

ВЕСТНИК

ДОНБАССКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ



Выпуск 2023-6(164)

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

ФГБОУ ВО "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 2023-6(164)

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

Макеевка 2023

Основатель и издатель

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 – 86361 от 17.11.2023 выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

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

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Протокол № 4 от 27.11.2023 г.

Редакционный совет:

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

Мущанов 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;

Мущанов 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.

Программное обеспечение С. В. Гавенко

Компьютерная верстка Е. А. Солодкова

Подписано к выпуску 25.12.2023

Адрес редакции и издателя

Российская Федерация, Донецкая Народная Республика,
286123, г. о. Макеевский, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Телефоны: +7 (856) 343-7033, +7 (856) 343-7028

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

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

Выпущено в полиграфическом центре

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Российская Федерация, Донецкая Народная Республика,
286123, г. о. Макеевский, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2

© ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 2023

EDN: TLJMWC

УДК 692.52

С. В. КОЖЕЯКА, А. В. КРУПЕНЧЕНКОФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевский, г. Макеевка

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТРОЙСТВА ПОЛОВ

Аннотация. Рассмотрены конструкции и технология устройства полов. Приведен анализ возможных конструктивных решений устройства полов на основе технологии устройства фальшполов, направленный на улучшение их эксплуатационных свойств. Выполнен анализ основных эксплуатационных характеристик фальшполов ведущих производителей. Отмечено, что современные конструкции фальшполов позволяют использовать их для устройства полов с улучшенными эксплуатационными характеристиками по увеличению индекса изоляции воздушного шума и индекса приведенного уровня ударного шума. Повышение технологичности устройства полов в жилых и общественных зданиях достигается за счет применения конструкций фальшполов с дополнительными слоями звукоизоляционных материалов. При этом полностью исключаются так называемые «мокрые» процессы и резко сокращаются сроки выполнения отделочных работ.

Ключевые слова: фальшпол, подпольное пространство, напольная система, звукоизоляция.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

К современным конструкциям полов жилых и общественных зданий предъявляются достаточно высокие требования: по эстетике и качеству покрытия, долговечности, звукоизоляции воздушного шума и приведенного уровня ударного шума, возможности прокладки различных инженерных коммуникаций.

Перекрытия между помещениями квартир и перекрытия, отделяющие помещения квартир от холлов, лестничных клеток и используемых чердачных помещений по индексу изоляции воздушного шума должны быть не менее 52 дБ, а по приведенному индексу изоляции ударного шума не более 60 дБ. Перекрытия между рабочими комнатами, кабинетами, секретариатами и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования (вестибюли, холлы) по индексу изоляции воздушного шума должны быть не менее 45 дБ, а по приведенному индексу изоляции ударного шума не более 63 дБ [2].

Во многом отмеченные требования решаются за счет применения конструкций фальшполов.

В соответствии с [3] фальшпол – напольная система заводского изготовления, состоящая из панелей которые опираются на основание из стоек и/или стрингеров, или других компонентов, предусмотренных для создания несущей нагрузки конструкции: применяется для организации подпольного технологического пространства, устройства технологических проходов и в качестве опоры для оборудования в случае необходимости его установки выше уровня чернового пола.

Широкое применение конструкций фальшполов при строительстве и реконструкции жилых и общественных зданий до недавнего времени было ограничено требованиями норм проектирования в части минимального значения высоты помещений и соответствующей толщины междуэтажных перекрытий.

Вместе с тем появление в конструкциях фальшполов практически у всех ведущих производителей стоек высотой 40...80 мм дало возможность получить высоту подпольного пространства 50...60 мм при сохранении нормируемой величины толщины междуэтажного перекрытия.

За счет укладки в подпольном пространстве дополнительного слоя звукоизоляционного материала удастся привести требования по звукоизоляции пола в соответствии с нормативными требованиями. При этом сохраняется возможности прокладки в подпольном пространстве различных инженерных коммуникаций.

© С. В. Кожемяка, А. В. Крупенченко, 2023



При таком конструктивном решении пола – резко возрастает технологичность (снижаются продолжительность, трудоемкость) его устройства с полным исключением «мокрых» процессов и получением качественного и долговечного финишного покрытия.

ЦЕЛЬ

Повышение эффективности устройства полов с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

С развитием современных технологий в области инженерного обеспечения и насыщением зданий все более совершенными системами жизнеобеспечения остро встает вопрос о размещении и монтаже сетей электропитания, различных информационных коммуникаций, вентиляционных, кабельных и пожарных коробов, систем отопления при обязательном обеспечении свободного доступа к ним с целью обслуживания. Идеальным решением такой задачи является применение различных вариантов и систем фальшполов. Помимо отмеченных систем под фальшполом могут прокладываться водопроводные и канализационные трубы, пневматическая почта, трубы повышенного воздушного давления, вакуумные очистительные системы и т. д.

Около 90 % продаваемых в России фальшполов приходится на поставки из Германии – это полы торговых марок «Lindner» и «Мега».

Вторую позицию по объемам продаж занимают бельгийские («Jansen») и английские («Kingspan») полы.

К преимуществам фальшполов относятся: компактность размещения большого количества кабельных соединений, доступность обслуживания инженерных систем под фальшполом, гибкость перепланировок при ремонте и реконструкции помещений, а также отведение избыточного статического электричества, которое накапливается при эксплуатации компьютеров и другого электронного оборудования. Это достигается специальным покрытием наружных и боковых поверхностей панелей.

В настоящее время разработано два типа конструкций фальшполов.

1. Система, которая состоит из несущего металлического каркаса и съемных панелей, выполненных из различных материалов включая отделочные (наиболее распространена).

2. Полностью металлическая конструкция, состоящая из базовых модулей (неразборных) и съемных элементов в виде канальных и угловых металлических плит.

Основание фальшпола – стальные регулируемые по высоте стойки и стрингеры (Π-образный стальной профиль, связывающий стойки по горизонтали). Стойки, смонтированные на бетонное (или иное) несущее основание и связанные между собой стрингерами, представляют несущую опорную конструкцию, на которую укладываются панели фальшпола. Эксплуатационные нагрузки на такие полы могут достигать 12 кН [3].

Требования к конструкции монолитных фальшполов, методы испытаний и классификация изложены в DIN EN 13 213 «Монолитные фальшполы» и соответствующем руководстве по применению. В этом документе, кроме этого, устанавливаются требования к деформациям системы. Максимально допустимый прогиб при воздействии соответствующей эксплуатационной нагрузки составляет 1/300 (размер раstra, деленный на 300). То есть, несущая плита может прогибаться при растре стоек 600×600 мм максимум на 2 мм. Основная эксплуатационная нагрузка прикладывается к системам пола, как правило, в виде точечной нагрузки с площадью воздействия 25×25 мм. Подобная деформация слишком высока для таких твердых покрытий, как керамика, искусственный и натуральный камень.

Фальшпол обладает исключительными характеристиками и сочетает в себе последние достижения строительной техники. Это оптимальный продукт с широкой сферой применения.

Фальшпол в совокупности с основным перекрытием должен обеспечивать нормативное соответствие индексов звукоизоляции по [2]. Требуемые нормативные индексы изоляции воздушного шума перекрытий – 45...52 дБ, приведенные уровни ударного шума перекрытий при передаче звука сверху вниз – 60...63 дБ.

Плиты изготавливаемые компанией «NORTEC» обеспечивают максимальный комфорт при хождении. В состав плит входит сульфат кальция (гипс) – негорючий материал с превосходными строительно-физическими характеристиками. Кроме того, данный продукт обеспечивает отличную звукоизоляцию: стандартная разница уровней бокового шума D_n, f, w – 48...51 дБ; степень звукоизоляции воздушного шума R_w – 62 дБ. Уровень шума согласно ISO 717/2 при ходьбе не более 22 дБ.

Звукопоглощающая способность 32 дБ (для 500 Гц). Снижение уровня ударного шума ΔL_w – 11...28 дБ.

Для достижения улучшенного поглощения звука часто используются перфорированные панели из сульфата кальция или металла, покрывая их звукопоглощающим ковровином (рисунок).

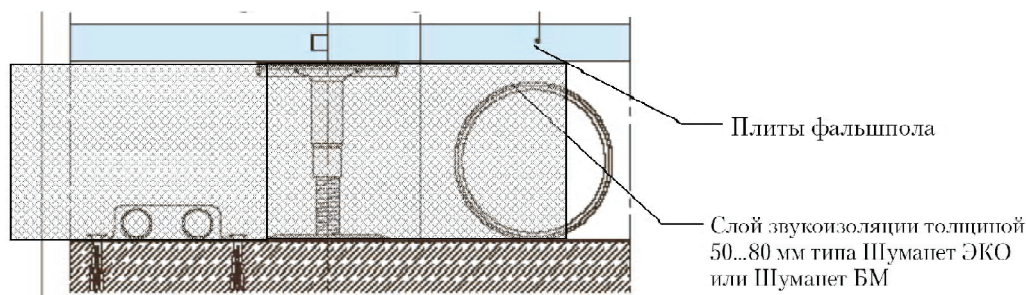


Рисунок – Конструкция фальшпола с дополнительным слоем звукоизоляции.

В настоящее время оборудование жилых и общественных помещения требуют внедрения новых разработок в области офисной техники и технических средств связи, изменения технологических процессов, назначения помещений и организационной структуры, как при новом строительстве, так и при реконструкции зданий. По этой причине для пола в таких случаях используются системные конструктивные решения, обеспечивающие высокие показатели технологичности.

Под системными решениями подразумеваются конструкции растровых и монолитных фальшпол. Такие конструкции пола отличаются тем, что они образуют над полом пространством несущий слой, что позволяет осуществлять прокладку различных коммуникаций.

Растровый фальшпол представляет собой конструкцию из несущего слоя, состоящую из опорной конструкции фальшпола со стальными стойками, перемещаемыми по высоте, и несущих плит из соответствующих материалов. Несущие плиты могут быть изготовлены из древесных материалов, сульфата кальция, металла или комбинированных многослойных материалов. Чаще всего используются плиты из сульфата кальция. Основным признаком растровых фальшполов является сегментирование несущего слоя с растром плит, как правило, 600×600 мм. Каждая плита извлекается отдельно, поэтому конструкция пола может открываться в любом месте, обеспечивая доступ к коммуникационным проводам и трубопроводам. Варианты оформления финишного покрытия таких полов практически неограниченны. В качестве материалов покрытия используются текстиль (например, иглопробивные покрытия, велюр), эластичные покрытия (из ПВХ, линолеума и каучука), а также керамика, бетонные блоки и натуральный камень. Как правило, материалы покрытия уже приклеены на несущую плиту производителем фальшпола, а края отрезаны точно по растру плит. Благодаря такому промышленному изготовлению обеспечивается очень высокое качество приклеивания покрытия. Для обеспечения неограниченного доступа в полое пространство пола изготавливаются фальшполы с открытыми швами. Поскольку отдельные несущие плиты просто кладутся на стоечную конструкцию без соединения стыков между собой, плита под воздействием нагрузки может деформироваться без передачи деформации на соседнюю плиту.

Проектирование и изготовление конструкций фальшполов осуществляется в соответствии с DIN EN 12 852 «Растровые фальшполы». В этих нормативных документах определены свойства и требования к растровым фальшполам, а также основные технические характеристики, методы испытаний и классификация.

Монолитные фальшполы также представляют собой конструкции с несущим слоем из системных элементов, которые, как правило, состоят из опорной конструкции и несущего слоя. В отличие от растровых фальшполов с разъемными плитами, несущий слой монолитных фальшполов выполняется бесшовным и не сегментируется. Бесшовные фальшполы образуют, в зависимости от опорной конструкции, плоскостное полое пространство, например, при конструкциях со стальными стойками, или каналообразное полое пространство, например, при монолитных фальшполах.

Монолитные фальшполы могут открываться только в местах расположения специальных люков или монтажных трасс. Для выполнения монтажных трасс монолитные фальшполы часто комбинируются с элементами растровых фальшполов.

Несущие слои могут быть выполнены из монолитных стяжек на месте установки или готовых плитных материалов. Монолитные фальшполы можно также разделить на так называемые мокрые и сухие. Несущие слои монолитных стяжек в месте установки отличаются полным отсутствием швов. Как правило, для этого используются наливные самовыравнивающиеся полы (САФ) на основе сульфата кальция, поскольку они обладают высокой прочностью на растяжение при изгибе и способностью схватываться без усадки.

Монолитные фальшполы изготавливаются из элементов опалубки из полимерной пленки, на которую укладывается самовыравнивающийся пол в качестве несущего слоя. Элементы опалубки имеют углубления в форме усеченного конуса, которые заполняются раствором стяжки и выполняют роль опор. Благодаря небольшому расстоянию между ними такие опорные элементы образуют решетку и эффективно принимают на себя динамические нагрузки несущего основания. Таким образом, данный тип монолитного фальшпола не имеет недостатков связанными с деформацией конструкций под действием нагрузки. Однако мелкий растр из опор и малая высота конструкции ограничивают монтажное пространство под несущим слоем. В системе монолитного фальшпола проблемными являются особенности высыхания. Поскольку в опорных элементах толщина слоя раствора намного больше, конструкция бесшовной стяжки высыхает по-разному. Необходимо также обязательно учитывать, что стяжка в зоне опорных элементов должна достигнуть прочности, требуемой для укладки покрытия.

Для укладки покрытия из керамической плитки и натурального камня данный тип монолитного фальшпола после полного высыхания можно рассматривать как обычную стяжку.

Для монолитных полов на системе стальных стоек ситуация с опорой выглядит по-другому. В этом случае на стойках системы устанавливается плита опалубки, на которую после укладки слоя картона укладывается собственно несущий слой в виде стяжки на разделительном слое. Плиты опалубки рассчитаны только на нагрузки, возникающие при изготовлении бесшовного пола. Плиты бесшовного пола устанавливаются здесь, в зависимости от системы пола, на отдельные стойки с растром 60×60 см и менее.

Необходимое качество и толщина стяжки рассчитываются и задаются производителем систем пола с учетом возрастающих динамических нагрузок, укладываемого покрытия пола и деформаций, возникающих под действием нагрузки, согласно [4]. В случае если размеры и характеристики стяжки являются достаточными на систему монолитного фальшпола можно укладывать все виды покрытий.

При «сухом» способе строительства монолитные фальшполы можно выполнять из готовых элементов. Такие системы пола применяются там, где требуются сжатые сроки строительства. Сухие монолитные фальшполы подразделяются на полы с однослойным и двухслойным несущим слоем.

