної та технологічної безпеки, але і з компонуванням самого резервуарного парку, що залежить від ємності і розташування окремих банок-танкерів та інших факторів. У роботі виконано ранжування факторів для визначення найбільш важливих. Для відібраних факторів отримані рівняння регресії, що дозволяють прогнозувати трудомісткість і вартість робіт з влаштування підлог каре, ураховуючи обсяг резервуарного парку і конструктивного рішення підлоги. Обґрунтовано необхідність подальших досліджень.

**Ключові слова:** резервуарний парк, підлога каре, конструктивне рішення, місткість резервуарного парку, техніко-економічні показники.

VICTORIA MAZUR, VICTORIA KISELYOVA

## THE INFLUENCE OF THE CONSTRUCTION SOLUTIONS OF THE STORAGE TANK FARM SQUARE FLOORS ON THE TECHNICAL-ECONOMIC VALUES OF THEIR INSTALLATION, TAKING INTO ACCOUNT THE CAPACITY OF THE TANK FARMS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** It is established that in the practice of domestic design there are no regulations and recommendations for the installation of floors and enclosure of tank farms, which leads not only to an increase in the cost of their installation, but also to serious environmental pollution in case of a tanker can leak. The complexity of the selection of a rational construction solution for the storage tank farm square floors is associated not only with the requirements of industrial, fire and process safety, but also with the layout of the tank farm itself, depending on the capacity and location of individual tanker cans and other factors. In the work, the factors were ranked to determine the most important ones. Regression equations

were obtained for the selected factors, which allow predicting the labor intensity and cost of work on the installation of storage tank farm square floors, taking into account the volume of the tank farm and the constructive solution of the floor. The necessity of further research is substantiated.

**Key words:** tank farm, storage tank farm square floor, construction solution, tank farm capacity, technical-economic values.

**Мазур Виктория 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 щодо влаштування 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 щодо влаштування 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** – a 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.



EDN: ZOBVJV

УДК 69:658.003.13(08)

**В. Н. ЛЕВЧЕНКО, С. Н. МАШТАЛЕР, А. В. НЕДОРЕЗОВ, Д. С. РЯБОВОЛ, И. А. ХРАМОГИНА**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**Аннотация.** Важнейшей задачей при проектировании различных строительных объектов стоит выбор оптимального метода технико-экономической оценки и обоснования областей и форм эффективного применения строительных конструкций из различных материалов. При этом необходимо выбрать основной критерий и модель для установления приведенных затрат с учетом влияния основных критериев. Выбор той или иной строительной конструкции производится по минимальным приведенным затратам, учитывающим затраты на реновацию, амортизационные отчисления и затраты на текущий ремонт. При этом обеспечивается значительное повышение эффективности капитальных вложений за счет снижения удельных капитальных затрат на единицу мощности, сокращения сроков создания и освоения мощностей и, следовательно, окупаемости вложенных средств. Удельные капитальные вложения в промышленные здания во многом определяется стоимостью конструкций. Существенное влияние на величину удельных капитальных вложений оказывают результаты технического прогресса как в самой отрасли строительства, так и в смежных. В статье рассмотрены экономические основы определения эффективности строительных конструкций.

**Ключевые слова:** эффективность, приведенные капитальные вложения, рентабельность, себестоимость.

Известно, что в практике проектирования и строительства вид конструкций или конструктивных решений выбирают на основании результатов сопоставления таких показателей, как расход материалов в конструкции, масса конструкций, трудоемкость и продолжительность возведения, степень сборности, число типоразмеров конструкций, показатель рентабельности строительной организации. Минимум или максимум этих показателей не может в общем служить критерием, характеризующим эффективность применения тех или иных конструкций [2, 3].

В качестве решающего показателя, характеризующего экономическую эффективность конструкций, должен приниматься показатель приведенных затрат. Вариант, для которого приведенные затраты минимальны, является и экономически наиболее эффективным.

Ниже приведены методы определения приведенных затрат для нескольких характерных случаев.

*Первый случай.* Оцениваются варианты конструктивных решений или отдельных конструкций. Предстоит выбрать наиболее эффективные из них для строительства конкретного объекта. Продолжительность строительства зданий и сооружений по вариантам отличается несущественно. Стоимость конструкций в деле определяется на основе прейскурантных цен на конструкции, изделия, полуфабрикаты и материалы с учетом плановых накоплений в строительстве [4, 5].

Для этого случая приведенные затраты (в руб.) могут быть представлены в виде:

$$П = C + ПЭ, \quad (1)$$

где  $C$  – стоимость конструкций в деле, руб;

$ПЭ$  – составляющая приведенных затрат, зависящая от эксплуатационных расходов, руб.



*Второй случай.* Оцениваются варианты конструктивных решений с существенно отличающейся продолжительностью строительства объектов. При этом себестоимость конструкций в деле по вариантам определяется на основе прейскурантных цен на конструкции, полуфабрикаты и материалы.

Приведенные затраты могут быть представлены в виде:

а) при равных сроках ввода объектов в действие, т. е. когда при заданных сроках ввода объектов в действие возможно осуществить вариант с большей продолжительностью возведения зданий и сооружений.

$$П = AC^I + П_к + ПЭ; \quad (2)$$

б) при одинаковых сроках начала строительства зданий или сооружений и разных сроках ввода объектов в действие

$$П = AC^I + П_к + ПЭ - П_n; \quad (3)$$

В этих формулах:

$AC^I$  – себестоимость конструкций в деле;

$A$  – коэффициент приведения затрат на строительство здания или сооружения к моменту начала эксплуатации объекта;

$П_к$  – составляющая приведенных затрат, зависящая от капитальных вложений в основные фонды и оборотные средства строительно-монтажной организации, осуществляющей возведение конструкций зданий или сооружений;

$П_n$  – экономический эффект от выпуска дополнительного количества продукции на досрочно введенном в строй предприятии; при определении этого эффекта за эталон принимается вариант с наибольшей продолжительностью строительства.

*Третий случай.* Допустим, что фактическая рентабельность производства данного вида конструкций, изделий, полуфабрикатов и материалов в данном районе строительства существенно отличается от той, которая заложена в оптовых ценах. В этом случае рекомендуется стоимость конструкций в деле рассчитывать на основе данных о фактической себестоимости производства конструкций, изделий, полуфабрикатов и материалов.

В используемые для определения приведенных затрат формулы (2) и (3) рекомендуется в этом случае добавлять слагаемое  $П'_к$ .

С учетом слагаемого  $П'_к$  получим следующие формулы для определения приведенных затрат:

а) при равных сроках ввода объектов в действие

$$П = AC^II + П'^I_к + П_к + ПЭ. \quad (2a)$$

б) при одинаковых сроках начала строительства объектов и разных сроках ввода их в действие

$$П = AC^II + П'^I_к + П_к + ПЭ - П_{II}. \quad (3a)$$

В этих формулах:

$AC^II$  – себестоимость конструкций в деле, рассчитанная на основе данных о себестоимости производства конструкций, изделий, полуфабрикатов и материалов, и себестоимости возведения конструкций (плановые накопления в строительстве не учитываются).

При определении отдельных составляющих приведенных затрат все виды затрат в процессе возведения и эксплуатации конструкций или эффектов (потерь) приводятся с помощью коэффициента  $B$  к моменту ввода объекта в эксплуатацию.

$$B = \frac{1}{(1 + E_{H-II})^t}. \quad (36)$$

Отдельные составляющие, входящие в формулы приведенных затрат, следует определять по приведенным ниже формулам [8].

1. Коэффициент приведения затрат на строительство зданий и сооружений:

$$A = \sum_{i=1}^n C_i (1 + E_{H-II})^{t_i}, \quad (4)$$

где  $C_i$  – доля в общей стоимости работ по возведению зданий и сооружений, выполненных в  $i$ -й период строительства;  
 $t_i$  – время в годах от середины  $i$ -го периода до момента начала эксплуатации объекта, год;  
 $E_{н.п}$  – норматив для приведения равномерных затрат;  
 $n$  – число периодов, на которые разбивается продолжительность строительства здания или сооружения.

2. Составляющая приведенных затрат, зависящая от эксплуатационных расходов:

$$П_{\Sigma} = \frac{C_{\Delta} - C_{\gamma}}{(1 + E_{н.п})^{T_M}} + \sum_{i=1}^n \frac{C'_{\Delta 1} + C_{\Delta} - C_{\gamma} + C_{O1}}{(1 + E_{н.п})^{t_{3j}}} + \sum_{i=1}^m \frac{C_{Pj} + C_{Oj}}{(1 + E_{н.п})^{t_{pj}}} + C_T \bar{\varphi}, \quad (5)$$

где  $C_{\Delta}$ ,  $C_{\gamma}$ ,  $C'_{\Delta 1}$ ,  $C_{Pj}$  – стоимость (в руб.), соответственно, разборки конструкций и вызова нереализуемых материалов от разборки; реализации утилизируемых материалов от разборки; возведения новой конструкции вместо старой, отслужившей свой срок  $T_{\phi}$  одного капитального ремонта;  
 $\bar{C}_T$  – стоимость текущего ремонта и прочие виды эксплуатационных расходов, равномерно распределенных во времени, руб./год;  
 $C_O$  – возможные потери от остановки или сокращения объема производства в период проведения  $i$  замены конструкции или в период проведения  $j$  капитального ремонта;  
 $T_M$  – продолжительность функционирования объекта (или срок морального износа здания, сооружения или отдельных конструкций), год;  
 $t_{3j}$  и  $t_{pj}$  – время в годах, от начала эксплуатации объекта соответственно до срока  $i$  замены конструкции и срока проведения  $j$  капитального ремонта;  
 $m$  и  $n$  – число соответственно замен конструкций и капитальных ремонтов за весь период функционирования объекта  $T_M$ ;  
 $\varphi$  – условное время, за которое учитываются полностью текущие эксплуатационные расходы  $\bar{C}_T$ , год.

Величина  $\varphi$ , как и суммарная величина  $П_{\Sigma}$ , в значительной степени зависит от продолжительности функционирования объекта  $T_M$  и величины коэффициента приведения разновременных затрат. Так

$$\varphi = \int_0^{T_M} \frac{dt}{(1 + E_{н.п})^t} = \frac{1}{\ln(1 + E_{н.п})} - \frac{1}{(1 + E_{н.п})^{T_M} \ln(1 + E_{н.п})}. \quad (6)$$

Если  $E_{н.п} = 0,08$ , то при  $T_M = 30$  лет без больших погрешностей можно записать:

$$\varphi = \frac{1}{\ln(1 + E_{н.п})} \cong \frac{1}{E_{н.п}}. \quad (7)$$

Формула (5) может быть значительно упрощена, если сделать допущения, что затраты по замене конструкций в условиях действующего цеха или предприятия равны затратам по возведению конструкций при новом строительстве.

Тогда получим

$$П_{\Sigma} = \mu_1 (C_{\Delta} - C_{\gamma}) + \mu_2 (C + C_{\Delta} - C_{\gamma}) + \mu_3 C_P + \bar{C}_T \varphi, \quad (8)$$

где  $\mu_1$ ,  $\mu_2$ ,  $\mu_3$  – коэффициенты приведения к моменту начала эксплуатации объекта отдельных видов эксплуатационных затрат (на замену конструкций, капитальные ремонты и т. д.) за период функционирования объекта.

В тех случаях, когда известна периодичность проведения капитальных ремонтов, а затраты на их проведение даны в процентах к стоимости конструкций в деле,  $П_{\Sigma}$  можно определять по формуле

$$П_{\Sigma} = \mu_1 (C_{\Delta} - C_{\gamma}) + C_{\Sigma} \varphi, \quad (9)$$

где  $C_{\Sigma}$  – среднегодовые затраты на капитальный и текущий ремонты и прочие виды эксплуатационных расходов, руб/год.

3. Составляющая приведенных затрат, зависящая от капитальных вложений в базу по производству конструкций, изделий, полуфабрикатов и материалов:

$$\Pi'_K = E_H (\bar{K}_K + \bar{K}_M) = E_H (\sum \bar{A} \bar{K}_K + \sum \bar{A} \bar{K}_M), \quad (10)$$

где  $\bar{K}_K$  и  $\bar{K}_M$  – приведенные капитальные вложения, соответственно: в производство конструкций, изделий, полуфабрикатов и материалов;  
 $\bar{A}$  – коэффициент, учитывающий приведение затрат на строительство предприятий по производству конструкций, изделий, полуфабрикатов и материалов к моменту ввода их в действие;  
 $K_K$  и  $K_M$  – капитальные вложения в производство соответствующих конструкций, изделий, полуфабрикатов и материалов, руб/год.

4. Экономический эффект от досрочного ввода объекта в действие.

Величину  $\Pi_{II}$  следует определять в зависимости от величины дополнительной прибыли (за вычетом налога с оборота), которая может быть получена за период досрочного ввода объекта в действие [6]. Формулу для определения величины  $\Pi_{II}$  можно упрощенно записать в виде:

$$\Pi_{II} = \Pi_p (T_2 - T_1), \quad (11)$$

где  $\Pi_p$  – среднегодовая прибыль за период досрочного ввода объектов в действие;  
 $T_2$  и  $T_1$  – продолжительность строительства по сравниваемым вариантам, год.

Недопустимо принимать  $\Pi_p$  равной по величине годовой прибыли к моменту полного освоения проектной мощности [1]. В начальный период освоения проектной мощности предприятия себестоимость производства продукции может быть меньше оптовой цены или превышать ее. Правильнее поэтому рассчитывать величину  $\Pi_{II}$  по формуле:

$$\Pi_{II} = \int_0^{T_M} \frac{\Pi_{p2} V_2 - \Pi_{p1} V_1}{(1 + E_{H-II})^t} dt, \quad (11a)$$

где  $\Pi_{p1} = f_1(t)$ ,  $\Pi_{p2} = f_2(t)$ ,  $V_1 = f_3(t)$ ,  $V_2 = f_4(t)$ .

В практике при оценке эффективности конструктивных решений зданий и сооружений, как правило, ввиду отсутствия необходимых данных формулы (11a) и (11) не используются.

В этом случае ориентировочно величину  $\Pi_{II}$  рекомендуется определять по известной формуле, но с введением понижающего коэффициента

$$\Pi_{II} = \frac{E_H \Phi (T_2 - T_1)}{(1 + E_{H-II})^{T_{OM}}}, \quad (11b)$$

где  $\Phi$  – стоимость вводимых в действие основных фондов, включающая стоимость технологического оборудования, руб.,  
 $T_2$  и  $T_1$  – продолжительность строительства по сравниваемым вариантам, год;  
 $T_{OM}$  – продолжительность освоения проектной мощности, год.

## ВЫВОД

При оценке вариантов строительных конструкций для выбора наиболее эффективных для типовых проектов возможный эффект от досрочного ввода объектов в действие можно учитывать только при условии введения коэффициента вероятности этого эффекта.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инвестиционное проектирование / под общей редакцией С. Н. Шумилина. – Москва : АО Финстатинформ, 1995. – 240 с. – Текст : непосредственный.
2. Левченко, В. Н. Актуальные вопросы проектирования экономичных зданий и сооружений путем оптимизации проектных решений и реконструкции действующих предприятий : учебное пособие / В. Н. Левченко, Д. В. Левченко, Н. А. Невгень. – Макеевка : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, 2018. – 198 с. – Текст : непосредственный.
3. Левченко, В. Н. Выбор оптимальных вариантов инженерных решений : учебное пособие / В. Н. Левченко, Н. С. Летников. – Киев : Выпуск межведомственной литературы МинВУЗа УССР, 1990. – 80 с. – Текст : непосредственный.