Для таких систем производятся плиты для монолитного фальшпола с вырезанными в зоне стыка шпунтами и гребнями, которые могут быть выполнены как вырезы однократного или многократного применения, а при монтаже обязательно должны быть приклеены клеем. Форма плит варьируется производителем от квадратной до прямоугольной. В любом случае монтаж должен производиться таким образом, чтобы стык плит приходился непосредственно на стальную стойку, для поддержки каждого угла плиты.

В двухслойных сухих монолитных фальшполах на первый слой несущих плит с помощью системного клея приклеивается вся поверхность второго слоя. Соединение стыков плит в шпунт и гребень должно приклеиваться в обоих слоях плит. Второй слой плит укладывается на нижнем слое таким образом, чтобы образовалось смещение швов. Оптимальным при этом считается смещение на половину размера растра.

Во всех системах фальшполов стальные стойки устанавливаются с шагом (растром) 600×600 мм или, в зависимости от производителя системы, даже 500×500 мм и менее. В краевой зоне растр стоек уменьшается в два раза. При этом основания стоек приклеиваются к черному полу, а верхняя накладка стойки – к элементам монолитного фальшпола. Высота стоек от 28 мм до 2 000 мм.

Система фальшпола Knauf Camillo состоит из стальных стоек M12, системных элементов для сборного основания пола Knauf, слоя подкладочного картона Knauf Schrenzlage и наливного монолитного пола Knauf. По краям прокладывается изоляционная полоса из минеральной шерсти. Наливной монолитный пол Knauf укладывается номинальной толщиной 38 мм (минимальная толщина 35 мм). Системные сборные элементы Knauf – это импрегнированная специальная гипсовая плита, с обеих сторон усиленная стекловолокном, толщиной 18 мм размером 1 200×600 мм. Стальные стойки снабжены резьбой M12 для бесступенчатого выравнивания по высоте примерно до 200 мм.

Снижение уровня ударного шума для таких покрытий составляет $\Delta L_{w, R} = 24$ дБ.

Knauf GIFAfloor – это высококачественная шпунтовая система плит для пола с замковым соединением, спроектированная с использованием технологии гипсокартонных плит (3,0×12,5 мм) и подходящая для широкого спектра проектов. Одним из основных применений панелей Knauf GIFAfloor является создание фальшпола на стойках с пустотами высотой до 1 200 мм.

Нормированное значение изоляции воздушного шума $R_{w,p} = 64$ дБ. Величина снижения уровня ударного шума $\Delta L_{w,p} = 17$ дБ.

Системы фальшполов Knauf по сути являются сборными и сборно-монолитными стяжками так как не содержат в своей конструкции финишных покрытий пола.

Значительно улучшить эксплуатационные характеристики полов с использованием конструкций фальшполов возможно за счет размещения в подпольном пространстве слоя звукоизоляционного материала толщиной 30...50 мм. Например, Шуманет ЭКО или Шуманет БМ (рисунок). При этом улучшаются значения изоляции воздушного шума примерно на 30 дБ и уровня снижения ударного шума на 10 дБ.

ВЫВОДЫ

Технологичность устройства и эксплуатационные свойства полов жилых и общественных зданий в значительной мере повышаются за счет применения современных конструкций фальшполов. При этом не изменяются конструктивные и объемно-планировочные решения зданий, обусловленные соответствующими нормативными требованиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. EN ISO 140-12-2000. Акустика. Измерение звукоизоляции в зданиях и строительных элементах. Часть 12. Лабораторные измерения изоляции от воздушного и ударного шума между двумя помещениями полом = Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 12: Laboratory measurement of room-to-room airborne and impact sound insulation of an access floor : издание официальное : Европейский комитет по стандартизации Европейский комитет по нормализации европейский комитет по нормированию : взамен DIN EN ISO 10848-2(2006-08) : введен в действие 2000-03-01. – [Б. м. : б. и.], [2000]. – 10 с. – Текст : непосредственный.
2. СП 275.1325800.2016. Конструкции ограждающие жилых и общественных зданий. Правила проектирования звукоизоляции = Construction fencing of residential and public buildings. Rules of sound insulation design : издание официальное : утвержден приказом Приказ Минстроя России от 16 декабря 2016 г. № 950/пр : внесены Изменение N 1, утвержденное и введенное в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 30 мая 2022 г. N 430/пр с 30.05.2022 : введен впервые : дата введения 2017-06-17 / исполнитель Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН). – Москва : Стандартинформ, 2016. – 65 с. – Текст : непосредственный.
3. ГОСТ Р 59659-2021. Фальшполы. Технические условия = Raised access floors. Specifications : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 августа 2021 г. № 850-ст : введен впервые : дата введения 2022-05-01 / разработан Обществом с ограниченной ответственностью «ПСМ-Стандарт» (ООО «ПСМ-Стандарт») и Обществом с ограниченной ответственностью «ГК АСП» (ООО «ГК АСП»). – Москва : Российский институт стандартизации, 2021. – 24 с. – Текст : непосредственный.
4. 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 : дата введения 1992-05-01. – Berlin : Beuth Verlag GmbH, 1992. – 7 с. – Текст : непосредственный.
5. EN 12825:2001. Raised access floors : European standard : This European Standard was approved by CEN on 21 July 2001. – Brussels : CEN, 2001. – 36 с. – Текст : непосредственный.

Получена 31.10.2023

Принята 24.11.2023

SERGEI KOZHEMYAKA, ANNA KRUPENCHENKO
IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE FLOOR ARRANGEMENT
FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian
Federation, Makeevka

Abstract. The designs and technology of the device of floors are considered. The analysis of possible constructive solutions of the device of floors based on the technology of the device of raised access floors, aimed at improving their operational properties, is given. The analysis of the main operational characteristics of raised access floors of leading manufacturers is carried out. It is noted that modern raised access floors designs allow them to be used for the installation of floors with improved performance characteristics to increase the air noise insulation index and the index of the reduced shock noise level. Improving the manufacturability of the floors in residential and public buildings is achieved through the use of raised access floors structures with additional layers of sound insulation materials. At the same time, the so-called «wet» processes are completely excluded and the deadlines for finishing work are sharply reduced.

Keywords: raised access floors, underground space, floor system, sound insulation.

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

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

Kozhemyaka Sergei – Ph. D. (Eng.); Professor; Technology and Management in Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: technology and organization of works in reconstructing building and structures, automation of technological designing.

Krupenchenko Anna – Senior Lecturer, Technology and Management in Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: reconstruction of industrial and civil buildings.

EDN: MSRKVO

УДК 699.82:624.07:69.07:692.843

В. А. МАЗУР, В. О. КИСЕЛЁВАФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевский, г. Макеевка

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ТОЛЩИНЫ БЕТОННОГО ОСНОВАНИЯ ПОЛА КАРЕ РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКОВ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТАХ

Аннотация. Статья посвящена определению рациональной толщины несущего слоя пола каре резервуарных парков хранения нефти и нефтепродуктов на водонасыщенных грунтах с учётом прокладки подземных трубопроводов. Определены проблемы разработки в области проектирования полов каре. Установлено минимальное значение толщины бетонного основания пола каре на основании существующих нормативных требований. При помощи численного моделирования методов конечных элементов в программном комплексе Plaxis 3D спрогнозировано состояние грунтового массива при устройстве полов каре на бетонном основании с подземной прокладкой трубопроводов, определены перемещения (осадки) рассматриваемых слоёв. Рассмотрено полное перемещение полов каре на участке резервуарного парка с подземной прокладкой трубопроводов при заданной нагрузке. Получено уравнение для прогнозирования рациональной толщины несущего бетонного слоя.

Ключевые слова: резервуарный парк, пол каре, толщина бетонного основания, перемещения (осадки), Plaxis 3D, водонасыщенный грунт.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Строительство новых резервуарных парков, а также увеличение объёмно-планировочных решений существующих нефтебаз необходимо выполнять с обеспечением эксплуатационной надёжности полов каре и требований по охране окружающей среды согласно Энергетической стратегии России на период до 2035 года. Для защиты окружающей среды федеральными законами Российской Федерации и нормами технологического проектирования предприятий по обеспечению нефтебаз нефтепродуктами [1–2] предусматриваются меры по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в части устройства противофильтрационных экранов по всей территории резервуарных парков.

Существующие научные разработки и технологические регламенты в области проектирования и устройства полов каре не в полной мере соответствуют требованиям концепции безопасности зданий и сооружений, приведенной в Федеральном законе [3], так как не обеспечивают целостность гидроизоляционного слоя с учётом деформируемости оснований полов [4–5]. Поэтому тема работы является актуальной.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Проектирование конструкций полов каре резервуарных парков основывается на опыте и научных разработках по расчёту и проектированию плоскостных конструкций – плит на упругом основании (например, полов по грунту), которым посвящены труды учёных В. З. Власова, В. С. Глазырина, С. Н. Клепикова, А. Г. Юрьева, Б. Г. Коренева, М. S. Cheung, J. A. Costa, С. A. Brebbia, R. S. Atkash [6–15] и др. Однако, научно обоснованные конструктивные решения полов на бетонном основании каре резервуарных парков с учётом компоновки парков, наполнения резервуаров, характеристик несущих оснований грунтов и т. д. отсутствуют.

© В. А. Мазур, В. О. Киселёва, 2023



ЦЕЛИ

Определить рациональную толщину бетонного основания пола каре резервуарного парка хранения нефти и нефтепродуктов на водонасыщенных грунтах при помощи расчётов и численного моделирования с учётом конкретных условий строительства.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В работе рассматривается многослойная конструкция пола каре на бетонном основании, выполненная по теплоизоляционному слою с учётом подземной прокладки трубопроводов по грунтовому массиву (рис. 1).

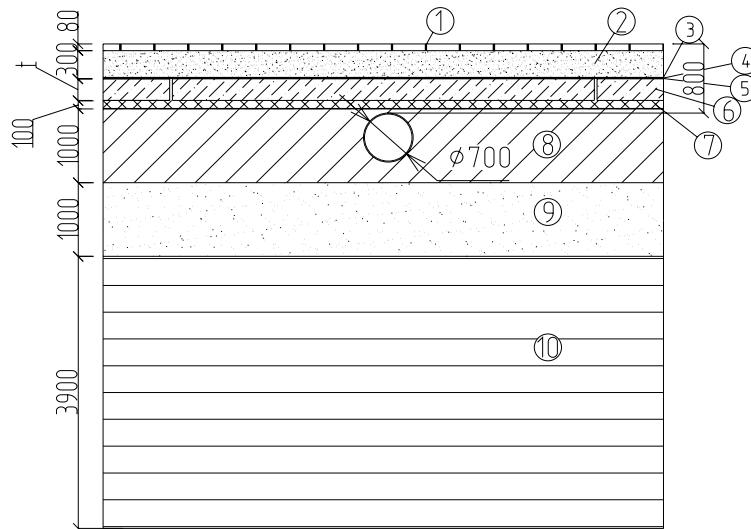


Рисунок 1 – Рассматриваемая конструкция пола каре: 1 – тротуарная плитка; 2 – песчаная отсыпка; 3 и 5 – геотекстиль; 4 – бентонитовые маты; 6 – бетонное основание; 7 – теплоизоляционный слой; 8 – сугесь; 9 – песок; 10 – водонасыщенная глина.

В качестве исследуемого принят резервуарный парк в группе, состоящий из четырёх ёмкостей объёмом 10 тыс. м³ (рис. 2). Габаритные размеры парка и ёмкостей определены по нормативным требованиям и составляют:

- размеры резервуара: диаметр 28,5 м, высота 18 м;
- расстояние между резервуарами при групповом расположении – 30 м [16].

Ранее в процессе исследований установлено, что на толщину несущего основания полов каре влияет комплексное сочетание нагрузок (факторов) [17], состоящее из собственного веса конструкции

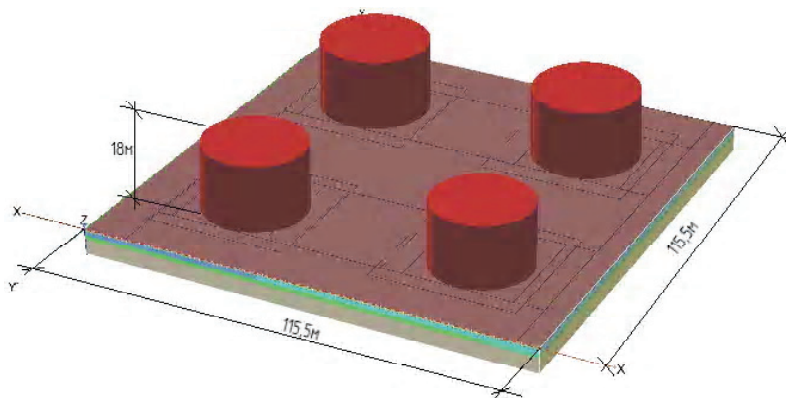


Рисунок 2 – Модель резервуарного парка.

пола, транспортной, снеговой [18], экстренной (разлив нефти и нефтепродуктов) и прочих нагрузок. Кроме них необходимо учитывать характеристики грунтов в основании пола каре, компоновку резервуарного парка, уровень заполнения резервуаров нефтью и нефтепродуктами, способ прокладки трубопроводов.

Полученные значения сочетаний нагрузок представлены на рис. 3 с учётом неравномерно заполненных ёмкостей: частично загруженных (на 80 % заполнены нефтепродуктами, нагрузка от ёмкости и снега составляет 95 кПа) и пустых ёмкостей (учёт собственного веса резервуара и снегового покрова, нагрузка составляет 4,13 кПа).

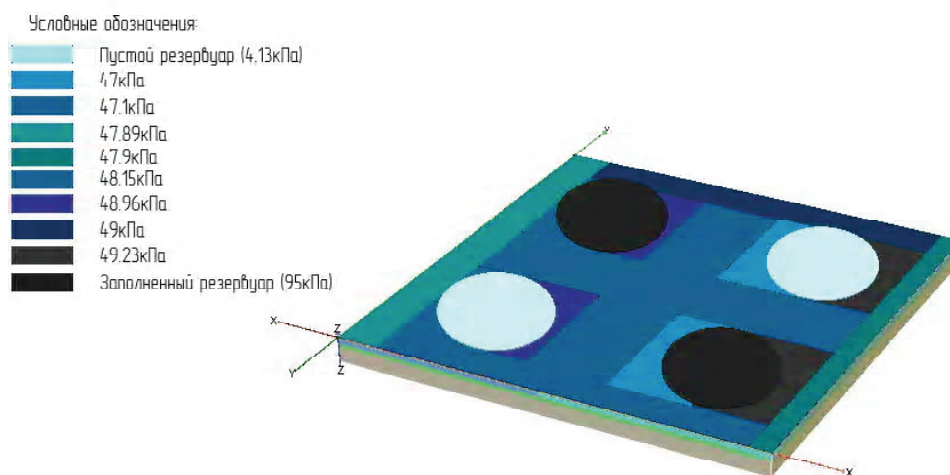


Рисунок 3 – Прикладываемая нагрузка на полы каре резервуарного парка.

Так как рекомендации по определению толщины бетонного основания полов каре резервуарных парков отсутствуют, используя опыт проектирования оснований плоскостных конструкций [19–21] в работе принимается допущение, что толщина основания составляет 0,1...0,3 м.

Основным требованием при проектировании бетонных конструкций по 2 группе предельных состояний является недопущение раскрытия трещин вследствие осадок грунтов свыше нормативных. Как правило, при проектировании полов открытых площадок величина раскрытия трещин не должна превышать 0,3 мм [22]. Но ввиду специфики требований по целостности гидроизоляционного слоя полов каре резервуарных парков (как следствие малой эластичности и растяжимости гидроизоляционных материалов) эта величина должна быть не более 0,15 мм [23].

Для определения осадок в работе модели грунтов рассматриваются следующим образом:

- грунты супесчаного и песчаного слоёв выполняются с учётом применения модели Мора-Кулона,
- глинистый водонасыщенный грунт рассматривается в качестве модели слабого грунта с учётом ползучести – Soft soil creep [24].

Водонасыщенный грунт представляет собой наиболее неблагоприятное условие при строительстве и характеризуется большой сжимаемостью, изменениями прочностных и деформационных характеристик грунта, возможностью возникновения неустойчивого состояния [25]. Используя данную модель грунта, в работе определяется её влияние на конструкцию пола каре резервуарного парка с учётом нагрузок.

Расчётная схема экспериментальной модели выполняется в программном комплексе Plaxis 3D [26]. Для оценки напряжений и деформаций, возникающих внутри геометрической модели, рассматривается полное перемещение (рис. 4) и вертикальное поперечное сечение по всему резервуарному парку.

Установлено, что наиболее значимые значения перемещений оснований по вертикали наблюдаются в местах прокладки подземных трубопроводов и под заполненными резервуарами, пространствами между двумя разнонаполненными резервуарами, представлены на рис. 5–6.

Подземная прокладка трубопроводов осуществляется с целью сохранения целостности трубопроводов с передающейся нагрузкой через всю конструкцию пола каре на грунты, в особенности в условиях водонасыщенных грунтов. Согласно рис. 5 наименьшие значения перемещений наблюдаются в начале прокладки трубопроводов (соответственно подачи нефтепродуктов), наибольшие – в конце, при пересечении двух ёмкостей с разной нагрузкой.

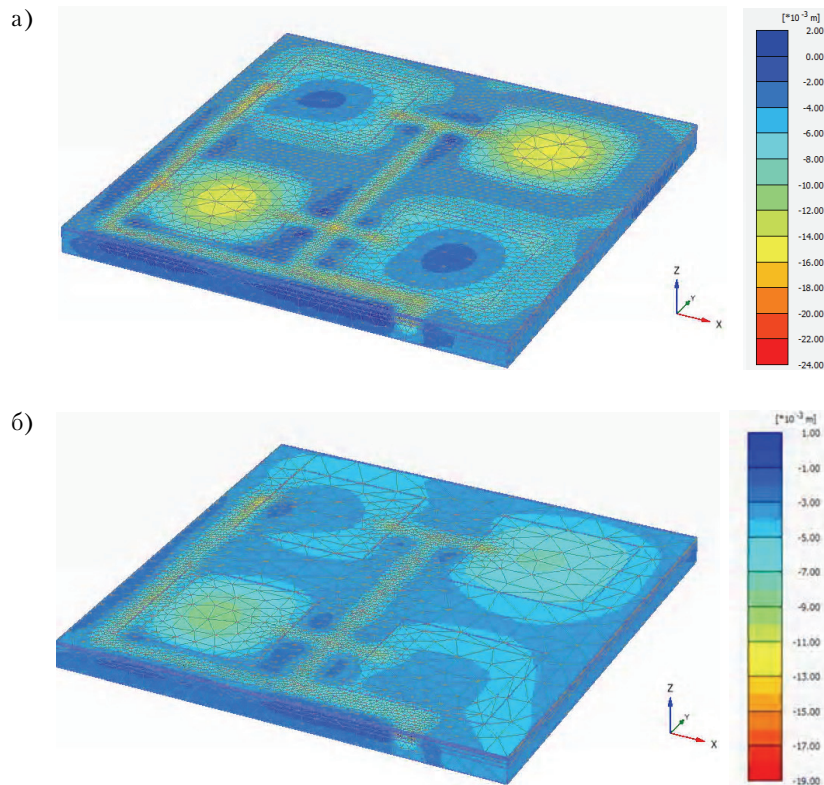


Рисунок 4 – Схема распределения полных перемещений по всему резервуарному парку при толщине бетонного основания: а) 0,1 м; б) 0,3 м.

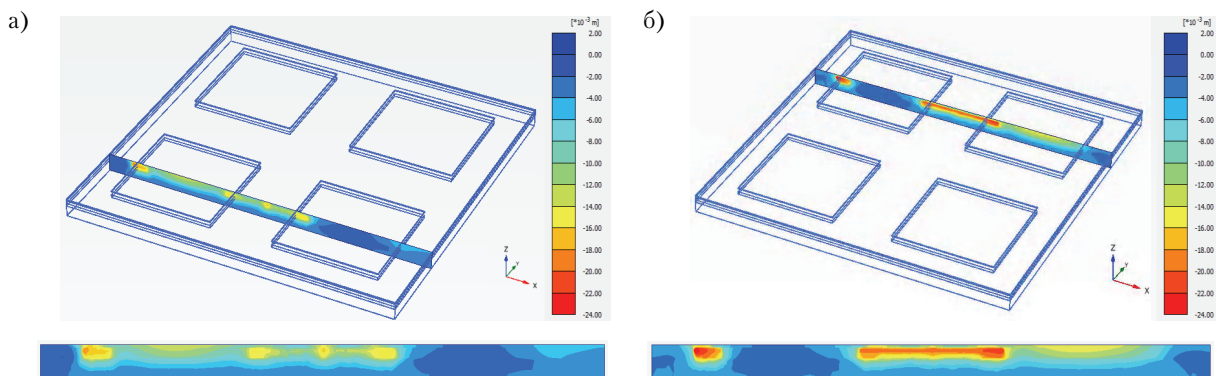


Рисунок 5 – Поперечные сечения, показывающие наибольшие значения полных вертикальных перемещений при толщине бетонного основания 0,1 м: а) в начале прокладки трубопроводов, б) в конце прокладки трубопроводов.

На рис. 6 представлены результаты численного моделирования влияния нагрузки на бетонное основание пола каре резервуарного парка. При толщине бетонного основания равным 0,1 м наблюдается более выраженная разница прикладываемой минимальной и максимальной нагрузки.

По результатам численного моделирования средняя осадка для полов резервуарного парка с учётом комплексного сочетания нагрузок при толщине бетонного основания 0,1 м составляет 2,4 см, при 0,3 м – 1,9 см, что находится в пределах допустимой осадки (не более 5 см) для оснований на рассматриваемых грунтах [27].

Для уточнения перемещения оснований в работе выполняется членение площадки резервуарного парка на участки размерами 6×6 м с учётом подземной прокладки трубопроводов.

Установлено, что наиболее деформативными являются участки в местах подземной прокладки трубопроводов на расстоянии 0,5 и 1,5 м без поворота (рис. 7, а, б) и с поворотом трубы (рис. 7, в, г) на 90°.

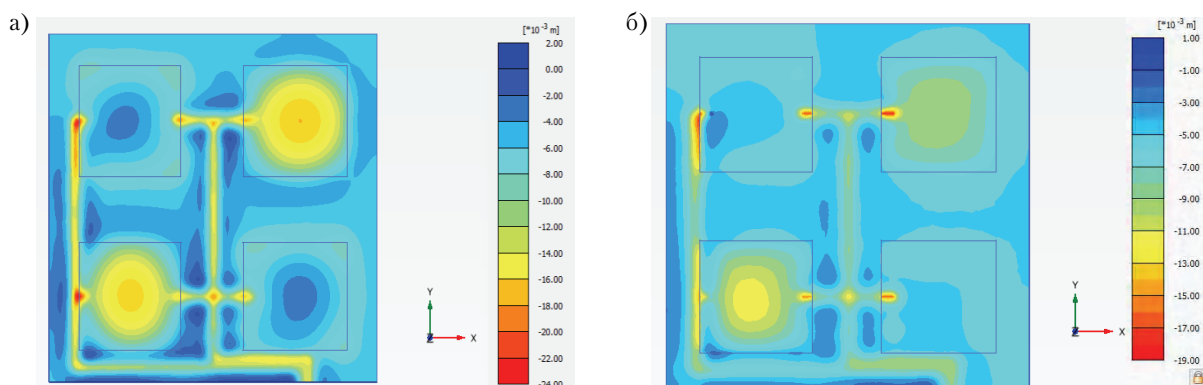


Рисунок 6 – Модели нагрузок при толщине бетонного основания: а) 0,1 м; б) 0,3 м.

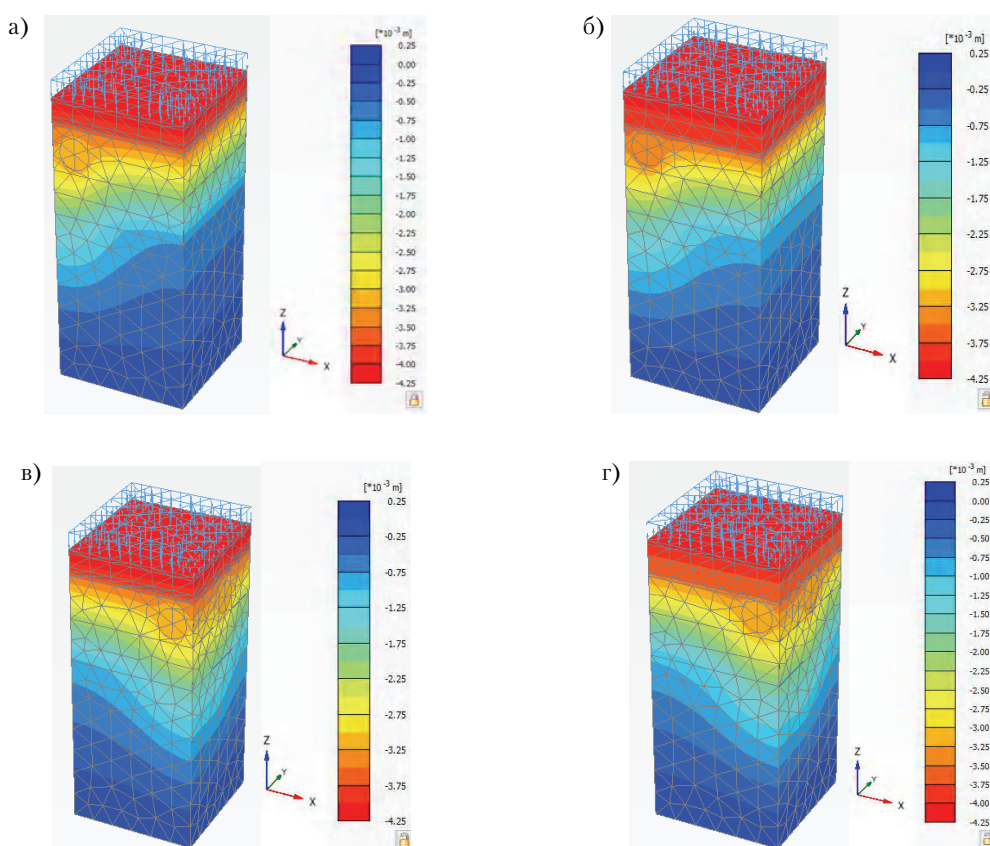


Рисунок 7 – Результаты сгенерированной сетки модели 6×6 м и полное перемещение на расстоянии трубы: а) 0,5 м при $t_{\text{бет.осн.}} = 0,1$ м; б) 0,5 м при $t_{\text{бет.осн.}} = 0,1$ м; в) 0,5 м при $t_{\text{бет.осн.}} = 0,3$ м; г) 2,5 м при $t_{\text{бет.осн.}} = 0,3$ м.

Наибольшая осадка наблюдается при устройстве подземного трубопровода при повороте трубы на 90° в конструкции пола каре на грунтовом основании и составляет 4,23 см при толщине бетонного основания 0,1 м, при 0,3 м – 4,1 см.

В работе определяется ширина раскрытия трещин исходя из требований объёмно-планировочного решения резервуарного парка, конструктивного решения пола каре, нагрузки и представленных в работе значений осадки. На рис. 8 представлены результаты зависимости раскрытия трещин от толщины бетонного основания и нагрузки.

С увеличением нагрузки при толщине бетонного основания 0,1 м наблюдается превышение предельно допустимых значений ширины раскрытия трещин, поэтому при проектировании полов каре

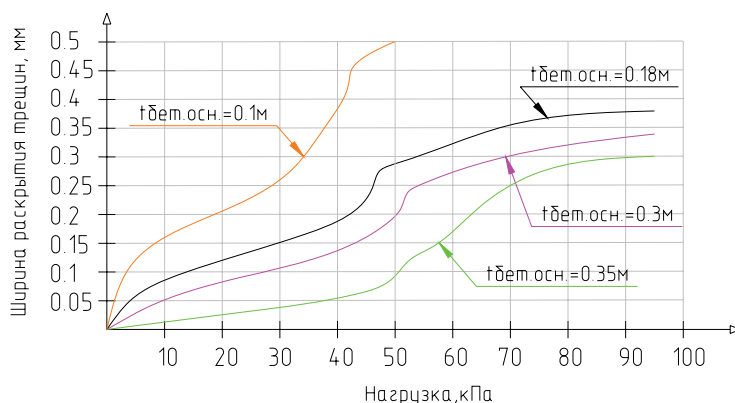


Рисунок 8 – Зависимость ширины раскрытия трещин.

недопустимо применение данной толщины. Согласно расчёту и представленному графику принимаем минимальную толщину основания равной 0,18 м.

В результате исследований в работе разрабатывается регрессионная модель, позволяющая прогнозировать толщину бетонного основания пола каре с учётом количества и объёма отдельных ёмкостей, допускаемой ширины раскрытия трещин, комбинированной нагрузки учитывающей объём загрузки ёмкостей, снеговой нагрузки и пр.