4. Методика определения эффективности капитальных вложений / Научный совет по экономической эффективности капитальных вложений, основных фондов и новой техники АН СССР. – Москва : [б. и.], 1988. – 31 с. – Текст : непосредственный.
5. Методические рекомендации по оценке экономической эффективности мероприятий научно-технического прогресса в строительстве / ЦНИИЭУС. – Москва : ЦНИИЭУС, 1990. – 62 с. – Текст : непосредственный.
6. Руководство по оценке эффективности и качества проектов промышленных объектов / ЦНИИПромзданий Госстроя СССР. – Москва : Стройиздат, 1981. – 56 с. – Текст : непосредственный.
7. СП 63.13330.2018. Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения : утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 19 декабря 2018 г. : актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 : дата введения 2019-06-20 / ЦНИИПромзданий. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 124 с. – Текст : непосредственный.
8. Чубаков, Г. Н. Стратегия ценообразования в маркетинговой политике предприятия : методическое пособие / Г. Н. Чубаков. – Москва : ИНФРА, 1995. – 224 с. – Текст : непосредственный.

Получена 17.11.2022

Принята 25.11.2022

В. М. ЛЕВЧЕНКО, С. М. МАШТАЛЕР, А. В. НЕДОРЕЗОВ, Д. С. РЯБОВОЛ,  
І. А. ХРАМОГІНА  
ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ  
КОНСТРУКЦІЙ  
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** Найважливішим завданням при проектуванні різних будівельних об'єктів є вибір оптимального методу техніко-економічної оцінки та обґрунтування областей та форм ефективного застосування будівельних конструкцій з різних матеріалів. При цьому необхідно вибрати основний критерій та модель для встановлення наведених витрат з урахуванням впливу основних критеріїв. Вибір тієї чи іншої конструкції проводиться за мінімальними наведеними витратами, що враховують витрати на реновацію, амортизаційні відрахування, витрати на поточний ремонт. При цьому забезпечується значне підвищення ефективності капітальних вкладень за рахунок зниження питомих капітальних витрат на одиницю потужності, скорочення термінів створення та освоєння потужностей і, таким чином, окупності вкладених коштів. Питомі капітальні вкладення промислові будівлі багато в чому визначаються вартістю конструкцій. Істотно впливають на величину питомих капітальних вкладень результати технічного прогресу як у галузі будівництва, так і в суміжних. У статті розглянуто економічні засади визначення ефективності будівельних конструкцій.

**Ключові слова:** ефективність, наведені капітальні вкладення, рентабельність, собівартість.

VICTOR LEVCHENKO, SERGII MASHTALER, ANDRII NEDOREZOV,  
DENIS RIABOVOL, IRINA CHRAMOGINA  
BASIC INDICATORS OF ECONOMIC EFFICIENCY OF BUILDING  
STRUCTURES  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The most important task at designing work of various construction objects is the solution of optimal method of technical and economical evaluation and consideration of fields and forms of usage of building structures of various materials. In addition, it is necessary to select main criterion and model for reduced expenditures determination considering effect of essential criteria. Selection of particular building structure samples by minimum reduced expenditures taking into account renovation, allocations for depreciation and maintenance works expanses. In this case, the major improvement in capital investment efficiency is provided by the reduction of specific capital outlays per unit power, reduction of formation and mastering of facilities and, consequently, return of investments. Specific capital investments in industrial buildings are largely determined by the cost of structures. The results of technical progress both in the construction industry itself and in related ones have a significant impact on the value of specific capital investments. The article considers the economic bases for determining the effectiveness of building structures.

**Key words:** efficiency, adjusted investment, profitability, prime cost.

**Левченко Виктор Николаевич** – кандидат технических наук, профессор; проректор по научно-педагогической и воспитательной работе ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные

интересы: проектирование экономичных строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

**Машталер Сергей Николаевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие методик определения характеристик напряженно-деформированного состояния железобетонных (сталефибробетонных) элементов при простых режимах силового и температурного воздействий, оценка технического состояния и проектирование железобетонных конструкций.

**Недорезов Андрей Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: экспериментальные исследования процессов деформирования и разрушения бетона при сложных напряженных состояниях.

**Рябовол Денис Сергеевич** – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономичных строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

**Храмогина Ирина Александровна** – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономичных строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

**Левченко Віктор Миколайович** – кандидат технічних наук, професор; проректор з науково-педагогічної і виховної роботи ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

**Машталер Сергій Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток методик визначення характеристик напружено-деформованого стану залізобетонних (сталефібробетонних) елементів при простих режимах силового і температурного впливів, оцінка технічного стану і проектування залізобетонних конструкцій.

**Недорезов Андрій Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: експериментальні дослідження процесів деформування і руйнування бетону в умовах складних напружених станів.

**Рябовол Денис Сергійович** – магистрант ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

**Храмогіна Ірина Олександрівна** – магистрант ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

**Levchenko Victor** – Ph. D. (Eng.), Professor; Vice-rector in education and pedagogic activities the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

**Mashtaler Sergii** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Reinforced Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of methods for determining the characteristics of the stress-strain state of reinforced concrete (steel-fiber concrete) elements under simple modes of power and temperature effects assessment of technical condition and design of reinforced concrete structures.

**Niedoriezov Andrii** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Reinforced Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: experimental studies of concrete deformation and fracture under complex stress states.

**Riabovol Denis** – master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

**Chramogina Irina** – master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

EDN: MDZRHL

УДК 528.48

**П. И. СОЛОВЕЙ, А. Н. ПЕРЕВАРЮХА, Т. В. МОРОЗОВА**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ОСОБЕННОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЕФОРМАЦИЙ ВЫСОТНЫХ СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ИСПЫТАНИЙ**

**Аннотация.** В статье приведены особенности геодезического мониторинга определения деформаций высоковольтных опор в стесненных условиях испытательного полигона. Выполнен анализ всех передовых современных технологий и приборов, применяемых при геодезическом мониторинге высотных сооружений башенного типа. Сделан вывод о том, что наименее затратным и наиболее эффективным при определении деформаций высоковольтных опор в процессе испытаний является дистанционный способ с применением безотражательных электронных тахеометров, а при их отсутствии угловой метод с применением точных оптических теодолитов. Детально рассмотрена методика, а также выполнен расчет точности предлагаемых методов. Опыт испытаний высоковольтных опор позволил установить, что применение GNSS-технологий невозможно, так уже на ранних стадиях испытаний опора может разрушиться, что приведет к повреждению дорогостоящих GPS-приемников.

**Ключевые слова:** геодезический мониторинг, деформации, методика измерений, высоковольтные опоры.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Проводимый на этапе испытаний геодезический мониторинг деформаций различных высотных сооружений, в том числе высоковольтных опор, позволяет выявить несоответствие расчетных параметров, заложенных при проектировании и реальных параметров, полученных в различных режимах нагрузок, поэтому проблема выбора малозатратных и эффективных методов геодезического мониторинга испытываемых сооружений является актуальной.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Вопросам геодезического мониторинга высотных сооружений в условиях испытаний посвящено относительно небольшое количество публикаций. Непосредственно обсуждаемой проблеме посвящены работы [1, 4, 5]. Но с момента публикаций этих работ прошло много лет. За истекший период появились новые приборы и технологии определения деформаций высотных сооружений. Выбор оптимальных методов и приборов для определения деформаций сооружений в условиях испытаний требует своего решения.

### **ЦЕЛИ**

Выполнить сравнительный анализ современных методов геодезического мониторинга деформаций высотных сооружений в условиях испытаний и на его основе выбрать наиболее малозатратные и эффективные технологии и приборы.

### **ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**

Геодезический мониторинг деформаций высотных сооружений башенного типа в условиях испытаний играет важную роль, так как позволяет выявить несоответствие расчетных параметров, заложенных при проектировании и реальных параметров, полученных в различных режимах нагрузок.

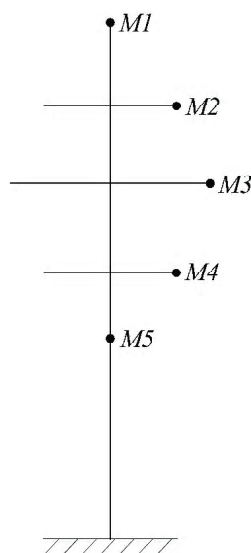
Рассмотрим особенности определения деформаций на примере испытаний высоковольтных опор в стесненных условиях испытательного полигона электросетевых конструкций.

© П. И. Соловей, А. Н. Переварюха, Т. В. Морозова, 2022





Испытательный полигон содержит: силовой пол и расположенную на нем испытываемую опору; двух силовых площадок с лебедками, предназначенных для задания статических и динамических нагрузок, моделирующих влияние ветра, гололеда, веса проводов и пр.; двух силовых башен (первая – аварийного режима, для удержания опоры от возможного опрокидывания, вторая – силовая башня нормального режима). Нагрузки, задаваемые лебедками, воспринимаются динамометрами, показания с которых по проводной сети передаются на пульт управления, расположенный на безопасном удалении от испытываемой опоры.



**Рисунок 1** – Схема расположения контрольных марок на опоре.

Перед испытаниями на опоре закрепляют контрольные марки в виде металлического стержня, на одном конце которого приварен шарик диаметром 20 мм, а другой конец стержня приварен к опоре. Контрольные марки закрепляют на вершине опоры (рис. 1), на концах траверс и в местах возможных слабых конструктивных узлов.

Количество контрольных марок может достигать от 3 до 7 штук в зависимости от конструктивных особенностей опоры и программы испытаний.

Испытания проводят в несколько этапов, приуроченных, как правило, к задаваемым усилиям в 20, 40, 60, 80, 100 % от общей нагрузки. Иногда, по требованию заказчика, усилия задают до разрушения опоры.

После каждого приложения нагрузки требуется определять пространственные координаты контрольных марок в условной системе координат.

Согласно техническим условиям на проведение испытаний высотных сооружений точность определения деформаций выражается зависимостью:

$$m = 0,01Q, \quad (1)$$

где  $Q$  – величина деформации, которая на разных этапах может изменяться от 200 до 700 и более миллиметров, что соответствует точности от 2 до 7 и более миллиметров.

Такую точность определения деформаций на первых этапах испытаний обеспечить очень сложно, особенно в стесненных условиях испытательного полигона и при воздействии на опору различных негативных внешних факторов (солнечный нагрев, ветер, темное время суток, вертикальная и горизонтальная рефракция, турбулентность воздуха и др.).

Точность определения деформаций испытываемых опор во многом зависит от применяемых методов и приборов. Анализ современных методов геодезического мониторинга деформаций высотных сооружений башенного типа показывает, что основными из них являются:

1. GNSS-технологии.
2. Лазерные сканеры.
3. Моторизованные электронные тахеометры.
4. Высокоточные инклинометры.
5. Безотражательные электронные тахеометры.
6. Угловые измерения оптическими теодолитами.
7. Наклонное проектирование оптическими теодолитами.

Каждый из методов достаточно хорошо освещен в работах [1, 2 3]. Рассмотрим возможность использования каждого из методов при геодезическом мониторинге деформаций опор ЛЭП применительно к стесненным условиям испытательного полигона.

1. Применение GNSS-технологий требует закрепления GPS-приемников (3–7 штук) в контрольных точках и базового приемника – на открытой местности и безопасном удалении от испытываемой опоры. В процессе испытаний, уже на первом – втором этапах может произойти разрушение опоры, что приведет к повреждению GPS-приемников. Таким образом применять GNSS-технологии при испытаниях высотных сооружений, в том числе высоковольтных опор, нельзя.

2. Применение лазерных сканеров также невозможно из-за специфики процесса испытаний высоковольтных опор, которая состоит в том, что после каждого этапа испытаний дается всего несколько минут на определение деформаций, что явно недостаточно для выполнения сканирования.

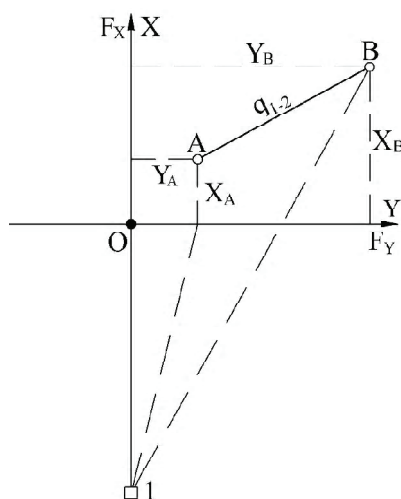
3. Моторизованные электронные тахеометры могут найти применение при испытаниях высотных сооружений. Однако высокая стоимость сдерживает их применение при геодезическом мониторинге деформаций высотных сооружений.

4. Применение высокоточных инклинометров при испытаниях высоковольтных опор также невозможно, так как опора претерпевает значительные деформации, приводящие к недопустимым наклонам и изгибам ее вертикальной оси, а иногда к разрушению уже на начальных этапах испытаний.

5. Безотражательные электронные тахеометры могут найти широкое применение при геодезическом мониторинге деформаций высотных сооружений, в том числе высоковольтных опор, в процессе испытаний.

Методика определения деформаций проста и заключается в следующем.

Безотражательный электронный тахеометр устанавливают на безопасном расстоянии от опоры (не менее высоты опоры) на оси  $X$  (рис. 2) в точке 1. До начала испытаний измеряют расстояние  $S = 1 - O$  до центра опоры. Визируют на контрольную точку  $A$  и в режиме «координаты» определяют ее координаты  $X_A, Y_A, Z_A$  в условной системе координат. За начало координат принят центр опоры. За оси  $X$  и  $Y$  – линии, совпадающие с направлениями прилагаемых нагрузок  $F_X$  и  $F_Y$ . Ось  $Z$  проходит через  $O$  и совпадает с вертикальной осью опоры.



**Рисунок 2** – Схема определения деформаций испытываемой опоры безотражательным электронным тахеометром.

После первого этапа (приложение к опоре 20 % нагрузки). Визируют на контрольную марку, сместившуюся в точку  $B$ , и в режиме «координаты» определяют координаты точки  $X_B, Y_B, Z_B$  и т. д.

Аналогично определяют координаты остальных контрольных марок.

Определение деформаций контрольных марок основано на полярном способе, поэтому их точность будет зависеть от погрешностей измерения углов и расстояний.

Среднюю квадратическую погрешность определения деформаций полярным способом можно описать формулой:

$$m_Q = \sqrt{m_S^2 + \left( \frac{m_\epsilon \cdot S}{c} \right)^2}, \quad (2)$$

где  $m_B, m_S$  – средняя квадратическая погрешность измерения углов и расстояний, соответственно;

$S$  – расстояние от тахеометра до опоры.