Уравнение рациональной толщины несущего бетонного слоя имеет следующий вид

$$t_{\text{бет.осн.}} = 0,05 + 0,03 \cdot k_{\text{ёмк}} + 0,0027 \cdot V_{\text{РВС}} + 0,002 \cdot p + 0,06 \cdot a_{\text{тр.}}$$

- где $k_{\text{ёмк}}$ – количество ёмкостей в группе, шт. (min 1, max 4);
 $V_{\text{РВС}}$ – объём ёмкости резервуарного парка, тыс. м³ (min 10, max 50);
 p – нагрузка, кПа (min 4.15, max 95);
 $a_{\text{тр.}}$ – ширина раскрытия трещин по нормативам, мм.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

- Установлено, что минимальная толщина бетонного основания пола каре резервуарного парка хранения нефти и нефтепродуктов должна быть не менее 0,18 м из условий определения деформаций по 2 группе предельных состояний.
- Получено регрессионное уравнение позволяющее определять рациональную толщину бетонного основания пола каре резервуарного парка с учётом объёмно-планировочного решения резервуарного парка, суммарной нагрузки, неравномерной заполненности ёмкостей и критерия трещиностойкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская Федерация. Законы. Об охране окружающей среды : Федеральный закон № 7-ФЗ : [принят Государственной думой 20 декабря 2001 года ; одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 года]. – Москва : Кодекс, 2001. – 91 с. – Текст : непосредственный.
2. ВНТП 5-95. Нормы технологического проектирования предприятий по обеспечению нефтепродуктами (нефтебаз) : издание официальное : утвержден приказом Минтопэнерго России от 3 апреля 1995 г. № 64 : дата введения 1995-05-01 / разработан АО «Нефтепродуктпроект» Минтопэнерго России под руководством В. А. Гончарова. – Москва : Стандартиформ, 1995. – 36 с. – Текст : непосредственный.
3. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений : Федеральный закон № 384-ФЗ : [принят Государственной думой 23 декабря 2009 года ; одобрен Советом Федерации 25 декабря 2009 года]. – Москва : Кодекс, 2009. – 24 с. – Текст : непосредственный.
4. Duncan, J. M. Nonlinear analysis of stress and strain in soil / J. M. Duncan, C. Y. Chang. – Текст : непосредственный // Journal of Soil Mechanics & Foundations Div. – 1970. – Volume 96. – P. 1629–1653.
5. Rowe, P. W. Theoretical meaning and observed values of deformation parameters for soil / P. W. Rowe. – Текст : непосредственный // Proceedings of Roscoe Memorial Symposium. – 1971. – Foulis : Henley-on-Thames. – P. 143–194.
6. Власов, В. З. Балки, плиты и оболочки на упругом основании / В. З. Власов, Н. Н. Леонтьев. – Москва : Физматгиз, 1960. – 492 с. – Текст : непосредственный.
7. Глазырин, В. С. К вопросу о расчете плит, лежащих на упругом основании / В. С. Глазырин. – Текст : непосредственный // Строительная механика и расчет сооружений. – 1964. – № 4. – С. 15–17.

8. Клепиков, С. Н. Расчет конструкций на упругом основании / С. Н. Клепиков. – Киев : Будівельник, 1967. – 185 с. – Текст : непосредственный.
9. Юрьев, А. Г. Расчет многослойных плит на упругом основании / А. Г. Юрьев, В. Г. Рубанов, А. С. Горшков. – Текст : непосредственный // Вестник Белгородского государственного технического университета им. В. Г. Шухова. – 2007. – № 1. – С. 51–59.
10. Коренев, Б. Г. К расчету неограниченных плит, лежащих на упругом основании / Б. Г. Коренев. – Текст : непосредственный // Строительная механика и расчет сооружений. – 1996. – № 2. – С. 29–31.
11. Cheung, M. S. A simplified finite element solution for the plates on elastic foundation / M. S. Cheung – Текст : непосредственный // Computers Structures: Pergamon Press. – 1978. – Volume 8. – P. 139–145.
12. Costa, J. A. Bending of plates on elastic foundations using the boundary element method / J. A. Costa. – Текст : непосредственный // Var. Meth. Eng. Proceedings. 2nd International Conference. – Berlin. – 1985. – P. 5/23–5/33.
13. Atkatsh, R. S. A finite difference variational method for bending of plates / R. S. Atkatsh, M. L. Baron. – Текст : непосредственный // Computer and Structures. – 1980. – Volume 11, issue 6. – P. 573–577.
14. Barrett, K. E. An exact theory of elastic plates / K. E. Barrett, S. Ellis – Текст : непосредственный // International Journal of Solids and Structures. – 1988. – Volume 24, issue 9. – P. 859–880.
15. Saygun, A. Analysis of plates on elastic foundation / A. Saygun, A. L. Trupia, I. Eren. – Текст : непосредственный // Studieric. – 1988. – № 10. – P. 375–404.
16. СП 155.13130.2014. Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности = Warehouses of oil and oil products. Fire safety requirements : издание официальное : утвержден приказом МЧС России от 26 декабря 2013 г. № 837 : дата введения 2014-01-01 / разработан ВНИИПО, «ПОЖОБОРОНПРОМ», ЗАО «АРТСОК», ООО «Каланча». – Москва : МЧС России, 2014. – 42 с. – Текст : непосредственный.
17. Мазур, В. А. Анализ факторов, влияющих на конструктивное решение полов и ограждения каре резервуарных парков / В. А. Мазур, В. О. Киселёва. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2022. – Выпуск 2022-3(155) Здания и сооружения с применением новых материалов и технологий. – С. 36–40. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49744134> (дата обращения: 30.09.23). – EDN: ELHLYY.
18. Киселёва, В. О. Определение снеговой нагрузки на открытые площадки нефтебаз и резервуарных парков / В. О. Киселёва – Текст : непосредственный // Строительство. Архитектура. Дизайн : материалы Четвертой Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, Курск, 21 апреля 2023 года / под редакцией проф. С. И. Меркулова. – Курск : Курский государственный университет, 2023. – С. 41–46.
19. СП 127.13330.2017. Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию = Landfills for the disposal and burial of toxic industrial wastes. Basic provisions on design : актуализированная редакция СНиП 2.01.28-85 : издание официальное : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 14 ноября 2017 г. № 1533/пр и введен в действие с 15 мая 2018 г. : дата введения 2018-05-15 / исполнители АО «ЦНС». – Москва : Стандартинформ, 2017. – 30 с. – Текст : непосредственный.
20. СП 29.13330.2011. Полы : издание официальное : утвержден приказом Минрегиона России от 27 декабря № 785 : актуализированная редакция СНиП 2.03.13-88 : дата введения 2011-05-20 / исполнители ОАО «ЦНИИПромзданий», ООО «ПСК Конкрит Инжиниринг». – Москва : Минрегион России, 2011. – 58 с. – Текст : непосредственный.
21. РД № 2020-126. Типовые проектные решения по усилению и восстановлению существующих конструкций каре резервуаров № 21-24; № 17-20 / АО «КОНЦЕРН ТИТАН-2». – Кайеркан : [б. и.], 2020. – 55 с. – Текст : непосредственный.
22. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции : издание официальное : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 19 декабря 2018 г. № 832/ пр : актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 : дата введения 2019-06-20 / исполнители АО «НИЦ "Строительство"», НИИЖБ им. А. А. Гвоздева. – Москва : Госстрой России, 2019. – 138 с. – Текст : непосредственный.
23. Зарубина, Л. П. Гидроизоляция конструкций, зданий и сооружений / Л. П. Зарубина. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2011. – 155с. – Текст : непосредственный.
24. Vermeer, P. A. A soft soil model that accounts for creep / P. A. Vermeer, H. Neher. – Текст : непосредственный // Proceedings of the PLAXIS-simposium Beyond 2000 in computational geotechnics, Amsterdam, 1999. – Rotterdam, Netherlands : Balkema, 1999. – P. 249–261.
25. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений : издание официальное : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16 декабря 2016 г. N 970/пр : актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* : дата введения 2017-06-17 / исполнители НИИОСП им. Н. М. Герсеванова АО НИЦ «Строительство». – Москва : Стандартинформ, 2017. – 204 с. – Текст : непосредственный.
26. Руководство пользователя Plaxis 3D AE 2015 : перевод с английского. – Санкт-Петербург : НИП-Информатика, 2015. – 430 с. – ISBN-13: 978-90-76016-19-1. – Текст : непосредственный.
27. ГОСТ 23161-2012. Грунты. Метод лабораторного определения характеристик просадочности : издание официальное : утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29

октября 2012 г. № 598-ст : актуализированная редакция ГОСТ 23161-78 : дата введения 2012-10-29 / НИИОСП им. Н. М. Герсеванова, ОАО «НИЦ "Строительство"». – Москва : Стандартинформ, 2013 – 15 с. – Текст : непосредственный.

Получена 10.11.2023

Принята 24.11.2023

VICTORIA MAZUR, VICTORIA KISELIOVA
DETERMINATION OF THE RATIONAL THICKNESS OF THE CONCRETE BASE
OF THE FLOOR OF THE TANK FARMS FOR THE STORAGE OF OIL AND
PETROLEUM PRODUCTS ON WATER-SATURATED SOILS
FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian
Federation, Makeevka

Abstract. The article is devoted to determining the rational thickness of the load-bearing layer of the floor of the tank farms for storing oil and petroleum products on water-saturated soils, taking into account the laying of underground pipelines. The problems of development in the field of designing square floors are determined. The minimum value of the thickness of the concrete base of the square floor has been established on the basis of existing regulatory requirements. With the help of numerical modeling of finite element methods in the Plaxis 3D software package, the state of the soil massif was predicted when the floors of the square were laid on a concrete base with underground laying of pipelines, the displacements (precipitation) of the layers under consideration were determined. The complete displacement of the floors of the square on the site of the tank farm with underground laying of pipelines at a given load is considered. An equation for predicting the rational thickness of the bearing concrete layer is obtained.

Keywords: tank farm, square floor, concrete base thickness, displacement (precipitation), Plaxis 3D, water-saturated soil.

Мазур Виктория Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ФГБОУ ВО «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 – ассистент кафедры технологии и организации строительства ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: конструктивно-технологические решения по устройству изоляции и защитных барьеров зданий и сооружений.

Mazur Victoriia – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, FSBEI HE «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.

Kiseliova Victoria – Assistant, Technology and Management in Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: structural and technological solutions for insulation and protective barriers of buildings and structures.

EDN: OZJPNF

УДК 624.073.7

Д. В. БЕЛОВ, А. В. АУЛОВФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевский, г. Макеевка

АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ МОНТАЖЕ БОЛЬШЕПРОЛЕТНОГО МЕМБРАННОГО ПОКРЫТИЯ

Аннотация. В данной статье рассмотрены методы и мероприятия по монтажу большепролётных мембранных покрытий для зданий различного функционального назначения. Показываются принципиальная схема работы, технология устройства и конструктивные решения рассматриваемых мембранных систем, а также возможные варианты технологических методов монтажа большепролётных мембранных конструкций. Приводится перечень работ и мероприятий, необходимых для монтажа большепролётного мембранного покрытия здания. Детально освещаются стадии устройства стальных мембранных покрытий с применением различных технологий и средств механизации. Представлены ведущие строительные машины и специальные вспомогательные средства для производства работ. Даются варианты технологий, и выполняется анализ их технико-экономических показателей для выявления оптимального решения по устройству мембранных покрытий большепролётных промышленных и гражданских зданий различного назначения.

Ключевые слова: мембранные конструкции, опорный контур, стрела провиса, подкладной барабан, полотнище, отводной блок.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Современные тенденции в области строительства увеличение перекрываемого пролёта и снижение собственно массы конструкций в наибольшей мере удовлетворяют комбинированные висячие покрытия, состоящие из тонколистовой двухосно растянутой металлической пролётной конструкции и сжатого железобетонного опорного контура. В этом конструктивном решении наилучшим образом используются механические качества каждого материала. Сталь, хорошо работающая на растяжение, идет на изготовление собственно мембраны, отчего вес пролётной части конструкции оказывается минимальным. Другая, сжатая часть конструкции – опорный контур выполняется в железобетоне, хорошо работающем на сжатие [1].

Если традиционные покрытия состоят из несущих и ограждающих конструкций, то в мембранах эти функции совмещены. Работа стального листа мембраны в двух направлениях обеспечивает возможность перекрывать большие пространства, и собственная масса такой конструкции всегда будет меньше массы конструкции плоскостной стержневой системы.

Благодаря двухосной работе материала тонким стальным листом можно перекрывать пролет 200 м при толщине мембраны всего 2 мм, т. е. с расходом стали на пролётное строение 16 кг/м². Наряду с малым расходом стали мембранные покрытия обладают повышенным запасом прочности, локальные несовершенства конструкций и металла в мембранах не столь опасны, как в линейных системах [2].

Поэтому **целью** данной статьи является анализ и выбор рациональных технологических решений монтажа большепролётного мембранного покрытия.

Основными элементами мембранных покрытий являются металлическая тонколистовая пролётная конструкция и опорный контур. По конструктивным решениям мембранные системы разделяются на провисающие и первоначально плоские. Тонколистовыми конструкциями перекрывают пролёты от 24 до 300 м, с разнообразной формой плана квадрат, прямоугольник, треугольник, круг, овал, или комбинированного очертания.

© Д. В. Белов, А. В. Аулов, 2023



Мембранные оболочки проектируют с формой поверхности – нулевой, положительной и отрицательной гауссовой кривизны, а также составными, в виде комбинации оболочек с одинаковой или различной формой поверхности [3] (рис. 1).