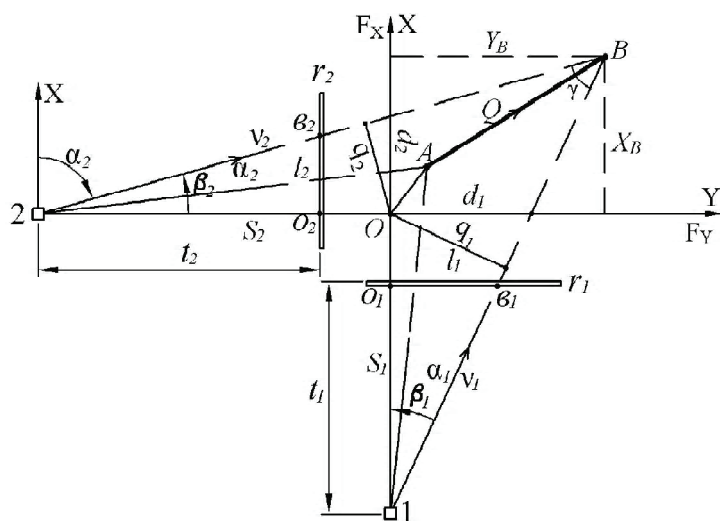
Если определение деформаций выполнять электронным тахеометром с погрешностью измерения углов  $m_B = \pm 5''$  и расстояний  $m_S = 2 \text{ мм} + 2 \text{ мм/км}$ , то при  $S = 100 \text{ м}$  по формуле (2) получим  $m_Q = 3,2 \text{ мм}$ .

При  $Q = 700 \text{ мм}$  относительная погрешность составит  $1/218$ , что в 2 раза меньше требуемой точности ( $1/100$ ).

По окончании испытаний строят графики перемещений контрольных марок, величины перемещений в плане и по высоте.

6. Угловые измерения деформаций опор в условиях испытаний выполняют двумя оптическими теодолитами типа  $T5, T2$ , устанавливаемыми на двух взаимно перпендикулярных направлениях,

совпадающими с направлениями прилагаемых нагрузок  $F_X$  и  $F_Y$ , в точках 1 и 2 на безопасном расстоянии от испытываемой опоры (рис. 3).



**Рисунок 3** – Схема измерения деформаций опор оптическими теодолитами угловым методом и методом наклонного проектирования.

Пусть контрольная марка до начала испытаний занимает положение  $A$ . Под действием прилагаемых нагрузок контрольная марка перемещается в положение  $B$ . Требуется определить пространственные координаты точек  $A$  и  $B$ . Координаты точки  $A$  определяют угловым методом до начала испытаний. Покажем технологию определения пространственных координат на примере точки  $B$ .

Одновременно двумя теодолитами из точек 1 и 2 визируют на точку  $B$  и измеряют углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$ . Вычисляют составляющие смещения  $OB$   $q_1$  и  $q_2$  по формулам:

$$q_1 = S_1 \cdot \sin \beta_1; \quad q_2 = S_2 \cdot \sin \beta_2, \quad (3)$$

где  $S_1$  и  $S_2$  – расстояния от теодолитов до центра опоры (точка  $O$ ), измеренные до начала испытаний.

В условной системе координат  $XOZ$ , оси которой совпадают с направлениями прилагаемых нагрузок  $F_X$  и  $F_Y$ , вычисляют дирекционные углы направлений 1 –  $B$ , 2 –  $B$  и угол засечки  $\gamma$  по формулам:

$$\alpha_1 = \beta_1; \quad \alpha_2 = 90^\circ - \beta_2; \quad \gamma = \alpha_2 - \alpha_1, \quad (4)$$

а также координаты точки  $B$  и деформацию  $Q$ :

$$\left. \begin{aligned} X_B &= \frac{q_1 \cdot \cos \alpha_2 - q_2 \cdot \cos \alpha_1}{\sin(\alpha_2 - \alpha_1)}; \\ Y_B &= \frac{q_1 \cdot \sin \beta_2 - q_2 \cdot \sin \alpha_1}{\sin(\alpha_2 - \alpha_1)}. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

$$Q = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2} = \frac{1}{\sin \gamma} \sqrt{q_1^2 + q_2^2 - 2q_1q_2 \cos \gamma}. \quad (6)$$

Высотное положение точки  $B$  определяют тригонометрическим нивелированием по известным формулам.

По вычисленным координатам точек  $A$  и  $B$  определяют деформации  $Q = AB$ , которые представляют для анализа на пульт управления испытаний.

Расчет точности, выполненный по методике [2], показал, что погрешность определения деформаций опор в процессе испытаний оптическими теодолитами типа Т5 и при расстояниях от теодолитов до опоры  $S_i = 100$  м составляет 3,5 мм, что в относительной мере (при  $Q = 700$  м) равно  $1/200$  и не превышает нормативных требований ( $1/100$ ).

Следует отметить, что некоторые контрольные марки могут располагаться от вертикальной оси опоры на значительном расстоянии, достигающем 3...5 и более метров, например марка М3 (рис. 1). Из всех контрольных марок только марка М1 расположена на минимальном расстоянии от вертикальной оси опоры или совпадает с ней, а под действием максимальных нагрузок она смещается от первоначального положения до 700...1 000 мм.

В некоторых работах [1] при определении деформаций с двух взаимно-перпендикулярных направлений предлагается использовать приближенную формулу:

$$Q' = \sqrt{q_1^2 + q_2^2}, \quad (7)$$

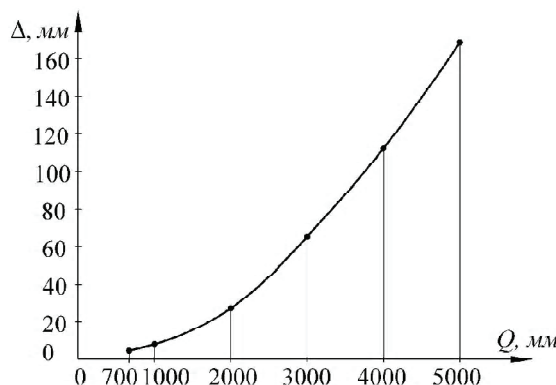
что приводит к значительным методическим погрешностям [3], превышающим требования нормативных документов.

Вычислим методическую погрешность для условий:  $Q = 700 - 5\,000$  мм,  $S = 100$  м. Результаты вычислений представлены в таблице.

**Таблица** – Вычисление методической погрешности

№ п/п	Составляющие общей деформации, мм		По строгой формуле (6), мм	Приближенная формула (7), мм	Методическая погрешность $\Delta = Q - Q'$ , мм
	$q_1$	$q_2$			
1	492	492	700	696	4
2	702	702	1 000	993	7
3	1 394	1 394	2 000	1 971	29
4	2 077	2 027	3 000	2 937	63
5	2 750	2 750	4 000	3 889	111
6	3 418	3 418	5 000	4 834	166

По результатам вычислений построен график (рис. 4) зависимости методической погрешности от величины деформации (расстояния)  $Q$ .



**Рисунок 4** – График зависимости методической погрешности  $\Delta$  от величины деформации (расстояния)  $Q$ .

Анализ таблицы и графика (рис. 4) показывает, что методическая погрешность вычисления деформаций по приближенной формуле (7) достигает значительных величин, превышающих нормативный допуск ( $0,01Q$ ). Совместное действие методической погрешности и погрешностей, вызванных влиянием различных внешних факторов еще больше снижает точность определения деформаций опор в условиях испытаний. Поэтому координаты контрольных марок и их деформации следует вычислять по строгим формулам (5), (6).

7. Геодезический мониторинг деформаций опор в процессе испытаний способом наклонного проектирования заключается в следующем.

У основания опоры устанавливают нивелирные рейки  $r_1$  и  $r_2$  (рис. 3). Одновременно визируют двумя теодолитами на точку  $O$  (центр опоры), проектируют ее на рейку и берут отсчеты  $o_1$  и  $o_2$ . После этого визируют на контрольную марку (например  $B$ ), проектируют ее на рейки и берут отсчеты  $v_1$  и  $v_2$ .

Вычисляют разность отсчетов:

$$\left. \begin{aligned} l_1 &= e_1 - o_1; \\ l_2 &= e_2 - o_2. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Вычисляют приведенные к центру  $O$  опоры отсчеты:

$$\left. \begin{aligned} d_1 &= \frac{S_1 - t_1}{l_1}; \\ d_2 &= \frac{S_2 - t_2}{l_2}. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Вычисляют параллактические углы между направлениями  $1 - B$  и  $1 - O$ , а также  $2 - B$  и  $2 - O$ :

$$\left. \begin{aligned} \beta_1 &= \arctg \frac{d_1}{S_1}; \\ \beta_2 &= \arctg \frac{d_2}{S_2}. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Вычисляют дирекционные углы и координаты контрольных марок по формулам (4) и (5).

Деформации  $Q$  опор вычисляют по формулам (6).

Погрешность определения деформаций опор способом наклонного проектирования зависит в основном от погрешностей визирования на контрольные марки  $m_e$ , наклонного проектирования марок на нивелирные рейки  $m_{\Pi}$  и отсчитывания по рейкам  $m_O$ .

Применив принцип равных влияний, т. е.:

$$m = m_e + m_{\Pi} + m_O = 2,5 \text{ мм},$$

погрешность определения деформаций после некоторых преобразований составит:

$$m_Q = m\sqrt{10} = 2,5\sqrt{10} = 7,9 \text{ мм},$$

что в 2,2 раза грубее способа углов. Кроме того, трудоемкость способа наклонного проектирования выше в 2–3 раза по сравнению со способом углов.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Сравнительный анализ перечисленных методов определения деформаций опор в процессе испытаний показывает, что наиболее эффективным, точным и относительно малозатратным является метод с использованием безотражательного электронного тахеометра. При отсутствии электронного тахеометра достаточно точным и эффективным при определении деформаций высотных сооружений в условиях испытаний является способ угловых измерений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анненков, А. А. Комплексный подход к исследованию деформаций высотных опор ЛЭП в условиях испытаний и эксплуатации : специальность 05.24.01 «Геодезия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Анненков Андрей Александрович ; Донбасская национальная академия строительства и архитектуры. – Макеевка, 2003. – 18 с. – Место защиты : Киевский национальный университет строительства и архитектуры. – Текст : непосредственный.
2. Баран, П. И. Определение крена дымовых труб с изолированных опорных пунктов / П. И. Баран, П. И. Соловей. – Текст : непосредственный // Геодезические работы на подрабатываемых территориях : сборник научных трудов – Москва : [б. и.], 1987. – С. 81–85.
3. Соловей, П. И. Исследование точности определения величины и направления крена дымовых труб с двух изолированных пунктов. – Текст : непосредственный / П. И. Соловей // Совершенствование геодезических и фототриангуляционных работ : сборник научных трудов. – Москва : [б. и.], 1990. – С. 93–97.
4. High Accuracy Real-time Dam Monitoring Using Low-Cost GPS Equipment / R. Ali, P. Cross, A. Ali El-Sharkawi, United Kingdom. – Текст : непосредственный // From Pharaohs to Geoinformatics FIG Working Week 2005 and GSDI-8, TS 43 – Deformation Measurement and Analysis, April 16–21 2005, Cairo, Egypt. – Egypt : [et al.], 2005. – P. 1–20.

5. Baraka, M. A. Monitoring Bridge Deformations During Static Loading Tests Using GPS / M. A. Baraka, E. H. El-Shazly. – Текст : непосредственный // From Pharaohs to Geoinformatics FIG Working Week 2005 and GSDI-8, TS 40 – Deformation Measurement and Analysis, April 16–21 2005, Cairo, Egypt. – Egypt : [et al.], 2005. – P. 1–10.

Получена 24.10.2022

Принята 25.11.2022

П. І. СОЛОВЕЙ, А. М. ПЕРЕВАРЮХА, Т. В. МОРОЗОВА  
ОСОБЛИВОСТІ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ДЕФОРМАЦІЙ  
ВИСОТНИХ СПОРУД В УМОВАХ ВИПРОБУВАНЬ  
ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

**Анотація.** У статті наведено особливості геодезичного моніторингу визначення деформацій високовольтних опор у стиснених умовах випробувального полігону. Виконано аналіз усіх передових сучасних технологій та приладів, які застосовуються при геодезичному моніторингу висотних споруд баштового типу. Зроблено висновок про те, що найменш витратним і найбільш ефективним при визначенні деформацій високовольтних опор у процесі випробувань є дистанційний спосіб із застосуванням безвідбивних електронних тахеометрів, а за їх відсутності кутовий метод із застосуванням точних оптичних теодолітів. Детально розглянуто методику, а також виконано розрахунок точності запропонованих методів. Досвід випробувань високовольтних опор дозволив встановити, що застосування GNSS-технологій неможливо, так вже на ранніх стадіях випробувань опора може зруйнуватися, що призведе до пошкодження дорогих GPS-приймачів.

**Ключові слова:** геодезичний моніторинг, деформація, методика вимірювань, високовольтні опори.

PAVEL SOLOVEJ, ANATOLY PEREVARJUHA, TATYANA MOROZOVA  
FEATURES OF GEODETIC MONITORING OF DEFORMATIONS OF HIGH-  
RISE STRUCTURES UNDER TEST CONDITIONS  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The article presents the features of geodetic monitoring for determining the deformations of transmission towers in the tight working space of the test site. The analysis of all advanced modern technologies and instruments used in geodetic monitoring of high-tension transmission tower has been carried out. It is concluded that the least expensive and most effective in determining the deformations of transmission towers during testing is the remote method with the use of reflectorless electronic total stations, and in the absence thereof, the angular method with the use of precision optical theodolites. The technique is considered in detail, and the accuracy calculation of the proposed methods is also performed. The experience of transmission towers testing has shown that the use of GNSS technologies is impossible, since the tower can collapse already in the early stages of testing that will lead to the damage of expensive GPS receivers.

**Key words:** geodetic monitoring, deformations, measurement technique, transmission towers.

**Соловей Павел Илларионович** – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций высотных зданий и сооружений.

**Переварюха Анатолий Николаевич** – кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой инженерной геодезии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций колеблющихся и вращающихся объектов.

**Морозова Татьяна Васильевна** – старший преподаватель кафедры инженерной геодезии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование сдвижений земной поверхности и деформаций зданий и сооружений под действием подземных горных работ.

**Соловей Павло Ларіонович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної геодезії ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ. Наукові інтереси: дослідження статичних і динамічних деформацій висотних будівель і споруд.

**Переварюха Анатолій Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент; завідувач кафедри інженерної геодезії ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження статичних і динамічних деформацій коливних і обертових об'єктів.

**Морозова Тетяна Василівна** – старший викладач кафедри інженерної геодезії ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження зрушення земної поверхні та деформації будівель та споруд під впливом підземних гірничих робіт.

**Solovej Pavel** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research of static and dynamic deformations of high-rise buildings and structures.

**Perevarjuha Anatoly** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Head of the Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research of static and dynamic deformations of varying and rotating objects.

**Morozova Tatyana** – senior lecturer, Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research of the earth surface movements and deformations of buildings and constructions under the influence of underground mining.



EDN: JHTSDS

УДК 692.42/.47

М. А. ЧАЙКА

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ АРОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ С УЧЕТОМ ВЫСОТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

**Аннотация.** В работе представлено численное исследование воздействия ветрового потока на прямоугольное в плане здание с арочным покрытием с учетом предъявляемых геометрических параметров к бескаркасным металлическим арочным конструкциям. Расчеты выполняются с помощью программного комплекса SolidWorks. Исследуемое здание помещается в расчетную область (домен), представляющую собой виртуальную аэродинамическую трубу. Теоретико-методологическую основу исследования составили уравнения Невье-Стокса, осредненные по Рейнольдсу (модель турбулентности Shear-Stress Transport). В работе уточняются аэродинамические коэффициенты на поверхности арочного покрытия здания и сооружения с учётом изменения его высоты и геометрических параметров покрытия, в том числе устанавливаются основные их закономерности изменения. Путём экспериментально-статического моделирования определяются регрессионные модели прогнозирования аэродинамических коэффициентов при заданных основных параметрах, таких как стрела подъема арки ( $f$ ) и отношение высоты здания к пролету ( $h/L$ ).

**Ключевые слова:** арочное покрытие, аэродинамический коэффициент, численное исследование, регрессионная модель.

### ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ И АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

На этапе проектирования зданий или сооружений одним из важнейших факторов, требующих повышенного внимания, является ветровое воздействие. Для определения ветрового давления на арочные покрытия используются значения аэродинамических коэффициентов приведенных в СП [1] для сводчатых зданий и близких к ним по очертанию покрытий. На приведенных графиках [1] указаны аэродинамические коэффициенты при высоте  $h = 0$  и отношением высоты здания к пролету  $\frac{h}{l} \geq 0,5$  с учетом изменения стрелы подъёма арки. Необходимо найти аэродинамические коэффициенты в пределах этих значений. Информация об аэродинамической характеристике здания или сооружения может быть получена с помощью методов физического моделирования в аэродинамических трубах или численного моделирования с применением компьютерных CFD – технологии математического моделирования (CFD – Computational Fluid Dynamic).

Развитие отечественной нормативной базы расчетов на ветровые нагрузки связано с именами таких ученых, как Э. И. Реттер [2, 3], А. Г. Соколов [4], Г. А. Савицкий [5] и др.

Численному моделированию ветровой аэродинамики посвящены работы М. Х. Стрельца [6], И. А. Белова, С. А. Исаева [7, 8], С. И. Дубинского [9], В. Ф. Мущанова [10], Y. Tominaga [11], J. Franke [12] и мн. др.).

Целью работы является уточнение аэродинамических коэффициентов на поверхности арочного покрытия здания и сооружения с учётом изменения его высоты и геометрических параметров арочного покрытия и путём экспериментально-статического моделирования получить регрессионные модели прогнозирования аэродинамических коэффициентов.



## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Для решения поставленных целей используются следующие основные методы:

– численное моделирование, с применением программного комплекса SolidWorks-Flow Simulation, основанное на конечно-объемном методе решения систем уравнений отражающих общие законы механики сплошной среды;

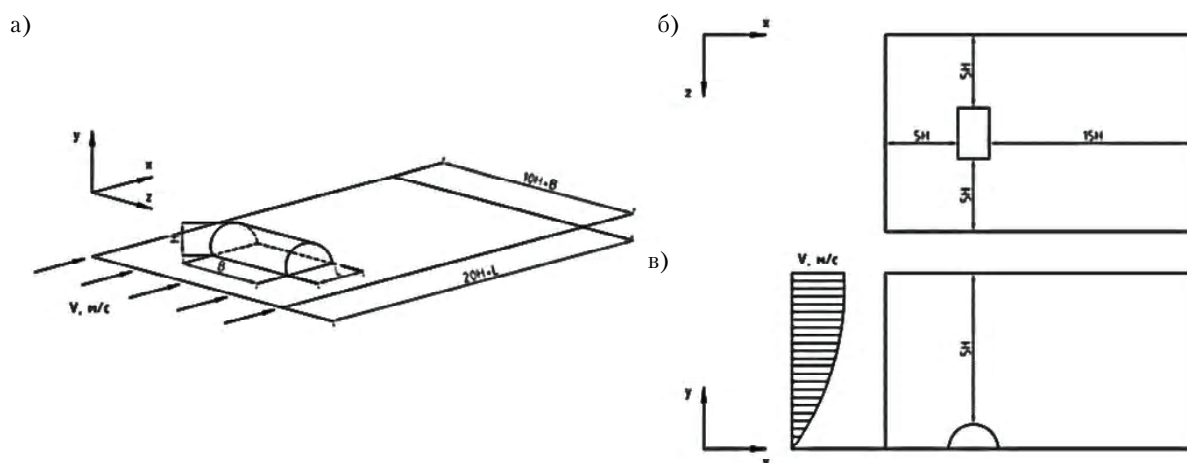
– метод корреляционно-регрессионного анализа.

Для определения ветрового воздействия на поверхности арочного покрытия с помощью применения компьютерного моделирования создаются модели в CAD – среде SolidWorks. В качестве твердотельной модели принимается прямоугольное в плане здание с арочным покрытием и геометрическими параметрами, предъявляемыми к бескаркасным металлическим арочным конструкциям [13]:

– стрела подъема арки  $f$ ;  
– пролет  $L$ ;  
– отношение высоты здания (от уровня поверхности земли до нижней отметки покрытия) к пролету  $h/L$ .

В качестве характеристик набегающего ветрового потока принимаются профиль скорости ветра, определяемый степенным законом и характеристики турбулентности [14] (интенсивность и масштаб), заданные параметры отвечают ветровым районам и типам местности по СП [1].

Размер расчетной области (домен) для отдельно стоящего здания высоты  $H$  создается согласно разработанным рекомендациям [15–17]. Расстояние в направлении потока до здания должно быть не менее  $5H$ , а за зданием как минимум  $15H$  (рис. 1).



**Рисунок 1** – Размеры расчетной области: а) геометрия задачи; б) расчетная область в плане; в) расчетная область в разрезе.

В результате численного моделирования получены картины распределения относительного давления ветрового потока по поверхности арочного покрытия. Для уточнения аэродинамических коэффициентов на поверхности арочного покрытия принята схема расположения контрольных точек с шагом по дуге  $15^\circ$ . Контролируемые параметры расчета: относительное давление в контрольных точках ( $P_r$ , Па) и скорость невозмущенного потока на характерной высоте ( $v_n$ , м/с). Далее в контрольных точках определяются аэродинамические коэффициенты по формуле [3]:

$$C_i = \frac{2 \cdot P_i}{\rho \cdot v_n^2}, \quad (1)$$

где  $C_i$  – аэродинамический коэффициент;  
 $P_i$  – относительное давление (относительное) в контрольной точке, Па;  
 $\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  
 $v_n$  – скорость невозмущенного потока на характерной высоте, м/с.

В таблице 1 представлены максимальные аэродинамические коэффициенты.

Таблица 1 – Аэродинамические коэффициенты

$C_e$	$C_{e1}$		$C_{e2}$		$C_{e32}$	
$\frac{h}{l} / f$	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,5
0,1	0,82	0,93	-0,9	-1,00	-0,24	-0,40
0,25	0,61	0,74	-0,38	-0,40	-0,26	-0,33
0,45	0,4	0,63	-0,35	-0,32	-0,31	-0,32

Для определения регрессионной модели прогнозирования аэродинамического коэффициента применяется метод корреляционно-регрессионного анализа. Исследования проводятся по трехфакторному плану с восьмью экспериментальными строками. Применение математического моделирования позволяет получить адекватные модели при изменении факторов на двух уровнях: min и max приведенных в таблице 2.

Таблица 2 – Факторы и уровни их варьирования

Уровни варьирования	Факторы		
	$f$	$\frac{h}{L}$	$L$
–	0,3	0,1	10
+	0,5	0,45	36

- стрела подъема арочного покрытия,  $f$ ;
- отношение высоты здания (от уровня поверхности земли до нижней отметки покрытия) к пролету,  $\frac{h}{L}$ ;
- длина пролета,  $L$ .

В результате по заданным данным, проводятся 8 опытов в программном комплексе SolidWorks-Flow Simulation, при изложенных выше условиях моделирования.

По полученным результатам на основе матрицы показателей корреляции составляются уравнения линейной множественной регрессии для прогнозирования аэродинамических коэффициентов с учётом изменения высоты здания и геометрических параметров арочного покрытия:

$$C_{e1} = 0,61 + 0,85 \cdot f - 1,06 \cdot \frac{h}{l}, \quad (2)$$

$$C_{e2} = -1,02 - 0,263 \cdot f - 1,72 \cdot \frac{h}{l}. \quad (3)$$

Расчёт и построение этих вариантов осуществляли с помощью программного комплекса Microsoft Office Excel. После проверки моделей на адекватность по F- критерию Фишера при уровне значимости  $\alpha = 0,05$  в модели остались только значимые коэффициенты.

Пример матрицы показателей корреляции для определения регрессионной модели прогнозирования аэродинамического коэффициента с наветренной стороны представлен в таблице 3.

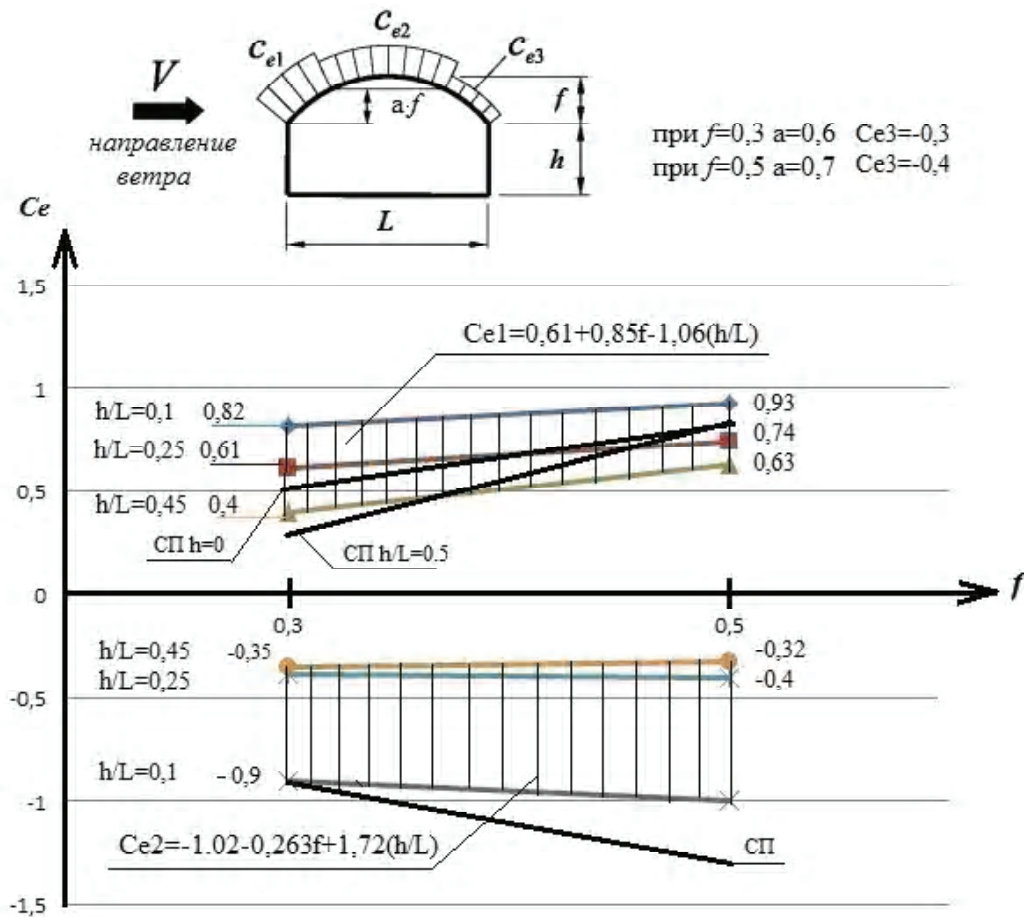
На рисунке 2 представлен график распределения коэффициентов ветрового давления  $C_e$  по поверхности арочного покрытия, полученных численным моделированием и по нормативным данным, приведенным в нормативном документе СП [1].

Исходя из полученных данных установлено, что:

- для арочных покрытий со стрелой подъёма арки  $f = 0,3 \cdot L$  аэродинамический коэффициент принимает отрицательные значения на высоте  $0,6 \cdot f$ , когда в нормативных документах на высоте  $0,7 \cdot f$  [1];
- для арочных покрытий со стрелой подъёма арки  $f = 0,5 \cdot L$  аэродинамический коэффициент принимает отрицательные значения на высоте  $0,7 \cdot f$ , что соответствует указанным данным СП [1];
- аэродинамический коэффициент с наветренной стороны  $C_{e1}$  как для арки с высотой подъёма стрелы  $f = 0,3 \cdot L$ , так и для  $f = 0,5 \cdot L$  имеет обратную зависимость с отношения высоты здания (от уровня поверхности земли до нижней отметки покрытия) к пролету  $\frac{h}{L}$ , т. е. с увеличением высоты аэродинамический коэффициент принимает меньшие значения. При увеличении  $\frac{h}{L}$  на 0,15 со стрелой подъёма арки  $f = 0,3 \cdot L$  аэродинамический коэффициент уменьшается в среднем на 0,21 для  $f = 0,5 \cdot L$  – уменьшается на 0,15;

**Таблица 3** – Матрица показателей корреляции: результаты для прогнозирования аэродинамического коэффициента с наветренной стороны  $C_{e1}$

№ опыта	Кодированные величины			Факторы			$C_{e1}$ - аэродинамический коэффициент с наветренной стороны
	$f$	$h/L$	$L$	$f$	$h/L$	$L, м$	
1	+	+	+	0,5	0,45	36	0,63
2	+	+	–	0,5	0,45	10	0,61
3	+	–	+	0,5	0,1	36	0,93
4	–	+	+	0,3	0,45	36	0,4
5	–	–	+	0,3	0,1	36	0,82
6	+	–	–	0,5	0,1	10	0,9
7	–	+	–	0,3	0,45	10	0,35
8	–	–	–	0,3	0,1	10	0,82
Регрессионная статистика				Дисперсионный анализ			
Множественный R			0,983	F			6,648
R – квадрат			0,965	Значимость F			0,05
Нормированный R – квадрат			0,940				
Наблюдения			8				



**Рисунок 2** – График распределения аэродинамических коэффициентов.

– аэродинамический коэффициент с наветренной стороны  $C_{e1}$  со стрелой подъёма арки  $f = 0,5 \cdot L$  при  $h/L = 0,1$  и  $h/L = 0,25$  увеличивается относительно  $f = 0,3 \cdot L$  на 0,12, при  $h/L = 0,45$  на 0,23;

- аэродинамический коэффициент на вершине покрытия  $C_{e2}$  как для арки с высотой подъёма стрелы  $f = 0,3 \cdot L$ , так и для  $f = 0,5 \cdot L$  имеет обратную зависимость с отношением высоты здания (от уровня поверхности земли до нижней отметки покрытия) к пролету  $h/L$ , т. е. с увеличением высоты аэродинамический коэффициент принимает меньшие значения;
- аэродинамический коэффициент с подветренной стороны  $C_{e3}$  для арки с высотой подъёма стрелы  $f = 0,3 \cdot L$  принимает значение равное  $-0,3$ , а для  $f = 0,5 \cdot L$   $C_{e3} = -0,4$ , когда в нормативном документе при  $f = 0,3 \cdot L$  и  $f = 0,5 \cdot L$  принимает постоянное значение  $C_{e3} = -0,4$ ;
- значения аэродинамических коэффициентов  $C_{e1}$ , полученных численным моделированием не входят в плоскости прямых, указанных в СП [1], а коэффициенты  $C_{e2}$  имеют меньшие значения.