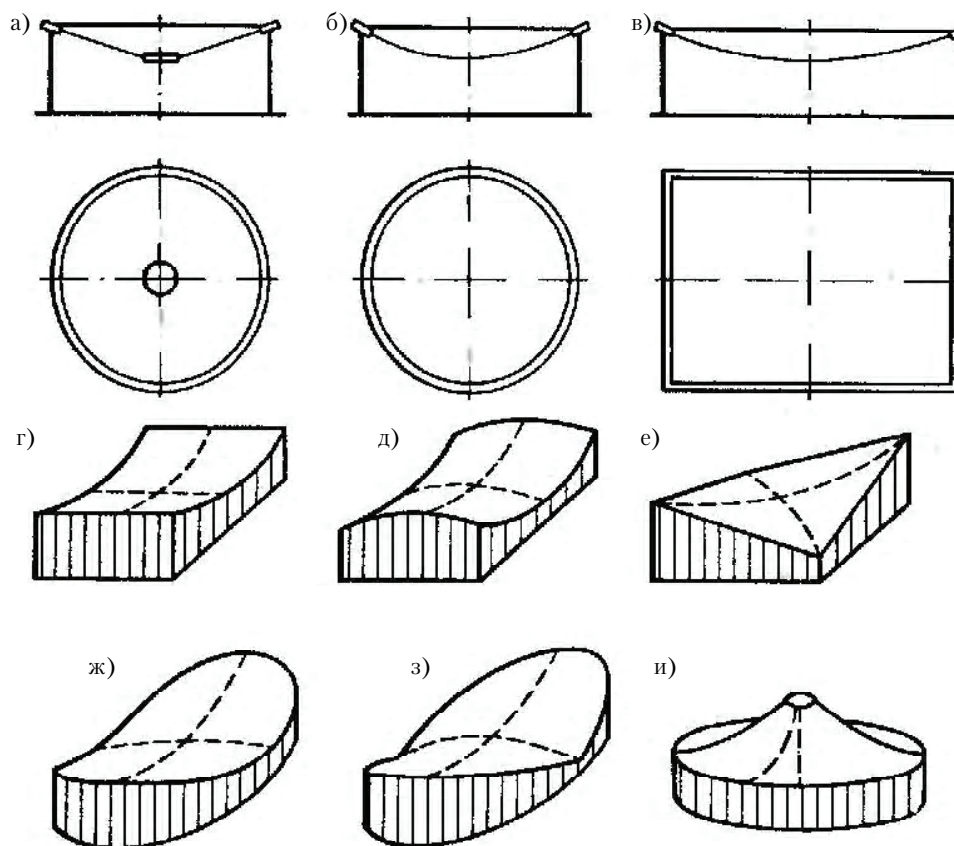


Рисунок 1 – План и форма поверхности отдельно стоящих мембранных покрытий: а), г) нулевой гауссовой кривизны; б), в) положительной гауссовой кривизны; д), е), ж), з), и) – отрицательной гауссовой кривизны.

«Постели» направляющие элементы предназначенные для формообразования мембран, принимают гибкими, из полосы шириной от 300 до 500 мм и толщиной от 1,3 до 1,5 раза больше толщины стальной мембраны.

Мембранные полотнища следует соединять между собой и с контуром внахлестку на сварке (непрерывным угловым швом, точечной сваркой проплавлением) или на высокопрочных болтах (рис. 2).

Форму поперечного сечения контура принимают прямоугольной (сплошной или пустотелой), двутавровой, трапециевидной, круглой (трубобетон) [4] (рис. 3).

Монтаж пролетной конструкции сплошных тонкостенных мембран с первоначально заданной стрелой провиса рекомендуется осуществлять на проектную отметку следующими способами: 1) навесным способом – раскаткой полотнищ мембраны длиной на пролет по системе предварительно смонтированных монтажных элементов (постель); 2) укрупненными пространственными блоками – сборкой в кондукторе на уровне земли; 3) комбинированным – частично блоками (через один) частично с монтажом навесным способом (рис. 4).

При монтаже **мембранных покрытий навесным способом с помощью раскатки** монтаж постели выполняется блоками, включающими как минимум пару направляющих длиной на перекрываемый пролет и расположенными между ними поперечными элементами. В случае выполнения направляющих из гибких элементов блок собирают на спланированной площадке на уровне земли с последующим подъемом на проектную отметку полиспастами, лебедками, траверсами или траверсами-распорками. Монтаж постели, определяющей начальную форму поверхности мембранной оболочки, завершается выверкой её геометрии и окончательным креплением к контуру. Поверхность монтажной сетки рекомендуется регулировать подтяжкой к упорам на контуре хвостовиков, которыми

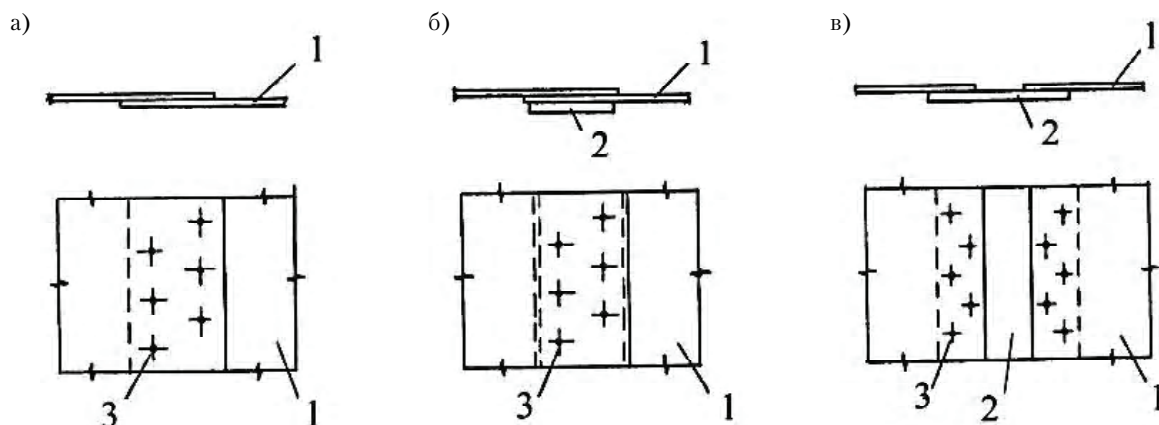


Рисунок 2 – Узлы сопряжения полотнищ мембраны: а) без «постели»; б) с «постелью», внахлестку полотнищ мембраны; в) с «постелью», внахлестку на направляющих элементах; 1 – мембрана; 2 – направляющие элементы «постели»; 3 – болты или сварные точки.

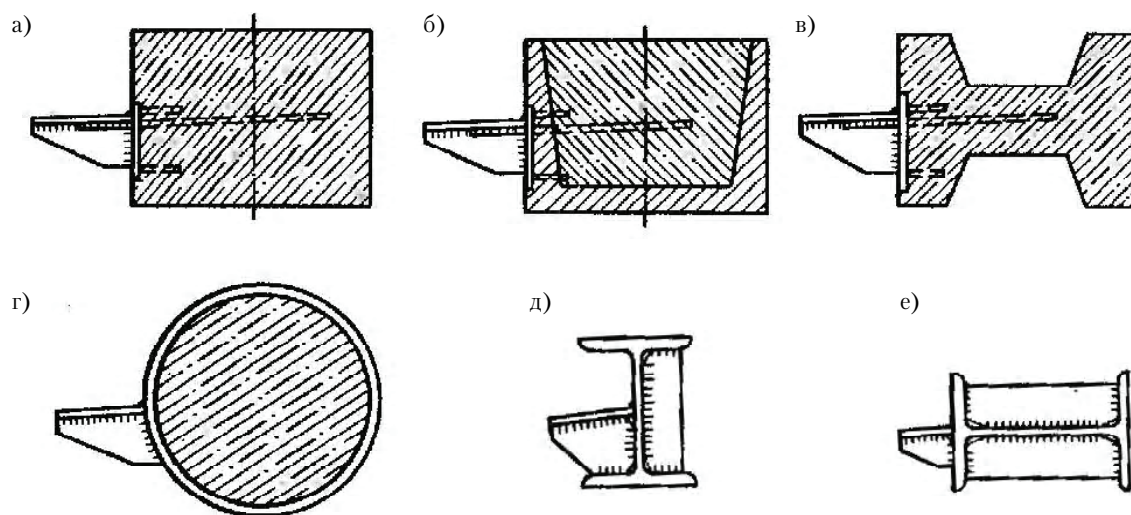


Рисунок 3 – Форма поперечного сечения опорного контура мембран: а) сборный или монолитный элемент; б) сборно-монолитный элемент; в) двутавровый элемент; г) трубобетонный элемент; д) вертикальный двутавр; е) горизонтальный двутавр.

заканчиваются направляющие. В некоторых случаях монтаж постели можно выполнять поэлементно [5].

Раскатку свернутых в рулон на специальный барабан полотнищ мембраны по смонтированной и выверенной монтажной постели производят с помощью лебедок. Станок с барабаном устанавливается на опорном контуре или на земле за пределами сооружения. В последнем случае на опорный контур рекомендуется устанавливать приспособление в виде вращающейся катушки для плавного перегиба в этом месте полотнища при вытягивании на покрытие.

При монтаже мембранных покрытий навесным методом по предварительно навешенным элементам постели соединения полотнищ одного с другим рекомендуется выполнять после укладки и временного закрепления всех полотнищ в проектом положении (рис. 4, а).

Укрупнительную сборку пространственных блоков при **монтаже мембран укрупненными пространственными блоками** рекомендуется производить на стендах-кондукторах с учетом фактического положения смонтированных конструкций контура и закладных деталей. Элементы блока могут изготавливаться в виде панелей полной заводской готовности. Ширина блока принимается равной ширине полотнища мембраны, а длина – пролету покрытия или его части. Размеры блока назначаются с учетом грузоподъемности кранового оборудования и возможностей его размещения на строительной площадке [6].

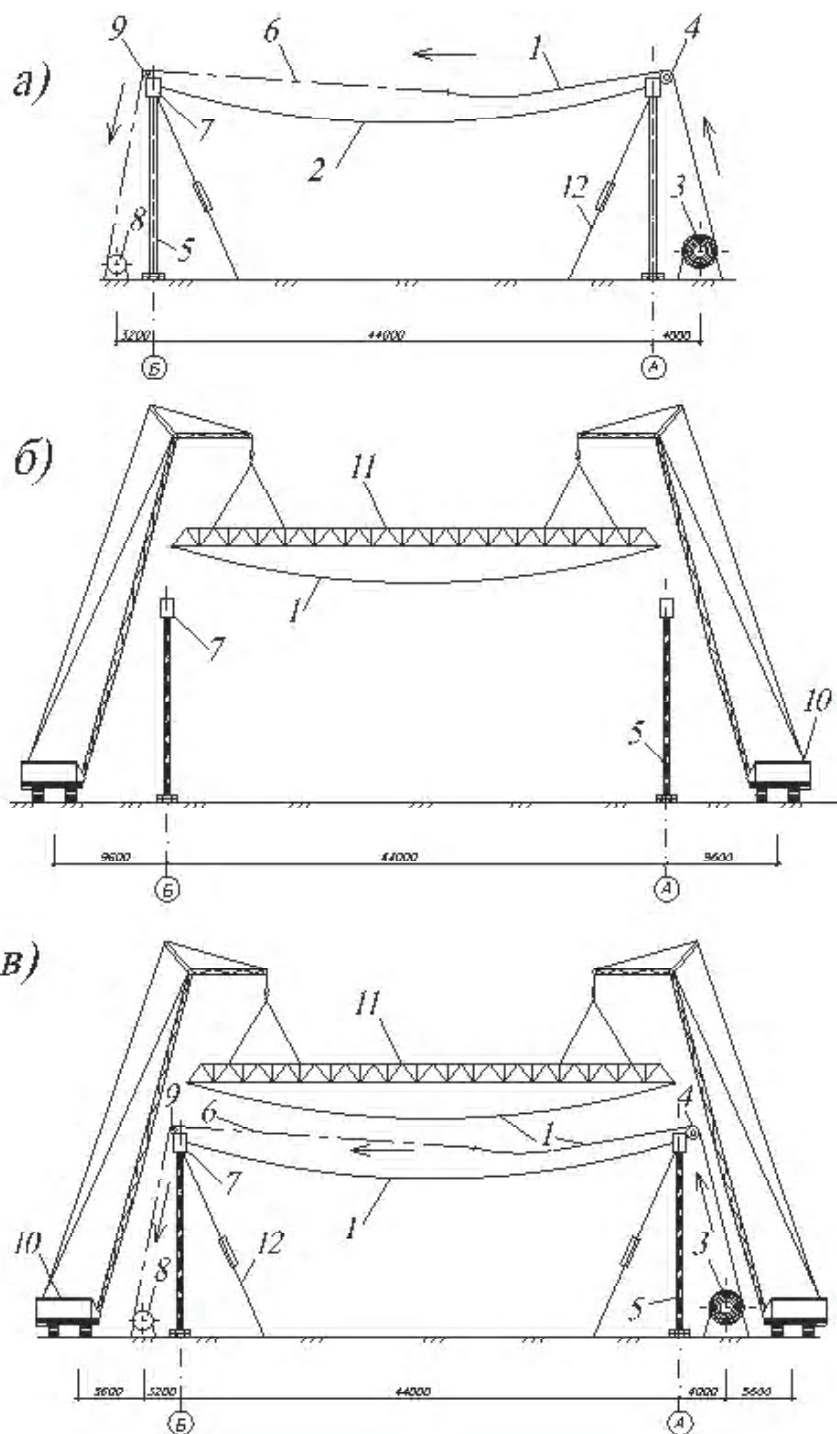


Рисунок 4 – Варианты методов монтажа большепролетного мембранного покрытия: а) навесной способом – раскаткой полотнищ; б) укрупненными пространственными блоками; в) комбинированный способ; 1 – стальная мембрана; 2 – направляющие элементы (постель); 3 – барабан с рулоном; 4 – подкладной барабан; 5 – постоянные опоры; 6 – строп для надвигки мембраны; 7 – опорный контур; 8 – лебедка; 9 – отводной блок; 10 – кран монтажный; 11 – траверса-распорка; 12 – временные распорки.

Подъем блоков в проектное положение производится траверсами или траверсами-распорками (рис. 4, б).

Монтаж круглых и овальных в плане покрытий с радиально-кольцевой системой подкрепления производится с одновременной укладкой четырех элементов по двум взаимно ортогональным направлениям. Следующие четыре элемента покрытия устанавливают посередине между смонтированными

элементами и т. д. Монтаж прямоугольных в плане покрытий с ортогональным расположением подкрепляющих элементов производится от краев к центру, демонтаж траверс, траверс-распорок необходимо выполнять после установки нескольких симметрично расположенных элементов, развязывающих контур. При сварке полотнищ мембраны рекомендуется применять автоматическую сварку с минимальным количеством сварных швов, выполняемых на монтаже. Отверстия под высокопрочные болты необходимо сверлить по месту с использованием специальных приспособлений и устройств.

На основании калькуляций, графиков производства работ и сравнительного расчета вариантов методов монтажа большепролетного мембранного покрытия, выполнена таблица сравнения показателей (таблица). Построены гистограммы технико-экономических показателей представленных методов монтажа (рис. 5).

Таблица – Сравнение показателей монтажа большепролетного мембранного покрытия на 2 400 м²

№ п/п	Наименование метода монтажа	Трудоемкость работ		Стоимость монтажа		Продолжительность работ	
		чел-дн	%	руб.	%	дни	%
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Монтаж стального большепролетного мембранного покрытия навесным способом раскаткой.	489,3	100	757 642	100	44	100
2	Монтаж стального большепролетного мембранного покрытия укрупненными пространственными блоками.	533,4	109	1 659 466	219	52	118,2
3	Комбинированный монтаж стального большепролетного мембранного покрытия.	501,5	102,5	1 148 412	151,6	30	68,2

Полученные гистограммы технико-экономических показателей сравниваемых методов монтажа большепролетной стальной мембраны покрытия площадью 2 400 м² (рис. 5) показали, что наиболее рациональным по критериям трудоемкости и стоимости монтажа, является: монтаж навесным способом раскаткой (метод № 1). Снижение трудозатрат составляет – от 2,5 до 9,0 %. Снижение стоимости производства работ составляет – 51,6 – 119 %. Однако, продолжительность монтажа мембранного покрытия навесным способом выше на 31,8 % в сравнении с комбинированным монтажом, что вызвано относительно низкой скоростью раскатки рулона при монтаже, а также необходимостью устройства направляющих элементов под разворачиваемые полосы мембран.

Эффективность применения методов монтажа должна определяться с учетом рентабельности использования ведущих и вспомогательных монтажных машин и механизмов во времени, необходимых сроках возведения объекта, а также возможностей своевременной доставки монтажного оборудования для возведения большепролетного мембранного покрытия [7].

Основными преимуществами применения навесного метода монтажа раскаткой являются: технологичность и относительная простота применяемого монтажного оборудования, размещение разворачиваемых рулонов в уровне земли сокращает объем монтажных работ на высоте. Использование данного метода исключает применение тяжелого грузоподъемного оборудования, что снижает стоимость монтажных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов, Г. К. Технология возведения специальных зданий и сооружений / Г. К. Соколов, А. А. Гончаров. – Москва : Стройиздат, 2005. – 173 с. – Текст : непосредственный.
2. Персион, А. А. Справочник по монтажу специальных сооружений / А. А. Персион, Ю. И. Седых, Ю. Н. Маркман. – Киев : Будівельник, 1981. – 267 с. – Текст : непосредственный.

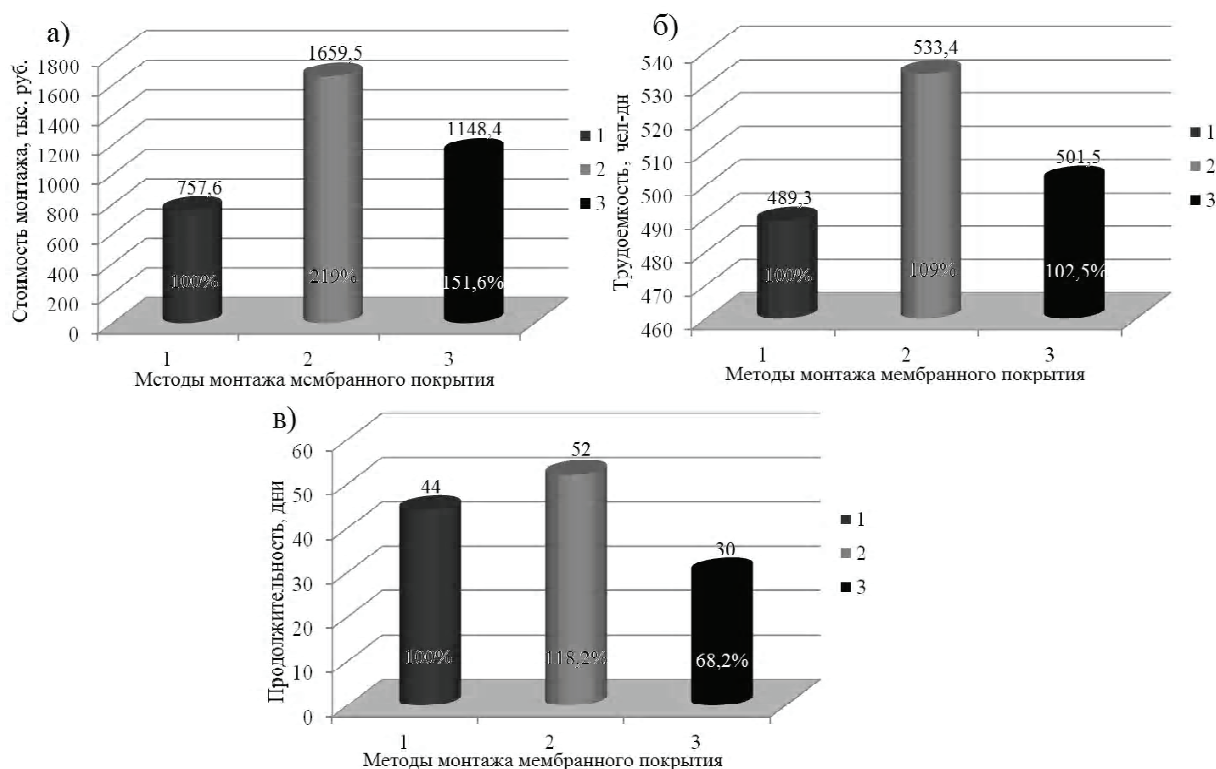


Рисунок 5 – Гистограммы технико-экономических показателей при монтаже большепролетного мембранного покрытия площадью 2 400 м²: а) стоимость работ; б) трудоемкость работ; в) продолжительность работ: 1 – монтаж навесным способом раскаткой; 2 – монтаж укрупненными пространственными блоками; 3 – комбинированный монтаж.

- Сизов, В. Н. Монтаж строительных конструкций / В. Н. Сизов, В. С. Тимофеевич, В. М. Усенко. – Москва : Высшая школа, 1969. – 407 с. – Текст : непосредственный.
- Теличенко, В. И. Технология возведения зданий и сооружений / В. И. Теличенко, О. М. Терентьев, А. А. Лапидус. – Москва : Высшая школа, 2004. – 441 с. – Текст : непосредственный.
- Трофимов, В. И. Мембранные (тонколистовые) висячие покрытия / В. И. Трофимов, П. Г. Еремеев, Е. Ю. Давыдов. – Москва : ВНИИИС, 1981. – 85 с. – Текст : непосредственный.
- СТО 0053-2006. Стандарт организации ОАО НИПИ «Промстальконструкция». Монтаж и демонтаж стальных строительных конструкций / ЦНИИПСК им. Мельникова, ОАО НИПИ «Промстальконструкция». – Москва : Предисловие, 2006. – 182 с. – Текст : непосредственный.
- Рекомендации по проектированию мембранных покрытий на прямоугольном плане для реконструируемых зданий и сооружений ; 2-е изд., испр. и доп. / Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций имени В. А. Кучеренко. – Москва : Стройиздат, 1989. – 98 с. – Текст : непосредственный.

Получена 10.10.2023

Принята 24.11.2023

DENIS BELOV, ALEXANDER AULOV
 ANALYSIS OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR
 THE INSTALLATION OF A LARGE-SPAN MEMBRANE COATING
 FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian
 Federation, Makeevka

Abstract. This article discusses methods and measures for the installation of large-span membrane coatings for buildings of various functional purposes. The schematic diagram of operation, device technology and design solutions of the membrane systems under consideration, as well as possible options for technological methods of installation of large-span membrane structures are shown. The list of works and measures necessary for the installation of a large-span membrane coating of the building is given. The stages of the construction of steel membrane coatings using various technologies and means of mechanization are covered in detail. The leading construction machines and special auxiliary means for the production of works are

presented. Variants of technologies are given, and an analysis of their technical and economic indicators is carried out to identify the optimal solution for the installation of membrane coatings of large-span industrial and civil buildings for various purposes.

Keywords: membrane structures, support contour, sag boom, lining drum, panel, outlet block.

Белов Денис Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технология и организация работ при строительстве стальных и железобетонных большепролетных зданий и сооружений.

Аулов Александр Владимирович – магистрант кафедры технологии и организации строительства ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технология и организация работ при строительстве стальных большепролетных зданий и сооружений.

Belov Denis – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: technology and organization of work in the construction of steel and reinforced concrete large-span buildings and structures.

Aulov Alexander – master's student, Technology and Management in Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: technology and organization of work in the construction of steel concrete large-span buildings and structures.

EDN: PAEFGN

УДК 69.032.22

А. М. ЮГОВ, С. Д. ВЕТРОВФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевский, г. Макеевка

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СХЕМ МОНТАЖА СТАЛЬНЫХ КАРКАСОВ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Аннотация. С ростом этажности многоэтажных и высотных зданий и, одновременно, появлением на строительном рынке новых видов и конструктивных исполнений строительной техники возрастает потребность в выборе эффективных грузоподъемных машин для монтажа металлических конструкций каркаса. Статья посвящена сравнительному анализу двух методов возведения металлического каркаса 16-ти этажного жилого здания: поэлементного и крупноблочного, определению показателей их эффективности. Для оценки эффективности вышеуказанных вариантов монтажа основных несущих конструкций были приняты следующие показатели: трудозатраты укрупнительной сборки и монтажа; объем заработной платы; сроки монтажа, выбор монтажных приспособлений, определение требуемых технических характеристик монтажных кранов, их типов и марок. В результате исследования установлено, что большей эффективностью по указанным выше параметрам характеризуется крупноблочный монтаж.

Ключевые слова: высотное строительство, металлический каркас, поэлементный монтаж, крупноблочный монтаж.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В последние десятилетия проблема строительства высотных зданий становится все более актуальной, что обусловлено интенсивными процессами урбанизации, стремительным расширением больших городов. Повышенный спрос на жилье и объекты инфраструктуры в центральных локациях, площадь которых ограничена, приводит к росту цен на земли, отводимые застройку, вследствие чего возведение высотных зданий приобретает очевидные преимущества. Следует отметить, что все возводимые в настоящее время высотные здания относятся к категории сложных строительных объектов, к которым предъявляется ряд требований, в частности высокая прочность и надежность в сочетании с высокой экономичностью и быстротой возведения. Оптимальным решением данной проблемы в современном высотном строительстве является использование металлического каркаса, который обладает высокими техническими характеристиками, широкими возможностями в проектировании, а также позволяет сократить время строительства и улучшить качество работ. Существует несколько методов монтажа металлического каркаса, выбор которых зависит от объемно-планировочных и конструктивных решений каждого конкретного объекта, его назначения, сроков возведения и др. В связи с этим возникает необходимость сравнения различных методов монтажа металлического каркаса для выбора наиболее оптимального решения.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В современной науке проблема конструктивных решений высотных зданий и сооружений еще не была предметом серьезного научного анализа. И хотя различным аспектам высотного строительства сегодня посвящено большое количество научных исследований (например, работы: А. О. Баранова [1], И. И. Ведякова, Д. В. Кониная [2], И. Н. Громов [3], А. Н. Добромислов [4], Д. А. Ефремян [5], Л. М. Колчеданцев [6], А. А. Кравчука [7], И. В. Колыбин [8], А. А. Магай [9], Т. Г. Маклаковой [10], А. Г. Умаров [11] и др.), можно констатировать, что данная проблема все еще находится в стадии



разработки. На отечественном рынке строительных услуг возведение многоэтажных домов с металлическим каркасом является относительно новым направлением, которое нуждается в более детальном изучении. Особенно актуальным представляется сравнительный анализ различных методов монтажа металлических конструкций и определение наиболее эффективного метода в конкретных условиях строительства.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Объектом исследования является 16-ти этажный жилой дом (рис. 1), **предметом** – методы монтажа металлической конструкции данного здания.

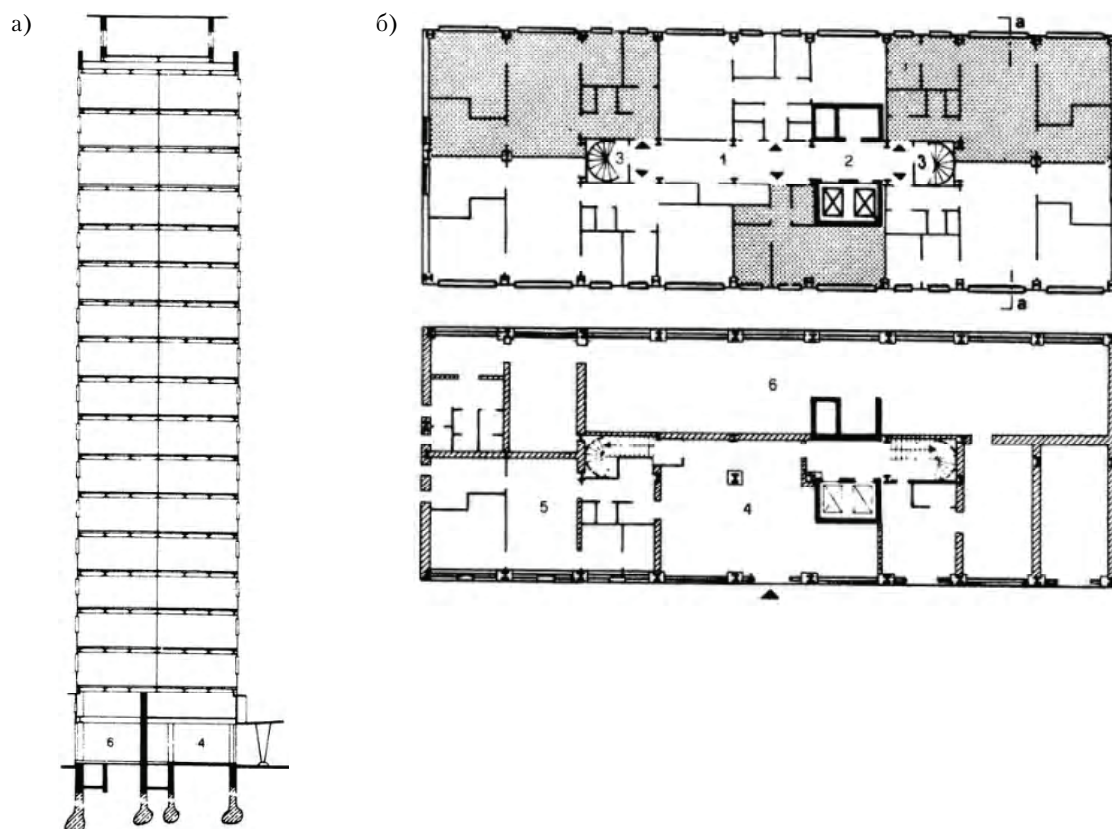


Рисунок 1 – Схема 16-ти этажного здания: а) поперечный разрез; б) план первого и типовой этажей.