## ВЫВОД

В результате численного моделирования в работе была определена аэродинамическая характеристика здания или сооружения, на основании которой были уточнены аэродинамические коэффициенты на поверхности арочного покрытия и установлены основные закономерности изменения от высоты здания и геометрических параметров арочного покрытия. Путём экспериментально-статического моделирования были получены регрессионные модели прогнозирования аэродинамических коэффициентов при заданных основных параметрах, таких как стрела подъёма арки ( $f$ ) и отношение высоты здания к пролету ( $h/L$ ).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия = Loads and actions : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 3 декабря 2016 г. № 891/пр. : на замену СП 20.13330.2011 : дата введения 2017-06-04 / подготовлен Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва : ЦНИ ИСК им. В. А. Кучеренко АО Минстроя России, 2016. – 110 с. – Текст : непосредственный.
2. Реттер, Э. И. Аэродинамика зданий / Э. И. Реттер, С. И. Стриженов. – Москва : Стройиздат, 1968. – 240 с. – Текст : непосредственный.
3. Реттер, Э. И. Архитектурно-строительная аэродинамика / Э. И. Реттер. – Москва : Стройиздат, 1984. – 294 с. – Текст : непосредственный.
4. Беспрозванная, И. М. Воздействия ветра на высокие сплошностенчатые сооружения. / И. М. Беспрозванная, А. Г. Соколов, Г. М. Фомин. – Москва : Стройиздат, 1976. – 185 с. – Текст : непосредственный.
5. Савицкий, Г. А. Ветровая нагрузка на сооружения / Г. А. Савицкий. – Москва : Стройиздат, 1972. – 112 с. – Текст : непосредственный.
6. Strelec, M. Detached eddy simulation of massively separated flows / M. Strelec. – Текст : непосредственный // AIAA Paper. – 2001. – No. 2001-0879. – P. 1–18.
7. Белов, И. А. Задачи и методы расчета отрывных течений несжимаемой жидкости / И. А. Белов, С. А. Исаев, В. А. Коробков. – Ленинград : Судостроение, 1989. – 252 с. – Текст : непосредственный.
8. Белов, И. А. Моделирование турбулентных течений : учебное пособие. / И. А. Белов, С. А. Исаев. – Санкт-Петербург : Изд-во БГТУ, 2001. – 107 с. – Текст : непосредственный.
9. Дубинский, С. И. Численное моделирование ветровых воздействий на высотные здания и комплекс : специальность 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» : диссертация на соискание ученой степени кандидата наук / Дубинский Сергей Иванович ; Московский государственный строительный университет. – Москва, 2010. – 198 с. – Текст : непосредственный.
10. Мушанов, В. Ф. Исследование аэродинамических коэффициентов провисающих мембранных покрытий инженерных сооружений / В. Ф. Мушанов, А. В. Зубенко, А. А. Дроздов. – Текст : электронный // Металлические конструкции. – 2017. – Том 23, номер 2. – С. 81–96. – URL: [http://donnasa.ru/publish\\_house/journals/mk/2017-2/04\\_mushchanov\\_zubenko\\_drozдов.pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/mk/2017-2/04_mushchanov_zubenko_drozдов.pdf) (дата публикации: 17.07.2017).
11. Comparison of various k-ε models and DSM applied to flow around a high-rise building / A. Mochida, Y. Tominaga, S. Murakami [et al.]. – Текст : непосредственный // Wind and Structures. – 2002. – 5(2–4). – P. 227–244.
12. Best practice guideline for the CFD simulation of flows in the urban environment / Edited by Jörg Franke, Antti Hellsten, Heinke Schlünzen, Bertrand Carissimo. – Hamburg : Meteorological Inst., 2007. – 52 p. – ISBN 3-00-018312-4. – Текст : непосредственный.
13. Липленко, М. А. Несущая способность бескаркасных арочных покрытий из стальных холодногнутых профилей с поперечно-гофрированными гранями: специальность 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Липленко Максим Александрович ; Национальный исследовательский московский государственный строительный университет. – Москва, 2017. – 215 с. – Текст : непосредственный.

14. Руководство по расчету зданий и сооружений на действие ветра / ЦНИИ строительных конструкций им. В. А. Кучеренко. – Москва : Стройиздат, 1978. – 216 с. – Текст : непосредственный.
15. Comparison of various k-ε models and DSM applied to flow around a high-rise building / A. Mochida, Y. Tominaga, S. Murakami [et al.]. – Текст : непосредственный // Wind and Structures. – 2002. – 5(2-4). – P. 227–244.
16. Cross comparisons of CFD results of wind environment at pedestrian level around a high-rise building and within a building complex / Y. Tominaga, A. Mochida, T. Shirasawa [et al.]. – Текст : непосредственный // Journal of Asian architecture and building engineering. – 2004. – Volume 3(1). – P. 63–70.
17. AIJ guidelines for practical applications of CFD to pedestrian wind environment around buildings / Yoshihide Tominaga, Akashi Mochida, Ryuichiro Yoshie [et al.]. – Текст : непосредственный // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. – 2008. – Volume 96, Issues 10–11. – P. 1749–1761.

Получена 10.11.2022

Принята 25.11.2022

М. О. ЧАЙКА

# МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ АЕРОДИНАМІЧНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ АРОЧНИХ ПОКРИТТІВ З УРАХУВАННЯМ ВИСОТИ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД ДОНБУСЬКОЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

**Анотація.** У роботі представлено чисельне дослідження впливу вітрового потоку на прямокутну в плані будівлю з арочним покриттям з урахуванням запропонованих геометричних параметрів до безкаркасних металевих арочних конструкцій. Розрахунки виконуються за допомогою програмного комплексу SolidWorks. Досліджуване будівля поміщається в розрахункову область (домен), що представляє собою віртуальну аеродинамічну трубу. Теоретико-методологічну основу дослідження склали рівняння Нев'є-Стокса, осереднені за Рейнольдсом (модель турбулентності Shear-Stress Transport). У роботі уточнюються аеродинамічні коефіцієнти на поверхні арочного покриття будівлі і споруди з урахуванням зміни його висоти і геометричних параметрів покриття, в тому числі встановлюються основні їх закономірності зміни. Шляхом експериментально-статичного моделювання визначаються регресійні моделі прогнозування аеродинамічних коефіцієнтів при заданих основних параметрах, таких як стріла підйому арки ( $f$ ) і відношення висоти будівлі до прольоту ( $h/L$ ).

**Ключові слова:** арочне покриття, аеродинамічний коефіцієнт, чисельне дослідження, регресійна модель.

MARIA CHAYKA

# MATHEMATICAL MODEL OF AERODYNAMIC COEFFICIENTS FOR ARCH COVERINGS TAKING INTO ACCOUNT THE HEIGHT OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The paper presents a numerical study of the effect of wind flow on a building rectangular in plan with an arch covering, taking into account the geometric parameters required for frameless metal arched structures. Computings are performed by use of the SolidWorks software package. The building under study is placed in the computational domain, which corresponds to a virtual wind tunnel. The Reynolds-averaged Navier-Stokes equations (Shear-Stress Transport turbulence model) form the theoretical and methodological background of the study. The paper elaborates the aerodynamic coefficients on the surface of the arch covering of a building and structure, taking into account changes in its height and geometric parameters of the coating, including establishing their main patterns of change. By means of experimental and static modeling, regression models for predicting aerodynamic coefficients are determined for given basic parameters, such as the arched boom ( $f$ ) and the ratio of the height of the building to the span ( $h/L$ ).

**Key words:** arch covering, aerodynamic coefficient, numerical study, regression model.

**Чайка Мария Александровна** – ассистент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: совершенствование конструктивных решений утеплённых металлических бескаркасных покрытий.

**Чайка Марія Олександрівна** – асистент кафедри технології та організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: удосконалення конструктивних рішень утеплених металевих безкаркасних покриттів.

**Chayka Maria** – assistant, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improvement of construction solutions of insulated metal frameless coatings.

EDN: HCKUKK

УДК 621.315.1+621.315.66

**В. Н. ВАСЫЛЕВ<sup>а</sup>, Л. А. ГАВРИЛОВА<sup>б</sup>, Р. И. ИГНАТЕНКО<sup>а</sup>**<sup>а</sup> ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,<sup>б</sup> ООО «ГПК ИНЖИНИРИНГ»

## **АНАЛИЗ УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РЕШЕТЧАТЫХ БАШЕННЫХ ОПОР ЛЭП**

**Аннотация.** В данной статье систематизированы и исследованы возможные варианты разработки наиболее экономичной конструкции металлических решетчатых башенных опор (МРБО) ЛЭП в месте сопряжения. Большая часть эксплуатируемых ВЛ значительно превысили срок службы, запланированный при их проектировании и возведении. Поэтому актуальной проблемой поддержания безаварийной работы является ремонт и замена отдельных МРБО в пределах ВЛ. В статье определены значимые факторы проектирования доставки, сборки, монтажа и эксплуатационной работы конструкций МРБО с учетом конструктивных ограничений и требований технологии изготовления. Произведены систематизация, исследование и анализ узлов сопряжений опор с учетом значимых факторов, особенно типа болтовых соединений. Рассмотрен вариант разработки более экономичной конструкции с переходом от одноболтового соединения элементов к двухболтовому, что позволяет снизить суммарную массу конструкции на 8...12 %. По результатам работы составлен альбом узлов.

**Ключевые слова:** воздушная линия электропередачи (ВЛ); металлическая опора; элементы ствола опоры; узлы сопряжений опор.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Одним из важных факторов, учитываемых при проектировании металлических башенных опор ЛЭП является технологичность изделия. При сборе металлических башенных опор ЛЭП используются болты различного диаметра, что влечет за собой увеличение количества комплектующих элементов и увеличение времени монтажа. Переход к болтам одного диаметра позволил бы ограничить номенклатуры применяемых комплектующих в изделии, снизить трудозатраты и общее время монтажа конструкции. Также предполагается повышение общей технологичности конструкции. Возможность постановки болтов стандартизированного диаметра на элементы проката различного сортамента не до конца изучено.

### **ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Исследование параметров организационно-технологического оформления болтовых соединений при сборке металлических башенных опор ЛЭП. Определение коэффициента технологичности опор с болтовыми соединениями при постановке болтов унифицированного диаметра.

### **АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ**

Энергетическая система России насчитывает в общей сложности 10700 линий электропередач класса напряжения 110...150 кВ [1]. Протяженность ЛЭП 0,4 кВ составляет 737 тыс. км или 40 % от общей протяженности ЛЭП, протяженность ЛЭП 6...35 кВ составляет 663 тыс. км или 36 % от общей протяженности ЛЭП, протяженность ЛЭП 110 кВ и выше составляет 442 тыс. км или 24 % от общей протяженности ЛЭП [2].

На территории Российской Федерации и ДНР значительная часть высоковольтных линий электропередач выполнена на металлических решетчатых башенных опорах (МРБО). Количество МРБО составляет 85...90 % от общего количества опор на высоковольтных ЛЭП [3].





Более 30 % ВЛ 110...220 кВ были построены 30 лет назад. Около 25 % ВЛ 110...220 кВ 30-40 лет назад. Более 9 % ВЛ были построены 40–50 лет назад и более. Более 65 % ВЛ значительно превысили срок службы, запланированный при их проектировании и возведении. Поэтому актуальной проблемой поддержания безаварийной работы является ремонт и замена отдельных МРБО в пределах ВЛ.

Учитывая значительную протяженность ВЛ и общее количество МРБО в системе энергораспределения поиск рациональных проектных решений пространственных стержневых конструкций даст значительный экономический эффект.

Наиболее часто отказывают в работе элементы ствола опоры и узел опирания ствола на фундамент. Большая частота отказов узла опирания объясняется значительными коррозионными поражениями нижних частей опор ВЛ и большими величинами усилий, воспринимаемых узлом [4].

Проектирование доставки, сборки, монтажа и эксплуатационной работы конструкций МРБО с учетом конструктивных ограничений и требований технологии изготовления – сложная многофакторная задача. Значимыми факторами при решении этой задачи являются [5]:

- параметры геометрической схемы ствола опоры;
- тип решетки ствола опоры;
- количество граней ствола опоры;
- способ закрепления ствола опоры;
- тип проката и марка стали конструктивных элементов опоры;
- тип и способ соединения конструктивных элементов опоры;
- капитальность, надежность и планируемый срок эксплуатации;
- место установки (климатический и температурный режим эксплуатации);
- нагрузки соответствующих ветровых районов, в случае гололедного района – рассчитанные нагрузки, соответствующие району обледенения, расчет на сейсмические воздействия);
- транспортируемость;

При замене отдельных МРБО в пределах ВЛ наиболее рациональным способом проектирования конкретных опор является модификация унифицированных конструкций (модификация отдельных элементов ствола опоры, изменение конструкции тросостойки, длины траверсы и т. д.).

Одним из вариантов разработки более экономичной конструкции является переход от одноболтового соединения элементов к двухболтовому, что позволяет снизить суммарную массу конструкции на 8...12 % [6]. Обоснованием такого перехода является тот факт, что от количества болтов зависит расчетная схема раскоса опоры: при постановке одного болта закрепление принимается шарнирным, при двух и более болтах вдоль оси усилия – жестким, а от типа узла зависит коэффициент приведенной длины  $m$ , который влияет на величину расчетной длины стержня. Величина коэффициента приведенной длины  $m$  определяется в соответствии с нормами [7].

При этом переход от одноболтового соединения к многоболтовому подразумевает увеличение количества деталей конструкции (метизы, прокладки и т. п.), и представляется не всегда возможным без применения фасонных элементов. Это приводит к увеличению стоимости изготовления и монтажа конкретного узлового соединения и общему снижению технологичности конструкции. Таким образом, чтобы выбрать рациональный тип болтового соединения необходимо от стоимости опоры в целом перейти к стоимости отдельных узловых соединений, что позволит наиболее полно оптимизировать конструкцию. Для этого систематизированы существующие типы узлов и выполнен их анализ.

С этой целью были выбраны несколько типов опор, отличающиеся конструктивными формами. Типы рассматриваемых опор: П 330-2, МС Е12, LE12, L30E12, L60E12, VS 32.2 (табл. 1). Ствол всех рассматриваемых опор – четырехгранный решетчатый, решетка выполнена из уголка, в основном равнополочного, по конструкции ствола опора VS 32.2 – на оттяжках V-образная, остальные – свободностоящие башенного типа.

Промежуточная опора П 330-2 – типовая унифицированная 1974 г. Имеет перекрестную решетку, пояс выполнен из уголка 100×7, 140×10, 160×10, раскосы и диафрагмы – 50×5, 80×6. Реализованно одноболтовое соединение на болтах диаметром 16, 20 мм. Такая компоновка ствола по типу работы является фермой – работу ствола можно представить как работу отдельных граней.

Остальные опоры выполнены по индивидуальным проектам с учетом современных требований к конструктивным формам.

Опора типа МС Е12 – промежуточная. В тросостойке решетка треугольная, уголки мелкие: пояс – 80×8, раскосы – 50×5, реализовано одноболтовое соединение с болтами диаметром 16 мм. В верхней

Таблица 1 – Комплектация и тип решетки опор

Тип опоры	Уголки		Диаметр болтов, мм	Тип решетки
	в поясе	в раскосах		
П 330-2	100×7÷160×10	50×5÷80×6	16, 20	перекрестная
МС Е12	80×8÷200×12	50×5÷75×6	16, 20, 24	перекрестная, шпренгельная
LE12, L30E12, L60E12	80×8÷200×12	45×5÷90×9	14, 16	шпренгельная
VS 32.2	80×8	40×4÷63×5	12, 16	треугольная

части ствола решетка перекрестная, тип соединения – одноболтовой с болтами диаметром 20 мм. Уголки: пояс – 80×8, раскосы – 63×5–70×5. Решетка средней части ствола перекрестная, уголки более мощные: пояс – 140×9, раскосы – 70×5–75×6. Здесь уже преобладает многоболтовое соединение с под-узловой фасонкой, применяются болты диаметром 24 мм. Решетка нижней части ствола шпренгельная, тип соединения – многоболтовой, диаметр болтов – 16 мм. Уголки такие же, как и в средней части ствола. Решетка в юбках шпренгельная, реализовано многоболтовое соединение, диаметр болта – 16 мм. Применены следующие уголки: пояс – 160×10–200×12, раскосы – 63×5–75×6.

Опоры типа L12 E12, L30 E12, L60 E12 очень схожи между собой, отличаются только габаритными размерами – шириной базы, высотой, размерами траверс; профилями уголков. Типы узлов практически одинаковые. Решетка в тросостойке треугольная, реализовано одноболтовое соединение с диаметром болтов 14 мм, пояс из уголков – 80×8, раскосы – 45×5–50×5. Решетка верхней секции опор – перекрестная. Преобладает многоболтовое соединение с фасонками диаметром 16 мм, пояс – 80×8–100×8, раскосы 50×5–63×5. В средней и нижней секции и в подставках – шпренгельная решетка. Уголки пояса – 125×9, 140×11, 160×11, 200×12, раскосы – 50×5–90×9. Преобладает многоболтовое соединение с диаметром болтов 16 мм (в расчетных узлах).

Опора на оттяжках VS 32.2 – промежуточная, решетка ствола – треугольная, использовались мелкие уголки (в поясе – 80×8, в раскосах – 40×4–63×5). Основным типом узловых соединений оказалось одноболтовое соединение, применялись болты диаметром 12, 16 мм.

При исследовании МРБО основное внимание обращено на конструкции узла по следующим параметрам в каждом типе узлового сопряжения:

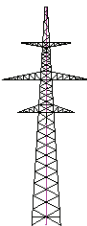
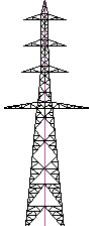
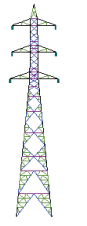
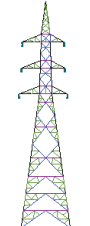
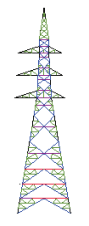
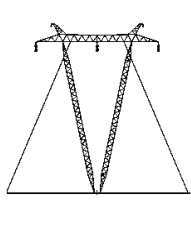
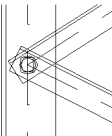
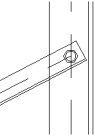
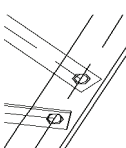
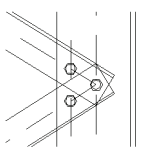
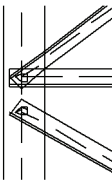
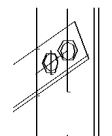
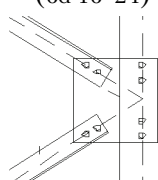
- количество болтов;
- марка, класс болтов;
- профиль пояса и прикрепляемых раскосов, их геометрические параметры;
- наличие фасонки и прокладки;
- наличие срезов, высечек, отгибов и т. д.

По результатам работы составлен альбом узлов. Все виды узловых сопряжений разделены на три группы: поясные (расчетные); нерасчетные; специальные. В альбоме приведены только первые две группы узлов. Они в свою очередь делятся на 52 типа в зависимости от параметров, перечисленных выше. К специальным относятся узлы для подвески проводов, крепления тросостоек, базы, оголовки опоры. Опоры, выполненные с учетом современных конструктивных форм, содержат до 5% специальных узлов, причем сварные соединения практически отсутствуют за счет применения специальных фундаментов, тогда как типовая опора содержит 10% специальных узлов и сварные соединения:

- 4,8 % для VS 32.2;
- 3 % для типа LE12, L30E12, L60E12;
- 5 % для типа МС Е12;
- 10 % для типа П 330-2 от общего количества узлов в опоре.

Наиболее распространенные типы узловых соединений приведены в табл. 2. Проанализировав применяемые типы узловых сопряжений в исследуемых опорах, можно сделать вывод, что одноболтовое соединение является самым распространенным, его количество в процентах на опору составляет 25...63 % для всех рассмотренных опор, что на порядок выше всех других типов узловых сопряжений. Однако если в типовой опоре П330-2 содержится 36 % одноболтовых соединений с диаметрами болтов 16...20 мм, то в опорах, LE12, L30E12, L60E12 – 22...25 % одноболтовых соединений с болтами диаметром 12...16 мм, это в основном крепление шпренгелей к поясам, раскосам, диафрагмам. Наибольший процент одноболтовых соединений оказался в опоре на оттяжках: в стойках – 49 %, в траверсе и тросостойках – 14 %, болты диаметром 12...16 мм. Это объясняется тем, что конструкция опоры легкая, уголки мелкие (40×4÷80×8).

Таблица 2 – Наиболее распространенные типы узлов сопряжений опор ЛЭП (в % на опору)

Тип опоры							
Тип узла	ПЗ30-2	MC	LE12	L30E12	L60E12	VS 32.2	
 (1d 12-20)	36 %	28 %	25 %	22 %	22 %	стойки	траверс тросост
						49 %	14 %
 (1d 12-16)	6 %	26 %	22 %	20 %	20 %	7 %	
 (2d 14-16)	7,8 %	5 %	7 %	11 %	15 %	1 %	
 (3d 14-16)	---	---	3 %	2 %	4 %	3 %	
 (2d 14-16)	3,3 %	4 %	5 %	3 %	2 %	0,2 %	
 (2d 14-16)	---	---	4,5 %	8 %	4 %	0,5 %	
 (6d 16-24)	---	1,8 %	1 %	1,2 %	1,3 %	0,2 %	

В то же время широко применяется многоболтовое соединение – несколько болтов меньшего диаметра, хотя по расчету можно поставить один болт большего диаметра, особенно в индивидуальных проектах (2...4 %).

Таким образом, существует возможность перехода от одноболтового к многоболтовому соединению за счет уменьшения расчетной длины [1], но выбор между ними связан с конструктивной схемой опор. При треугольной и перекрестной решетке возможно применение как одноболтового, так и многоболтового соединения. При шпренгельной решетке выбор между одно- и многоболтовым соединением возможен только в ограниченном количестве узлов (крепление решеток к поясам, раскосов к диафрагме и т. п.), а крепление элементов шпренгелей к поясам, раскосам, диафрагмам возможно только одноболтовым соединением, так как усилия в элементах шпренгеля небольшие и соответственно сами уголки мелкие. А в целом, в типовых унифицированных проектах наших опор предпочтение отдается одноболтовому соединению вместе с тем, что процент содержания специальных узлов очень велик (10 %). В то время, как в мире идет тенденция к применению многоболтовых соединений и уменьшению количества специальных узлов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ляпунов, Е. В. Обобщение мировых тенденций развития техники и технологий электроэнергетики (по итогам 46-ой сессии СИГРЭ 2016 г.) / Е. В. Ляпунов. – Текст : непосредственный // Исследовательский комитет В2 «Воздушные линии». – 2017. – Москва : Федеральная сетевая компания. – С. 1–20.
2. Схема ЛЭП России – Карты. Схема развития ЕЭС России на 2017–2023 годы. Карта раскраска ЛЭП по напряжению согласно ГОСТ Р 56303-2014 : [сайт]. – Москва, 1999. – . – Обновляется в течение суток. – URL: <https://frexosm.ru/power/> (дата обращения: 26.09.2022). – Текст : электронный.
3. Промышленные страницы Сибири : отраслевой журнал ; учредитель ООО "ИД ПромГрупп". – 2017. – Выпуск № 124 ноябрь. – 64 с. – Ежемесячно. – Текст : непосредственный.
4. Расследование и учет технологических нарушений в работе электростанций, сетей и энергосистем : инструкция. – Киев : Минэнерго Украины, 1994. – 50 с. – Текст : непосредственный.
5. ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок : утверждены Приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204 : дата введения 2003-01-01. – Москва : Минэнерго, 2003. – 115 с. – Текст : непосредственный.
6. Шевченко, А. В. Рациональные пространственные стержневые конструкции энергетического строительства в системе автоматизированного проектирования : специальность 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Шевченко Анатолий Владимирович. – Макеевка : ДонГАСА, 1997. – 300 с. – Текст : непосредственный.
7. СНиП II-23-81\*. Стальные конструкции : издание официальное : утверждены постановлением Госстроя СССР от 14 августа 1981 г. № 144 : взамен СНиП II-В.3-72 ; СНиП II-И.9-62 ; СН 376-67 : дата введения 1982-01-01 / разработчики ЦНИИСК им. Кучеренко с участием ЦНИИпроектстальконструкции Госстроя СССР, МИСИ им. В. В. Куйбышева Минвуза СССР, института «Энергосетьпроект». – Москва : ЦИТП Госстроя СССР, 1990. – 96 с. – Текст : непосредственный.

Получена 17.11.2022

Принята 25.11.2022

В. М. ВАСИЛЕВ <sup>а</sup>, Л. О. ГАВРИЛОВА <sup>б</sup>, Р. И. ИГНАТЕНКО <sup>а</sup>  
АНАЛІЗ ВУЗЛОВИХ З'ЄДНАНЬ МЕТАЛЕВИХ ГРАТЧАСТИХ БАШТОВИХ  
ОПОР ЛЕП

<sup>а</sup> ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,

<sup>б</sup> ООО «ГПК Інжиніринг»

**Анотація.** У цій статті систематизовано та досліджено можливі варіанти розробки найбільш економічної конструкції металевих ґратчастих баштових опор (МГБО) ЛЕП у місці з'єднання. Більшість експлуатованих ПЛ значно перевищили термін служби, запланований при їх проектуванні та зведенні. Тому актуальною проблемою підтримки безаварійної роботи є ремонт та заміна окремих МРБО в межах ПЛ. У статті визначено значущі фактори проектування доставки, складання, монтажу та експлуатаційної роботи конструкцій МРБО з урахуванням конструктивних обмежень та вимог технології виготовлення. Здійснено систематизацію, дослідження та аналіз вузлів з'єднання опор з урахуванням значущих факторів, особливо типу болтових з'єднань. Розглянуто варіант розробки більш економічної конструкції з переходом від одноболтового з'єднання елементів до двоболтового, що дозволяє знизити сумарну масу конструкції на 8...12 %. За результатами роботи складено альбом вузлів. **Ключові слова:** повітряна лінія електропередавання (ПЛ); металева опора; елементи ствола опори, вузли з'єднання опор.

VOLODYMYR VASYLEV <sup>a</sup>, LUDMILA GAVRILOVA <sup>b</sup>, ROMAN IGNATENKO <sup>a</sup>  
ANALYSIS OF NODAL CONNECTIONS OF METAL LATTICE TOWER  
SUPPORTS OF POWER TRANSMISSION LINES

<sup>a</sup> Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, <sup>b</sup> LLC «GPC Engineering»

**Abstract.** In this article, possible options for developing the most economical design of Metal Lattice Tower Supports (MRBO) of power transmission lines at the junction are systematized and investigated. Most of the operated overhead lines have significantly exceeded the service life planned during their design and construction. Therefore, the urgent problem of maintaining trouble-free operation is the repair and replacement of individual MRBOs within the overhead line. The article defines the significant design factors for the delivery, assembly, installation and operation of MRBO structures, taking into account design limitations and manufacturing technology requirements. The systematization, research and analysis of the junctions of the supports were made, taking into account significant factors, especially the type of bolted connections. The option of developing a more economical design with the transition from a single-bolt connection of elements to a two-bolt connection is considered, which makes it possible to reduce the total mass of the structure by 8...12 %. Based on the results of the work, an album of nodes was compiled.

**Key words:** overhead power line (OPL); metal support; support shaft elements; support junctions.

**Васылев Владимир Николаевич** – кандидат технических наук; профессор кафедры металлических конструкций и сооружений; начальник Лаборатории испытаний строительных конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: экспериментально-теоретическое исследование работы опор линий электропередачи; регулирование и учет внутреннего напряженного состояния горячекатаного проката в строительных конструкциях.

**Гаврилова Людмила Александровна** – технический директор ООО «ГПК ИНЖИНИРИНГ». Научные интересы: экспериментально-теоретическое исследование работы опор линий электропередачи, строительных конструкций и сооружений; технология изготовления строительных конструкций.

**Игнатенко Роман Иванович** – ассистент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технология монтажа металлических решетчатых башенных опор ЛЭП, экспериментально-теоретическое исследование работ опор линий электропередач.

**Василев Володимир Миколайович** – кандидат технічних наук; професор кафедри металевих конструкцій та споруд; начальник Лабораторії випробувань будівельних конструкцій і споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: експериментально-теоретичне дослідження роботи опор ліній електропередавання; регулювання і врахування внутрішнього напруженого стану гарячекатаного прокату в будівельних конструкціях.

**Гаврілова Людмила Олександрівна** – технічний директор ТОВ «ГПК ІНЖІНІРИНГ». Наукові інтереси: експериментально-теоретичне дослідження роботи опор ліній електропередачі, будівельних конструкцій і споруд; технологія виготовлення будівельних конструкцій.

**Ігнатенко Роман Іванович** – асистент кафедри технології та організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: технологія монтажу металевих ґратчастих баштових опор ЛЕП, експериментально-теоретичне дослідження робіт опор ліній електропередавання.

**Vasylev Volodymyr** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Metal Structures and Constructions Department, Head of the Laboratory of Testing Building Structures and Buildings, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: experimental and theoretical investigation of power transmission tower operation, control and record of the inner stressed state of the hot rolled metal in building structures.

**Gavrilova Ludmila** – technical Director of LLC «GPK ENGINEERING». Scientific interests: experimental and theoretical study of the operation of power transmission line supports, building structures and structures; technology for the manufacture of building structures.

**Ignatenko Roman** – assistant, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: technology of installation of metal lattice towers for power transmission lines, experimental and theoretical research of the work of power transmission line supports.

EDN: [INSMP](#)

УДК 692.214:699.244

**Т. А. ЧЕРНЫШЕВА, А. А. ТРУСКАЛОВА, Ю. А. ГИМАТУТДИНОВА, С. С. БЕССЧАСТНЫЙ**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ ШУМОЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ**

**Аннотация.** В последнее время в городах наблюдается тенденция уплотнения застройки, размещения крупных торговых, культурно-развлекательных и административных комплексов на минимально допустимых расстояниях от жилых зданий. Постоянное «шумовое загрязнение» стало настоящим бедствием для жителей современных городов. Шум является причиной стрессов, повышает утомляемость и снижает работоспособность. Ослабление шума в источнике его возникновения является самым радикальным способом борьбы с ним. Однако мероприятия по ослаблению шума машин, механизмов и оборудования нужно разрабатывать уже на стадии проектирования. В статье рассматриваются вопросы защиты от шума вентиляционного оборудования, устанавливаемого на покрытиях зданий. Выполнены численные исследования уровней звукового давления в окружающей жилой застройке от оборудования систем вентиляции, предусмотренного проектом. Предложены эффективные шумозащитные мероприятия по обеспечению нормативных требований по уровню шума на стадии проектирования жилого здания.