Цель исследования – изучение различных методов монтажа металлического каркаса высотного здания, определение показателей эффективности рассмотренных вариантов монтажа. Данная цель предполагает решение следующих **задач**:

- 1) изучить требования проекта и особенности участка строительства;
- 2) определить возможные методы монтажа каркасного здания;
- 3) оценить стоимость каждого из методов, включая затраты на материалы и трудозатраты;
- 4) проанализировать скорость выполнения работ для каждого метода;
- 5) на основе полученных данных сравнить методы монтажа и выбрать наиболее оптимальный метод, соответствующий требованиям проекта и участка строительства.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

При выборе наиболее оптимального в текущих условиях строительства метода монтажа стального каркаса многоэтажного здания следует учитывать ряд факторов: 1) прочность и долговечность конструкции; 2) стоимость ее возведения; 3) скорость выполнения работ.

Важными критериями выбора того или иного метода монтажа при любых строительных условиях являются прочность, под которой подразумевается «комплекс механических свойств, обеспечивающий

надежную и длительную работу конструкции в заданных условиях эксплуатации», и долговечность – «способность конструкции сохранять работоспособность до определенного состояния» [4]. Данные критерии особенно актуальны, если эксплуатация здания рассчитана на длительное время и/или будет осуществляться в условиях повышенной нагрузки. Некоторые методы монтажа могут обеспечить большую степень прочности и долговечности конструкции.

На современном этапе развития общества в условиях нехватки жилья возникает острая необходимость в оптимизации строительства, сокращении сроков выполнения строительных работ. Некоторые методы позволяют возвести каркасное здание достаточно быстро, что особенно актуально в условиях строительства с ограниченными сроками.

Важным критерием при выборе оптимальной конструкции в современных рыночных условиях является также стоимость работ. Разные методы монтажа характеризуются разным объемом трудозатрат и затрат на материалы. Следует учитывать тот факт, что дешевое решение не всегда эффективно и в будущем может привести к дополнительным расходам из-за низкой прочности конструкции или необходимости производства ремонтных работ.

Выбор метода монтажа металлического каркаса высотного здания зависит от размеров и конфигурации его в плане, эксплуатационных параметров и расположения монтажных кранов, условий безопасности и возможного совмещения работ, а также продолжительности возведения здания и стоимости работ.

1. Определение объемов монтажных работ

Для определения объемов работ на основании объемно-конструктивной схемы здания была составлена спецификация элементов сборных конструкций здания (табл. 1).

Таблица 1 – Спецификация элементов сборных конструкций

№ п/п	Наименование элементов	Марка элементов	Размеры, мм		Масса 1 элемента, т	К-во элементов на все здание	Суммар. масса эл-тов, т
			длина	ширина/высота			
1	Стальная сварная двутавровая балка	Б1	3 360	240 выс	0,15	324	48,6
2	Стальная сварная двутавровая колонна	К1	6 000	220 выс	0,66	192	126,72
3	Стальная сварная двутавровая колонна	К2	6 000	200 выс	0,36	32	11,52
4	Стальной сварной раскос из двутавра	Р1	4 900	250 выс	0,4	200	80
5	Стальной сварной раскос из уголков	Р1	2,46	2 шт. 70×7	0,036	64	2,33

Полученные результаты сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Ведомость объема работ

№ п/п	Наименование работ	Единица измерения	Объем работ на все здание
1	Монтаж стальной сварной двутавровой балки	шт/т	324/48,6
2	Монтаж стальной сварной двутавровой колонны К1	шт/т	192/126,72
3	Монтаж стальной сварной двутавровой колонны К2	шт/т	32/11,52
4	Монтаж стального сварного двутаврового раскоса из двутавра	шт/т	200/80
5	Монтаж стального сварного двутаврового раскоса из 2-х уголков	шт/т	64/2,33

Единицы измерения объема работ принимались в соответствии с ЕНиР [13].

2. Выбор методов производства монтажных работ

Исходя из объемно-планировочной и конструктивной характеристики здания, определены возможные варианты производства монтажных работ. При возведении данного многоэтажного жилого

здания с металлическим каркасом могут использоваться два варианта монтажа: 1) поэлементный – каждый элемент конструкции устанавливается отдельно – колонны, ригели, панели перекрытий и т. д. (рис. 2) и 2) крупноблочный – конструкции устанавливаются блоками; например, две металлические фермы соединяются связями на площадке укрупнительной сборки и затем монтируются двумя кранами (рис. 3).



Рисунок 2 – Крупноблочный монтаж металлических конструкций.

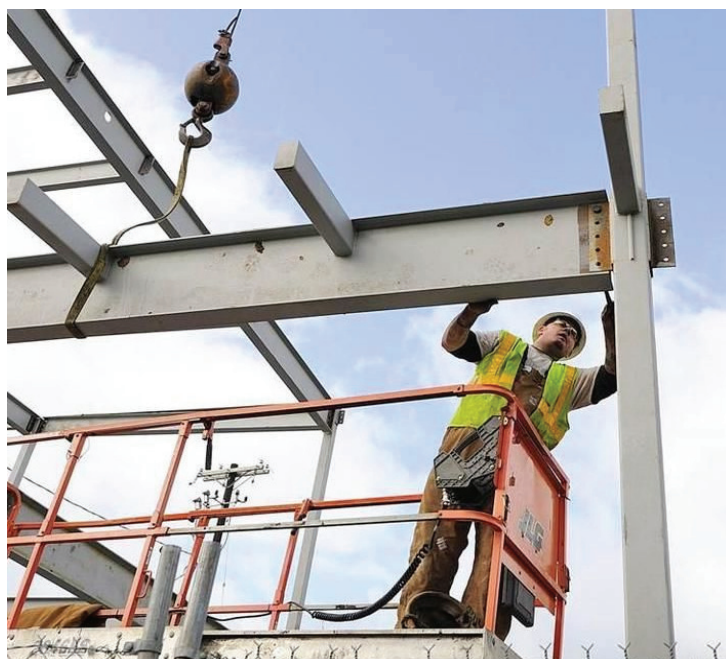


Рисунок 3 – Поэлементный монтаж металлических конструкций.

Для оценки эффективности вышеуказанных вариантов монтажа основных несущих конструкций приняты следующие показатели: трудозатраты укрупнительной сборки и монтажа; объём заработной платы; сроки монтажа.

3. Определение трудовых затрат на производство монтажа поэлементным и крупноблочным способом

Трудовые затраты и затраты времени на монтаж конструкций при возведении здания определяются в соответствии с посчитанными объемами монтажных и сопутствующих работ. Нормы времени для расчета трудоемкости работ принимают по данным ЕНиР [12].

Для расчета времени, необходимого для монтажа металлического каркаса здания одним из предложенных методов, следует подобрать комплексную бригаду с минимально допустимым количеством рабочих, выполняющих монтаж.

Для первого варианта монтажа бригада состоит из монтажников с количеством по разрядам: 6-1, 5-2, 4-3, 3-1. Итого 7 человек.

Для второго варианта монтажа каркаса бригада состоит из монтажников с количеством по разрядам: 6-1, 4-3, 3-1. Итого 5 человек.

Сроки монтажа каркаса:

1 вариант: $157 \text{ чел-ч} / 8 \text{ ч} / 7 \text{ чел} = 2,8$. Итого: для монтажа одной рамной конструкции первого варианта монтажа необходимо 2,8 смен.

2 вариант: $211 \text{ чел-ч} / 8 \text{ ч} / 5 \text{ чел} = 5,3$. Итого: для монтажа отдельных конструкций второго варианта монтажа каркаса необходимо 5,3 смен.

Полученные результаты сведем в таблицу 3.

Таблица 3 – Расчет значений показателей эффективности монтажа металлического каркаса 16-ти этажного жилого здания

Шифр норм	Наименование работ	Ед. из-м	Нормы времени		Объем работ	Трудоемкость		Расценка	Сумма ЗП	Состав звена		
			чел-ч	маш-ч		чел-ч	маш-ч			Профессия	Разряд	К-во
Первый вариант монтажа каркаса - крупноблочный												
E5-1-3, т. 2, а	Укрупнительная сборка стальных конструкций рамы (масса 1,584 т + 1,152 т)	шт.	5,75	1,15	8	46,0	9,2	6-2	49-6	Монтажники	6 5 4 3	1 1 2 1
E5-1-6, т. 1, и	Монтаж укрупненных блоков (масса 1,584 т + 1,152 т)	шт.	20,77	2,73	8	83,08	10,92	9-64	77-12	-//-	6 5 4 3	1 2 3 1
E5-1-6, т. 1, и	Монтаж несущих балок (масса 0,1654 т)	шт.	1,26	0,182	12	15,12	2,18	6-46	77-52	-//-	5 4 3	1 1 1
E5-1-6, т. 1, в	Монтаж среднего ригеля рамы (масса 1,655 т)	шт.	0,33	0,11	38	12,54	4,18	2-93	111-34	-//-	6 4 3	1 3 1
Итого						156,74	26,48		315,58			
Второй вариант монтажа каркаса – поэлементный												
E5-1-9, т. 1, а, д	Монтаж колонн (масса 2,592 т)	шт.	5,2	1,51	36	187,2	54,36	4-83	173-88	-//-	6 4 1	1 2 1
E5-1-6, т. 1, в	Монтаж балок (масса 4,710 т)	шт.	0,33	0,11	72	23,76	7,92	4-98	358-56	-//-	6 4 3	1 3 1
Итого						210,96	62,28		532,44			

4. Выбор монтажного крана

Технология монтажа металлической конструкции здания предусматривает использование монтажного крана. Выбор крана для монтажа конструкции здания осуществлялся с учетом условий производства работ, принятого способа монтажа и технико-экономических показателей. По требуемым техническим параметрам для данного объекта был подобран башенный кран Potain MC 235 В с верхним расположением противовеса. Технические характеристики используемого крана:

1. Грузоподъемность – 10 т.
2. Грузоподъемность на полном вылете – 2,05 т.
3. Высота подъема свободно стоящего крана – 59,7 м.
4. Максимальный вылет стрелы – 65 м.
5. Мощность – 74 кВт.

Для сравнения эффективности крупноблочного и поэлементного методов монтажа определим сменную производительность башенного крана.

1. Требуемую высоту подъема крюка определяем суммированием следующих величин: а) заданной высоты монтажа H , м; б) длины стропов, м; в) высоты монтируемого блока, м; г) высоты подъема груза над уровнем монтажа, которая принимается из условий техники безопасности – $=2,5...3,0$ м:

$$H_{кр} = H_{max} + H_{изд.} + L_{строп} + HР.$$

$$H_{кр} = 58 + 2,98 + 4 + 2,5 = 67,48.$$

В соответствии с характеристиками выбранного крана выбираем вылет стрелы $R = 45$ м и грузоподъемность $Q = 4,6 \cdot 9,81 = 45,13$ кН.

Коэффициент использования крана по грузоподъемности для **крупноблочного монтажа** определяем по формуле:

$$H_{ккр} = \frac{2,74 \cdot 9,81}{4,6 \cdot 9,81} = 26,88 : 45,13 = 0,595.$$

Определим последовательность технологических операций и их продолжительность.

1. Страповка монтируемого изделия – 3,5 мин.
2. Время подъема изделия до уровня монтажа – 2,26 мин.
3. Время поворота стрелы крана – 0,32 мин.
4. Перемещение крана по рельсовому пути – 2 мин.
5. Время удержания груза во время его установки, закрепления и выверки – 8 мин,
6. Время расстроповки – 1,5 мин.
7. Время на подъем крюка с грузозахватным приспособлением над уровнем монтажа – 1,5 мин.
8. Время возвратного перемещения крана на исходную позицию – 1,1 мин.
9. Время опускания крюка с грузозахватным приспособлением к месту строповки следующего изделия – 2,2 мин.

Продолжительность одного рабочего цикла крана без совмещения операций будет равна сумме продолжительностей отдельных операций:

$$t = 3,5 + 2,26 + 0,32 + 2 + 8 + 1,5 + 1,5 + 1,1 + 2,2 = 22,4 \text{ мин.}$$

Сменную производительность крана определяем по формуле:

$$\Pi = T \cdot Q \cdot H_{ккр} \cdot K_z \cdot Z,$$

- где T – продолжительность смены, ч;
 Q – грузоподъемность крана;
 $H_{ккр}$ при данном вылете стрелы;
 K_z – коэффициент использования крана по времени в течение смены; равный 0,82...0,85;
 Z – число рабочих циклов крана в час.

$$Z = 60 / 22,4 = 2,68 \text{ циклов.}$$

$$\Pi = 8 \cdot 45,13 \cdot 0,595 \cdot 0,83 \cdot 2,68 = 481,9 \text{ кН} = 48,2 \text{ т/смен.}$$

2. Коэффициент использования крана по грузоподъемности для **поэлементного монтажа** определяем по формуле:

$$H_{ккр} = \frac{0,66 \cdot 9,81}{4,6 \cdot 9,81} = 6,48 / 45,13 = 0,14.$$

Определяем последовательность технологических операций и их продолжительность.

1. Страповка монтируемого изделия – 1 мин.
2. Время подъема изделия до уровня монтажа – 2,26 мин.
3. Время поворота стрелы крана – 0,32 мин.

4. Перемещение крана по рельсовому пути – 2 мин.
5. Время удержания груза во время его установки, закрепления и выверки – 4 мин,
6. Время расстроповки – 0,5 мин.
7. Время на подъем крюка с грузозахватным приспособлением над уровнем монтажа – 1,5 мин.
8. Время возвратного перемещения крана на исходную позицию – 1,1 мин.
9. Время опускания крюка с грузозахватным приспособлением к месту строповки следующего изделия – 2,2 мин.