**Ключевые слова:** шум, вентиляция, октава, уровень звукового давления, экран, селитебная территория.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Присутствие постоянного звукового фона (так называемое шумовое загрязнение) стало настоящим бедствием для жителей современных городов. Шум является причиной стрессов, повышает утомляемость и снижает работоспособность. В последнее время в городах наблюдается тенденция уплотнения застройки, размещения крупных торговых, культурно-развлекательных и административных комплексов на минимально допустимых расстояниях от жилых зданий. В отличие от традиционных гражданских зданий, в которых имелись специальные капитальные помещения для размещения вентиляционных камер, калориферов и кондиционеров, в современных зданиях тепловое, холодильное и вентиляционное оборудование часто размещается на покрытии и является основным источником постоянного шума в городской среде. Если по действующим нормативам (СП 51.13330.2011 актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 «Защита от шума») звуковой фон в городских квартирах не должен превышать уровень в 25...30 дБА ночью и 35...40 дБА днем, то на практике этот показатель часто достигает 50...65 дБА.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

В работах Г. Л. Осипова, В. Е. Коробкова, А. А. Климухина и др. [1], Е. Я. Юдина [2] приведены справочные данные по защите селитебной территории от шума на различных стадиях проектирования городской застройки. Изложены методы оценки, нормирования и расчета уровней шума на территории застройки и в помещениях жилых и общественных зданий. Описаны основные архитектурно-планировочные и строительно-акустические способы снижения шума. Обобщен опыт проектирования и строительства шумозащищенных зданий.

Защита и способы снижения шума от систем отопления, вентиляции и кондиционирования (ОВК) рассмотрены в работах [3, 4]. Вопрос снижения воздушного и аэродинамического шума на промышленных предприятиях, селитебных территориях и в квартирах от элементов систем ОВК, расположенных в помещениях и на наружных ограждениях зданий, достигается за счет мер, основанных на



методах звукоизоляции, звукопоглощения и экранирования, применяемых на стадии проектирования и в сложившейся градостроительной ситуации, рассмотрен в работах [5, 6].

Несмотря на это, осталось большое количество вопросов, без решения которых нельзя обеспечить нормативный шумовой режим. Ослабление шума в источнике его возникновения является самым радикальным способом борьбы с ним. Однако мероприятия по ослаблению шума машин, механизмов и оборудования нужно разрабатывать уже на стадии проектирования.

### ЦЕЛЬ

Разработать эффективные шумозащитные мероприятия на стадии проектировании 16-этажного жилого дома со встроенно-пристроенным магазином и 9-этажного жилого дома от оборудования системы вентиляции магазина и спортивного клуба.

### ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Градостроительная ситуация жилой застройки на примере проектирования 16-этажного жилого дома со встроенно-пристроенным магазином и 9-этажного жилого дома с расположением оборудования системы вентиляции магазина и спортивного клуба, расположенного на расстоянии 15,7 м от жилой застройки в г. Донецке, представлена на рисунке.

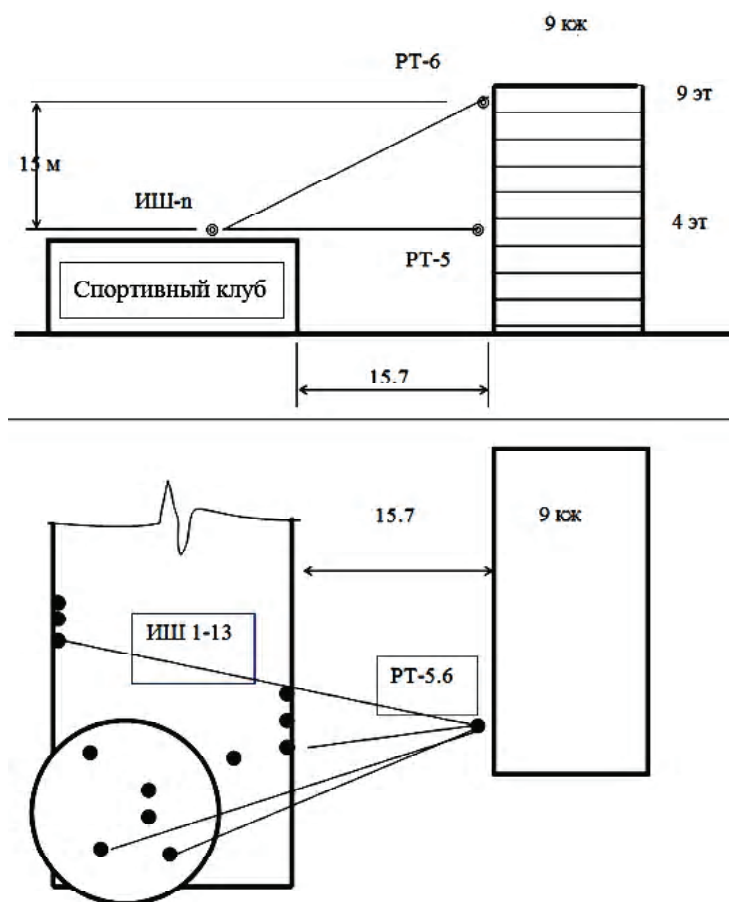


Рисунок – Схема ситуации у 9-этажного жилого дома.

Источники шума: на покрытии магазина на отметке 9,20 м: пять крышных вентиляторов В-1, В-2, В-4, В-5, В-8 типа DVSI 500 DV или DVSI 450 DV «Systemair», размерами 0,6×0,9×1,0 м; три канальных вентилятора В-6, В-9, В-10 типа VENT100L и VENT200L; на покрытии боксерского клуба на отметке 11,20 м: четыре приточных вентилятора П-2, П-3, П-4, П-5 типа VZR-71-400, VZR-71-250, VZR-71-315, размерами 0,9×0,9×2,0 м; чиллер К-22 типа 30RA-240В размерами 2,3×1,7×3,6м.

Далее источники шума обозначены ИШ-п (ИШ-1 – ИШ-13) и их соответствие проектным данным приведено в таблице паспортных акустических характеристик. По соотношению параметров ИШ-п и расстояний до здания источники считаем точечными, так как кратчайшее расстояние до расчетной точки 15,7 м больше удвоенного максимального размера источника. Акустический центр каждого из источников шума (точка ИШ-п) принимаем в геометрическом центре, т. е. на высоте 0,5 м для крышных и приточных вентиляторов (ИШ-1 – ИШ-12) и в центре верхней плоскости модуля чиллера типа 30RA-240 В, т. е. на высоте 1,7 м от кровли. Акустические характеристики в технической документации для расчета выданы величиной уровня звуковой мощности  $L_w$  в октавных полосах частот от 63 до 8 000 Гц, а для чиллера еще приведены уровни звукового давления в октавных полосах частот  $L_p$  на расстоянии 10 м от модуля. Для удобства расчета определены уровни звукового давления в октавных полосах частот  $L_p$  в дБ на расстоянии  $r_0 = 10$  м от источников шума ИШ-1 и ИШ-12 по формуле:

$$L_{r_0} = L_w - 15 \lg r + 10 \lg \Phi - \frac{\beta_0 r}{1000} - 10 \lg \Omega, \quad (1)$$

где  $L_w$  – уровень звуковой мощности источника шума в октавной полосе частот в дБ;  
 $\Phi$  – фактор направленности источника шума. Принимаем равным 1;  
 $r$  – расстояние в м;  
 $\Omega$  – пространственный угол излучения, для источников на поверхности ограждения принимается равным  $2\pi$ ;  
 $\beta_0$  – затухание звука в атмосфере. При расстоянии менее 50 м равно нулю.

Рассчитанные значения уровней звукового давления на расстоянии 10 м составят

$$L_p = L_w - 28, \text{ дБ.}$$

Уровни звукового давления в октавных полосах частот  $L_p$  в дБ на расстоянии 10 м от каждого из источников шума на кровле магазина и спортивного клуба у 16- и 9-этажных жилых домов приведены в таблице 1.

Расчетная точка РТ-п для определения уровня шума принимается на расстоянии 2 м от ограждающих конструкций жилого дома, где нормируется уровень городского шума, так как в помещениях квартир уровень шума зависит в значительной мере от звукоизолирующих качеств конструкции оконного заполнения.

Для данной ситуации расчетные точки РТ-1, РТ-2, РТ-3, РТ-4 обозначены на плане кровли и фасаде жилого дома и расположены на кратчайшем расстоянии  $r_{m-n}$  от источников шума ИШ-1-13. На схеме ситуации у 9-этажного дома, приведенной на рисунке, расчетные точки РТ-5 и РТ-6 расположены на расстоянии 2 м от стены дома на уровне покрытия боксерского клуба и на уровне 9 этажа.

Уровень звукового давления в расчетных точках от каждого из источников шума определяется согласно формуле:

$$L_{pPT-mn} = L - \Delta L_{r_{mn}} - \Delta L_{A_{воз}} - \Delta L_{A_{экp}}, \quad (2)$$

где учитывается характеристика источника шума, снижение уровня звукового давления в дБ, в зависимости от расстояния, затухание звука в воздухе, влияние экрана.

Снижение уровня звукового давления определяем как для точечного источника  $\Delta L_{r_{mn}} = 20 \lg r / r_0$ , дБ. Снижение уровня звука в воздухе определяется как  $\Delta L_{A_{воз}} = 5r / 1000$ . В данном расчете при расстояниях 30...50 м величину  $\Delta L_{A_{воз}} = 0,175$ , дБА можно не учитывать. При отсутствии экранов  $L_{pPT-mn} = L - \Delta L_{r_{mn}}$ , подставляя значение снижения шума за счет расстояния, получаем  $L_{pPT-mn} = 20 \lg r / r_0 = L - 20 \lg r / 10$ .

Суммарные уровни звукового давления от работающего оборудования определяются методом энергетического суммирования по формуле  $L_{сум} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i}$ , где  $L_i$  – уровень звукового давления от  $i$ -го источника в дБ.

Результаты расчета уровней звукового давления в октавных полосах частот для каждой расчетной точки представлены в таблице 2.

Согласно санитарным нормам допустимого шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки нормируемыми параметрами постоянного шума в расчетных точках следует считать уровни звукового давления  $L$  в дБ в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1 000, 2 000, 4 000 и 8 000 Гц с поправкой 5 дБ на источник шума – систему кондиционирования, воздушного отопления и вентиляции. Для ориентировочной оценки можно использовать уровни звука  $L_A$  в дБА.



Таблица 1 – Октавные уровни звукового давления на расстоянии 10 м от источников шума

№ источника	Обозначение на плане	Тип оборудования	Акустическая характеристика	Уровни звукового давления $L_p$ в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								$L_{wA}$ , дБА
				63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000	
ИШ-1	В-2	Крышной вентилятор DVSI 500 DV	Уровень звукового давления	38	40	44	46	45	42	37	30	53
ИШ-2	В-6	Канальный VENT200 L	Уровень звукового давления	10	15	13	18	24	21	15	6	24
ИШ-3	В-4	Крышной вентилятор DVSI 500 DV	Уровень звукового давления	38	40	44	46	45	42	37	30	53
ИШ-4	В-9	Канальный VENT100 L	Уровень звукового давления	15	10	13	14	18	13	8	1	19
ИШ-5	В-1	Крышной вентилятор DVSI 500 DV	Уровень звукового давления	38	40	44	46	45	42	37	30	53
ИШ-6	В-8	Крышной вентилятор DVSI 450 DV	Уровень звукового давления	35	37	41	43	42	39	34	27	48
ИШ-7	В-5	Крышной вентилятор DVSI 450 DV	Уровень звукового давления	35	37	41	43	42	39	34	27	48
ИШ-8	В-10	Канальный VENT100 L	Уровень звукового давления	15	10	13	14	18	13	8	1	19
ИШ-9	П-2	VZR-71-400 приточный вентилятор	Уровень звукового давления	56	58	58	64	57	56	52	48	–
ИШ-10	П-3	VZR-71-250 приточный вентилятор	Уровень звукового давления	59	62	60	64	61	57	55	47	–
ИШ-11	П-4	VZR-71-250 приточный вент	Уровень звукового давления	59	62	60	64	61	57	55	47	–
ИШ-12	П-5	VZR-71-315 приточный вентилятор	Уровень звукового давления	54	57	54	64	58	54	52	44	–
ИШ-13	К-22	Чиллер 30RA-240B	Уровень звукового давления по расчету	–	52	52	58	61	55	46	42	64
			Измеренный уровень звукового давления на расстоянии 10 м по технической документации	–	47,9	47,8	54	57	51	42,4	38	60

В расчетной точке РТ-м на расстоянии 2 м от ограждающих конструкций жилого здания допускается максимальный уровень звука в дневное время с 7.00 до 23.00 часов  $L_{A_{\text{МАКС}}} = 55$  дБА и с 23.00 до 7.00 часов в ночное время  $L_{A_{\text{МАКС}}} = 45$  дБА, а с поправкой принять соответственно днем  $/L_{A_{\text{МАКС}}} / = 50$  дБА и ночью  $/L_{A_{\text{МАКС}}} / = 40$  дБА.

Таблица 2 – Уровни звукового давления в расчетных точках

Параметры	Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
Суммарные уровни звукового давления в РТ-1	55,7	57,4	55,7	61,1	56,2	53,4	50,4	44,0
Допускаемые уровни	62	52	44	39	35	32	30	28
Превышение над нормой	–	<b>5,2</b>	<b>11,7</b>	<b>21,1</b>	<b>21,2</b>	<b>21,4</b>	<b>20,4</b>	<b>16,0</b>
Суммарные уровни звукового давления в РТ-2	54	56,1	54,3	59,8	55,7	51,8	49,4	42,7
Допускаемые уровни	62	52	44	39	35	32	30	28
Превышение над нормой	–	<b>4,1</b>	<b>10,3</b>	<b>20,8</b>	<b>20,7</b>	<b>19,8</b>	<b>19,4</b>	<b>14,7</b>
Суммарные уровни звукового давления в РТ-3	51,2	54,2	52,9	57,8	53,7	50,0	47,5	40,8
Допускаемые уровни	62	52	44	39	35	32	30	28
Превышение над нормой	–	<b>2,2</b>	<b>8,9</b>	<b>18,8</b>	<b>18,7</b>	<b>18</b>	<b>17,5</b>	<b>12,8</b>
Суммарные уровни звукового давления в РТ-4	49,7	52,5	50,8	56,2	52,0	48,5	46,1	39,4
Допускаемые уровни	62	52	44	39	35	32	30	28
Превышение над нормой	–	<b>0,5</b>	<b>6,8</b>	<b>17,2</b>	<b>17,0</b>	<b>16,5</b>	<b>16,1</b>	<b>11,4</b>
Суммарные уровни звукового давления в РТ-5	52,6	55,8	54,2	59,4	55,5	51,5	49,2	42
Допускаемые уровни	62	52	44	39	35	32	30	28
Превышение над нормой	–	<b>3,8</b>	<b>10,2</b>	<b>20,4</b>	<b>20,5</b>	<b>19,5</b>	<b>19,2</b>	<b>14</b>
Суммарные уровни звукового давления в РТ-6	51,6	54,8	53,5	58,7	54,8	50,8	48,5	41,3
Допускаемые уровни	62	52	44	39	35	32	30	28
Превышение над нормой	–	<b>2,8</b>	<b>9,5</b>	<b>19,7</b>	<b>19,8</b>	<b>18,8</b>	<b>18,5</b>	<b>13,3</b>

## ВЫВОДЫ

Анализ вклада каждого вентиляционного оборудования в создаваемый уровень шума показывает, что наиболее шумными являются приточные вентиляционные установки П-2 – П-5 и чиллер К-22 (таблица 2). Их шум необходимо снизить на величину около 20 дБ. Теоретически для этого потребуются у каждого из них установить экраны высотой от 4 до 6 м, что не реально.

Уровень шума канальных вентиляторов типа VENT100L и VENT200L не превышает нормативных требований.

Уровень шума крышных вентиляторов ИШ-1, ИШ-3, ИШ-5, ИШ-6, ИШ-7 (В-2, В-4, В-1, В-8, В-5) при совместной работе превышает норму для ночного времени на 6...9 дБ. При работе магазина только в дневное время специальных мероприятий по их шумозащите не потребуются, так как допускаемый по нормам шум выше на 10 дБ.

Расчетные уровни звукового давления в расчетных точках на расстоянии 2 м от окон жилого 16-этажного дома от оборудования системы вентиляции магазина и спортивного клуба превышают допускаемые во всем частотном диапазоне на величину от 5 до 21 дБ, а 9-этажного жилого дома – на величину от 2,8 до 20,5 дБ.

При проектировании торговых, культурно-развлекательных и административных комплексов на минимально допустимых расстояниях от жилых домов для обеспечения нормального шумового режима предлагаем:

1. Предусмотренное в проекте вентиляционное оборудование разместить в вентиляционной камере с ограждениями со стороны жилых домов с индексом изоляции воздушного шума не менее 30 дБ.

2. Для защиты от шума крышных вентиляторов в ночное время возможен вариант устройства у каждого из них выгораживающих укрытий экранов П-образных в плане и Г-образных в разрезе на расстоянии одного метра от контура с покрытием их сверху, что составит эффективность укрытий около 20 дБ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Защита от шума в градостроительстве / [Г. Л. Осипов, В. Е. Коробков, А. А. Климухин и др.] ; под редакцией Г. Л. Осипова. – Москва : Стройиздат, 1993. – 93 с. – ISBN 5-274-00694-9. – Текст : непосредственный.
2. Снижение шума в зданиях и жилых районах / [Г. Л. Осипов, Е. Я. Юдин, Г. Хюбнер и др.] ; под редакцией Г. Л. Осипова, Е. Я. Юдина. – Москва : Стройиздат, 1987. – 557 с. – Текст : непосредственный.
3. Гусев, В. П. Защита от воздушного вентиляционного оборудования кожухами и звукоизолирующими покрытиями / В. П. Гусев, М. Ю. Лешко, А. В. Сидорина. – Текст : непосредственный // БСТ – бюллетень строительной техники. – 2016. – Выпуск № 6 (982). – С. 12–14.
4. Исследование шумового режима и разработка рекомендаций по его снижению на селитебной территории от источников шума ПАО «Донецкий городской молочный завод № 2» / Н. Г. Прищенко, А. А. Трускалова, Г. М. Васильченко [и др.]. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2019. – Выпуск 2019-2(136) Проблемы архитектуры и градостроительства. – С. 86–96. – URL: [http://donnasa.ru/publish\\_house/journals/vestnik/2019/vestnik\\_2019-2\(136\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2019/vestnik_2019-2(136).pdf) (дата публикации: 25.03.2019).
4. Разработка строительно-акустических мероприятий по защите селитебной территории от шума источников торгово-развлекательного комплекса / Н. Г. Прищенко, А. А. Трускалова, Т. А. Чернышева [и др.]. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2021. – Выпуск 2021-3(149) Здания и сооружения с применением новых материалов и технологий. – С. 69–79. – URL: [http://donnasa.ru/publish\\_house/journals/vestnik/2021/vestnik\\_2021-3\(149\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2021/vestnik_2021-3(149).pdf) (дата публикации: 25.06.2021).
5. Шумовой режим на селитебной территории от источников АОЗТ ДГМЗ № 2 / Н. Г. Прищенко, Т. А. Чернышева, А. Н. Дудник, В. В. Самченко. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2021. – Выпуск 2021-4(150) Научно-технические достижения студентов строительно-архитектурной отрасли. – С. 116–128. – URL: [http://donnasa.ru/publish\\_house/journals/vestnik/2021/vestnik\\_2021-4\(150\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2021/vestnik_2021-4(150).pdf) (дата публикации: 28.06.2022).

Получена 07.11.2022

Принята 25.11.2022

Т. О. ЧЕРНИШЕВА, А. А. ТРУСКАЛОВА, Ю. А. ГІМАТУТДІНОВА,  
С. С. БЕССЧАСТНИЙ  
РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНИХ ШУМОЗАХИСНИХ ЗАХОДІВ НА СТАДІЇ  
ПРОЕКТУВАННЯ БУДІВЕЛЬ  
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** Останнім часом в містах спостерігається тенденція ущільнення забудови, розміщення великих торгових, культурно-розважальних та адміністративних комплексів на мінімально допустимих відстанях від житлових будинків. Постійне «шумове забруднення» стало справжнім лихом для жителів сучасних міст. Шум є причиною стресів, підвищує стомлюваність і знижує працездатність. Ослаблення шуму в джерелі його виникнення є найбільш радикальним способом боротьби з ним. Однак заходи з ослаблення шуму машин, механізмів і обладнання потрібно розробляти вже на стадії проектування. У статті розглядаються питання захисту від шуму вентиляційного обладнання, що встановлюється на покриттях будівель. Виконано чисельні дослідження рівнів звукового тиску в навіколишній житловій забудові від обладнання систем вентиляції, передбаченого проектом. Запропоновано ефективні шумозахисні заходи щодо забезпечення нормативних вимог за рівнем шуму на стадії проектування житлового будинку.

**Ключові слова:** шум, вентиляція, октава, рівень звукового тиску, екран, селітебна територія.

TAMARA CHERNYSHEVA, ANTONINA TRUSKALOVA, JULIA  
GIMATUTDINOVA, STANISLAV BESSCHASTNYJ  
DEVELOPMENT OF EFFECTIVE NOISE PROTECTION MEASURES AT THE  
STAGE OF BUILDINGS DESIGN  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** In recent times there has been a tendency to compact buildings in cities, large shopping, cultural, entertainment and administrative complexes placement at the minimum permissible distances from residential buildings. Constant «noise pollution» has become a real disaster for residents of modern cities. Noise is a cause of stress, increases fatigability and reduces performance efficacy. Noise attenuation at the source of its occurrence is the most radical way to deal with it. However, measures to reduce the noise of machines, mechanisms and equipment need to be developed already at the design stage. The article discusses the issues of noise protection of ventilation equipment installed on building coverings. Numerical studies of

sound pressure levels in the surrounding residential area from the ventilation systems equipment provided by the project were carried out. Effective noise protection measures to ensure regulatory requirements for noise level at the stage of a residential building designing are proposed.

**Key words:** noise, ventilation, octave, sound pressure level, screen, residential area.

**Чернышева Тамара Александровна** – кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования зданий и строительной физики ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: вопросы звукоизоляции легких многослойных ограждений, проектирование зданий.

**Трускалова Антонина Антоновна** – магистр; ассистент кафедры проектирования зданий и строительной физики ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: архитектурно-строительная акустика, энергоэффективность зданий.

**Гиматутдинова Юлия Артуровна** – магистрант кафедры проектирования зданий и строительной физики ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: вопросы звукоизоляции легких многослойных ограждений; проектирование зданий.

**Бессчастный Станислав Сергеевич** – магистрант кафедры проектирования зданий и строительной физики ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: вопросы звукоизоляции легких многослойных ограждений; проектирование зданий.

**Чернышева Тамара Олександрівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри проектування будівель і будівельної фізики ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: питання звукоізоляції легких багатопарових огорожень, проектування будівель.

**Трускалова Антоніна Антонівна** – магістр, асистент кафедри проектування будівель і будівельної фізики ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: архітектурно-будівельна акустика, енергоефективність будівель.

**Гиматутдінова Юлія Артурівна** – магістрант кафедри проектування будівель і будівельної фізики ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: питання звукоізоляції легких багатопарових огорожень; проектування будівель.

**Бессчастный Станіслав Сергійович** – магістрант кафедри проектування будівель і будівельної фізики ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: питання звукоізоляції легких багатопарових огорожень; проектування будівель.

**Chernysheva Tamara** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Building Design and Structural Physics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: issues of sound insulation of light multilayer fences, building design.

**Truskalova Antonina** – Master; assistant, Building Design and Structural Physics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: architectural and construction acoustic, energy efficiency of buildings.

**Gimatutdinova Julia** – master's student, Building Design and Structural Physics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: issues of sound insulation of light multilayer fences, building design.

**Besschastnyj Stanislav** – master's student, Building Design and Structural Physics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: issues of sound insulation of light multilayer fences, building design.

---

## СОДЕРЖАНИЕ

КОЖЕМЯКА С. В., МАЗУР В. А., КРУПЕНЧЕНКО А. В. Особенности проектирования и устройства монолитных сульфат-кальциевых стяжек в обогреваемых полах	5
ТАРАН В. В., КУЦЕНКО Т. Н., ХАРЧЕНКО А. Х. Технологичность монтажа стеновых панелей крупнопанельных зданий	12
НОВИЦКАЯ Е. И., КРУПЕНЧЕНКО А. В. Конструктивно-технологические решения устройства покрытия открытых детских площадок	22
ИХНО А. В., ВОЛКОВ А. С., КОСИК А. Б. Выбор организационно-технологических решений утепления железобетонных резервуаров	30
МАЗУР В. А., КИСЕЛЁВА В. О. Влияние конструктивных решений полов каре на технико-экономические показатели их устройства с учётом ёмкости резервуарных парков	41
ЛЕВЧЕНКО В. Н., МАШТАЛЕР С. Н., НЕДОРЕЗОВ А. В., РЯБОВОЛ Д. С., ХРАМОГИНА И. А. Основные показатели экономической эффективности строительных конструкций	49
СОЛОВЕЙ П. И., ПЕРЕВАРЮХА А. Н., МОРОЗОВА Т. В. Особенности геодезического мониторинга деформаций высотных сооружений в условиях испытаний	55
ЧАЙКА М. А. Математическая модель аэродинамических коэффициентов арочных покрытий с учетом высоты зданий и сооружений	63
ВАСЫЛЕВ В. Н., ГАВРИЛОВА Л. А., ИГНАТЕНКО Р. И. Анализ узловых соединений металлических решетчатых башенных опор ЛЭП	70
ЧЕРНЫШЕВА Т. А., ТРУСКАЛОВА А. А., ГИМАТУТДИНОВА Ю. А., БЕССЧАСТНЫЙ С. С. Разработка эффективных шумозащитных мероприятий на стадии проектирования зданий	76

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

КОЖЕМЯКА С. В., МАЗУР В. О., КРУПЕНЧЕНКО Г. В. Особливості проектування і влаштування монолітних сульфат-кальцієвих стяжок в підлогах, що обігріваються	5
ТАРАН В. В., КУЦЕНКО Т. М., ХАРЧЕНКО А. Х. Технологічність монтажу стінових панелей великопанельних будівель	12
НОВИЦЬКА О. І., КРУПЕНЧЕНКО Г. В. Конструктивно-технологічні рішення улаштування покриття відкритих дитячих майданчиків	22
ІХНО Г. В., ВОЛКОВ А. С., КОСІК О. Б. Вибір організаційно-технологічних рішень утеплення залізобетонних резервуарів для зберігання води	30
МАЗУР В. О., КИСЄЛЬОВА В. О. Вплив конструктивних рішень підлог каре на техніко-економічні показники з урахуванням ємності резервуарних парків	41
ЛЕВЧЕНКО В. М., МАШТАЛЕР С. М., НЄДОРЄЗОВ А. В., РЯБОВОЛ Д. С., ХРАМОГІНА І. А. Основні показники економічної ефективності будівельних конструкцій	49
СОЛОВЕЙ П. І., ПЕРЕВАРЮХА А. М., МОРОЗОВА Т. В. Особливості геодезичного моніторингу деформацій висотних споруд в умовах випробувань	55
ЧАЙКА М. О. Математична модель аеродинамічних коефіцієнтів арочних покриттів з урахуванням висоти будівель і споруд	63
ВАСИЛЕВ В. М., ГАВРІЛОВА Л. О., ІГНАТЕНКО Р. І. Аналіз вузлових з'єднань металевих ґратчастих баштових опор ЛЕП	70
ЧЕРНИШЕВА Т. О., ТРУСКАЛОВА А. А., ПІМАТУТДІНОВА Ю. А., БЕССЧАСТНИЙ С. С. Розробка ефективних шумозахисних заходів на стадії проектування будівель	76

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

KOZHEMYAKA SERGEI, MAZUR VICTORIA, KRUPENCHENKO ANNA. Features of the Design and Installation of Monolithic Calcium Sulfate Screeds in Heated Floors	5
TARAN VALENTINA, KUTSENKO TATYANA, KHARCHENKO ARTEM. Workability of Installation of Wall Panels of Large-Panel Buildings	12
NOVITSKAYA ELENA, KRUPENCHENKO ANNA. Design and Technology Concepts for the Uncovered Outdoor Playgrounds Laying	22
IHNO ANNA, VOLKOV ANDREI, KOSIK ALEKSEY. The Influence of the Construction Solutions of the Storage Tank Farm Square Floors on the Technical-Economic Values of their Installation, Taking into Account the Capacity of the Tank Farms	30
MAZUR VICTORIA, KISELYOVA VICTORIA. The Influence of the Design Solutions of the Square Floors on the Technical and Economic Indicators of Their Device, Taking into Account the Capacity of Tank Farms	41
LEVCHENKO VICTOR, MASHTALER SERGII, NEDOREZOV ANDRII, RIABOVOL DENIS, CHRAMOGINAIRINA. Basic Indicators of Economic Efficiency of Building Structures	49
SOLOVEJ PAVEL, PEREVARJUHA ANATOLY, MOROZOVA TATYANA. Features of Geodetic Monitoring of Deformations of High-Rise Structures under Test Conditions	55
CHAYKA MARIA. Mathematical Model of Aerodynamic Coefficients for Arch Coverings Taking into Account the Height of Buildings and Structures	63
VASYLEV VOLODYMYR, GAVRILOVA LUDMILA, IGNATENKO ROMAN. Analysis of Nodal Connections of Metal Lattice Tower Supports of Power Transmission Lines	70
CHERNYSHEVA TAMARA, TRUSKALOVA ANTONINA, GIMATUTDINOVA JULIA, BESSCHASTNYJ STANISLAV. Development of Effective Noise Protection Measures at the Stage of Buildings Design	76

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.