Продолжительность одного рабочего цикла крана без совмещения операций будет равна сумме продолжительностей отдельных операций:

$$t = 1 + 2,26 + 0,32 + 2 + 4 + 0,5 + 1,5 + 1,1 + 2,2 = 14,88 \text{ мин.}$$

Сменную производительность крана определяем по формуле:

$$П = T \cdot Q \cdot N_{\text{крп}} \cdot K_z \cdot Z,$$

- где T – продолжительность смены, ч;
 Q – грузоподъемность крана;
 $N_{\text{крп}}$, при данном вылете стрелы;
 K_z – коэффициент использования крана по времени в течение смены; равный 0,82...0,85;
 Z – число рабочих циклов крана в час.

$$Z = 60 / 14,88 = 4,03 \text{ циклов.}$$

$$П = 8 \cdot 6,48 \cdot 0,14 \cdot 0,83 \cdot 14,88 = 89,63 \text{ кН} = 8,96 \text{ т/смн.}$$

ВЫВОДЫ

Таким образом, как свидетельствуют проведенные расчеты, большей эффективностью по срокам и стоимости выполняемых монтажных работ, а также по использованию грузоподъемной техники характеризуется крупноблочный монтаж.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов, А. О. Конструктивные решения высотных зданий / А. О. Баранов. – Текст : электронный // AlfaBuild. – 2018. – № 3(5). – С. 33–51. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41226979> (дата обращения: 11.10.2023). – EDN: CYPMBH.
2. Ведяков, И. И. Стальные конструкции высотных зданий : научное издание / И. И. Ведяков, Д. В. Конин, П. Д. Одесский. – Москва : Издательство АСВ, 2014. – 272 с. – ISBN 978-5-93093-955-2. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=xvouyh> (дата обращения: 11.10.2023). – EDN: XVOYFH. – Текст : электронный.
3. Громов, И. Н. Монтаж сборных конструкций многоэтажных зданий: Монтаж сборных конструкций многоэтажных зданий : учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта по дисциплине «Технология строительного производства» для студентов специальности 1-27 01 01 «Экономика и организация производства» дневной и заочной формы обучения / И. Н. Громов, А. И. Пелюшкевич. – Минск : БИТУ, 2009. – 52 с. – ISBN 978-985-479-983-4. – Текст : непосредственный.
4. Добромислов, А. Н. Оценка надежности зданий и сооружений по внешним признакам : справочное пособие / А. Н. Добромислов. – Москва : Издательство АСВ, 2008. – 72 с. – ISBN 978-5-93093-297-2. – Текст : непосредственный.
5. Ефремян, Д. А. Конструктивные схемы высотных зданий. Достоинства и недостатки / Д. А. Ефремян, А. Ю. Сидоренко. – Текст : электронный // Аллея науки. – 2017. – Том 2, № 9. – С. 172–179. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29448617> (дата обращения: 11.10.2023). – EDN: YULALD.
6. Колчеданцев, Л. М. Особенности организационно-технологических решений при возведении высотных зданий / Л. М. Колчеданцев, И. Г. Осипенкова. – Текст : электронный // Жилищное строительство. – 2013. – № 11. – С. 17–19. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20693938> (дата обращения: 11.10.2023). – EDN: RKVZIX.
7. Кравчук, В. А. Стальной каркас одноэтажного однопролетного производственного здания : учебное пособие / В. А. Кравчук, В. А. Кравчук ; Федеральное агентство по образованию, ГОУ ВПО «Тихоокеанский государственный университет». – Хабаровск : Издательство ТОГУ, 2010. – 129 с. – ISBN 978-5-7389-0889-7. – Текст : непосредственный.
8. Колыбин, И. В. Современное высотное строительство : монография / И. В. Колыбин ; Главный редактор Н. М. Щукина. – Москва : ГУП «ИТЦ Москомархитектуры», 2007. – 440 с. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26268573> (дата обращения: 11.10.2023). – Текст : электронный. – EDN: WCVSJH.

9. Магай, А. А. Архитектурно-композиционные особенности высотных зданий / А. А. Магай. – Текст : электронный // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2015. – № 4. – С. 25–30. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25105243> (дата обращения: 11.10.2023). – EDN: VDJVIR.
10. Маклакова, Т. Г. Высотные здания. Градостроительные и архитектурно-конструктивные проблемы проектирования : монография / Т. Г. Маклакова. – изд. 2-е, доп. – Москва : Издательство АСВ, 2008. – 160 с. – ISBN 978-5-93093-465-7. – Текст : непосредственный.
11. Умаров, А. Г. Особенности высотного строительства в современном мегаполисе / А. Г. Умаров, Р. Г. Умаров, А. М. Блягоз. – Текст : электронный // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 5(65). – С. 49. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=ykvpjr> (дата обращения: 11.10.2023). – EDN: YKVPJR.
12. ЕНиР. Сборник Е4. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций. Выпуск 1. Здания и промышленные сооружения : утверждены постановлением Государственного строительного комитета СССР, Государственного комитета СССР по труду и социальным вопросам и Секретариата Всесоюзного Центрального Совета Профессиональных Союзов от 5 декабря 1986 года № 43/512/29-50 / Госстрой СССР. – Москва : Стройиздат, 1987. – 36 с. – Текст : непосредственный.
13. ЕНиР. Сборник Е5. Монтаж металлических конструкций. Выпуск 1. Здания и промышленные сооружения : утверждены постановлением Государственного строительного комитета СССР, Государственного комитета СССР по труду и социальным вопросам и Секретариата Всесоюзного Центрального Совета Профессиональных Союзов от 5 декабря 1986 года № 43/512/29-50 / Госстрой СССР. – Москва : Прейскурангиздат, 1987. – 32 с. – Текст : непосредственный.

Получена 06.11.2023

Принята 24.11.2023

ANATOLY YUGOV, STANISLAV VETROV
COMPARATIVE ANALYSIS OF MULTI-STOREY BUILDINGS STEEL FRAMES
INSTALLATION SCHEMES

FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian Federation, Makeevka

Abstract. With growth of number of storeys of multy-storey and high-rise buildings and, at the same time, emergence in the construction market of new types and designs of the construction equipment the need for the choice of efficient load-lifting mechanisms for installation of metal designs of a framework increases. Article is devoted to the comparative analysis of two methods of construction of a metal framework of 16 floor residential buildings: step-by-step and large-block, to definition of indicators of their efficiency. For assessment of efficiency of the above-stated options of installation of the main bearing structures the following indicators were accepted: labor costs of enlarging assembly and installation; salary volume; installation terms, choice of assembly devices, definition of the required technical characteristics of assembly cranes, their types and brands. As a result of a research it is established that the bigger efficiency in the parameters stated above characterizes large-block installation.

Keywords: high-rise construction, metal frame, element-by-element installation, large-block installation.

Югов Анатолий Михайлович – доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой технологии и организации строительства ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: эксплуатационная надежность зданий и сооружений из металлических конструкций, техническая диагностика строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений, технология и организация монтажа зданий и сооружений из металлических конструкций, напряженно-деформированное состояние зданий и сооружений из металлических конструкций с учетом нагрузок и воздействий в переходных состояниях, законодательное и нормативное обеспечение деятельности строительной отрасли, управление качеством в строительстве.

Ветров Станислав Дмитриевич – магистрант 2 курса кафедры технологии и организации строительства ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технология и организация монтажа металлических конструкций высотных зданий.

Yugov Anatoly – D. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Department Technology and Management in Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: operational reliability of buildings and structures made of metal structures, technical diagnostics of building structures of operated buildings and structures, technology and organization of installation of buildings and structures made of metal structures, stress-strain state of buildings and structures made of metal structures, taking into account loads and impacts in transition states, legislative and regulatory support for the construction industry, quality management in construction.

Vetrov Stanislav – 2nd year master's student, Technology and Management in Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: technology and organization of installation of metal structures of high-rise buildings.

EDN: POLSLH

УДК 692.42/.47

В. А. МАЗУР, М. А. ЧАЙКАФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевский, г. Макеевка

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ УТЕПЛЕННОГО БЕСКАРКАСНОГО СВОДЧАТОГО ПОКРЫТИЯ ИЗ СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ХОЛОДНОГНУТЫХ АРОЧНЫХ ПРОФИЛЕЙ

Аннотация. В работе проанализированы существующие конструктивные решения утепленных бескаркасных сводчатых покрытий из стальных тонкостенных холодногнутых арочных профилей и проблемы возникающие при их эксплуатации. В холодное время года образуется конденсат на внутренней поверхности профиля и в толще теплоизоляционного слоя, что значительно снижает сопротивление теплопередачи подобных конструкций и приводит к увеличению эксплуатационных затрат на отопление. В том числе, приводит к ускорению процессов коррозии профилей и к сокращению срока эксплуатации, как кровельного покрытия, так и всего здания или сооружения. Для решения отвода сконденсированной влаги предложено совершенствование конструктивного решения сводчатого покрытия утепленного методом двойной арки за счет создания вентилируемой воздушной прослойки. Выполнена технико-экономическая оценка принятых конструктивных решений утепленного бескаркасного арочного ангара, на основании которой была обоснована рациональность применения предложенного усовершенствованного конструктивного решения.

Ключевые слова: бескаркасное сводчатое покрытие, теплопотери, энергосбережение, срок окупаемости.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ И АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Проблема поиска усовершенствованного конструктивного решения бескаркасного сводчатого покрытия из стальных тонкостенных холодногнутых арочных профилей обусловлена не только требованиями «Энергетической стратегии РФ на период до 2035 года в части энергоэффективности зданий и сооружений, но и концепцией безопасности зданий и сооружений, представленной в Федеральном законе от 30.12.2009 г. № 384 – ФЗ (ред. от 02.07.2013) «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Существующие научные разработки и используемые в строительной практике конструктивно-технологические решения в области проектирования бескаркасных покрытий из стальных тонкостенных арочных профилей не в полной мере обеспечивают нормативные требования, что приводит не только к значительным теплопотерям через ограждающие конструкции подобных зданий и сооружений, но и к ускоренному износу самих тонкостенных холодногнутых арочных профилей из-за коррозии профилей.

Проблемы энергоэффективности наружных ограждающих конструкций рассматриваются в работах Л. Д. Богуславского, В. Г. Гагарина, А. С. Горшкова, В. К. Савина, W. Li, N. N. Kanga и многих других [1–10]. Учеными установлено, что оптимальным является внешнее утепление ограждающих конструкций с созданием вентилируемой воздушной прослойки для удаления конденсатной влаги.

Предложенное в работе конструктивное решение бескаркасного утепленного сводчатого покрытия из стальных тонкостенных холодногнутых арочных профилей с устройством двойной арки

© В. А. Мазур, М. А. Чайка, 2023



позволяет повысить энергоэффективность ограждающих конструкций за счет устройства теплоизоляционного слоя без сокращения их нормативного срока эксплуатации профиля за счет созданий вентилируемой воздушной прослойки.

Однако, устройство сводчатого покрытия из стальных тонкостенных холодногнутых арочных профилей способом двойной арки увеличивает единовременные затраты на начальных этапах строительства, поэтому следует произвести оценку экономической эффективности различных способов утепления бескаркасных сводчатых покрытий, используя методики расчета сроков окупаемости [9, 10] для определения показателя прогнозируемого срока окупаемости инвестиций.

Целью работы является технико-экономическое обоснование усовершенствованного конструктивного решения бескаркасного сводчатого покрытия из стальных тонкостенных холодногнутых арочных профилей, утепленного методом устройства двойной арки с вентилируемой воздушной прослойкой при сравнении сроков окупаемости применяемых методов утепления в технологии бескаркасного строительства.

Для достижения цели поставлены следующие **задачи**:

1. Проанализировать существующие конструктивные решения в зависимости от применяемых методов утепления бескаркасных сводчатых покрытий из стальных тонкостенных холодногнутых арочных профилей и проблемы, возникающие при их эксплуатации;

2. Рассчитать потери тепловой энергии (трансмиссионные потери) через 1 м² ограждающей конструкции бескаркасного сводчатого при рассматриваемых конструктивных решениях и рассчитать эксплуатационные затраты на отопление;

3. Оценить сроки окупаемости рассматриваемых конструктивных решений утепленного бескаркасного сводчатого покрытия.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В современном строительстве применяют следующие способы утепления бескаркасных сводчатых покрытий:

- внутреннее утепление методом напыления вспененного пенополиуретана;
- внутреннее утепление минераловатными плитами с устройством подвесной потолочной конструкции;
- утепление методом устройства двойной арки с заполнением минеральной ватой или пенополиуретаном;
- внешнее утепление минераловатными плитами с устройством внешней гидроизоляционной оболочки из пофнастила или ПВХ-мембраны по сборной стяжке.

Анализ отчетов компаний, занимающихся возведением сводчатых покрытий и сооружений из стальных тонкостенных холодногнутых арочных профилей, показал, что наиболее распространенным способом утепления является метод нанесения вспененного пенополиуретана на внутреннюю поверхность профиля (рис. 1, а). В результате получается невентилируемая ограждающая конструкция, имеющая неравномерную толщину утеплителя (из-за технологии вспенивания пенополиуретана) и специфический внешний вид.

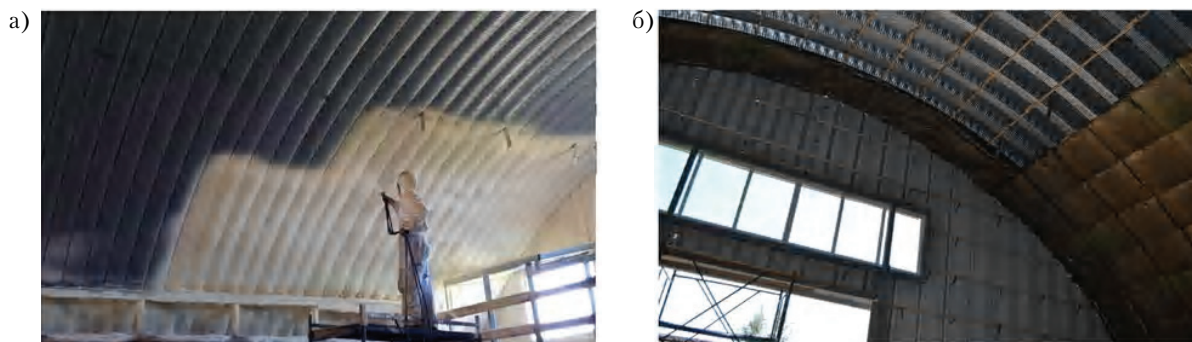


Рисунок 1 – Варианты с внутренним утеплением сводчатого покрытия: а) утепление пенополиуретаном; б) утепление минераловатными плитами.

В конструктивном решении с устройством внутреннего теплоизоляционного слоя минераловатными плитами и подвесной потолочной конструкции (рис. 1, б) воздушная вентилируемая прослойка отсутствует.

Конструктивное решение утепленных бескаркасных арочных ангаров с устройством внешнего теплоизоляционного контура из минераловатных плит и гидроизоляции из профнастила (рис. 2, б) или ПВХ-мембраны по жесткому основанию характеризуется созданием замкнутой невентилируемой воздушной прослойки.

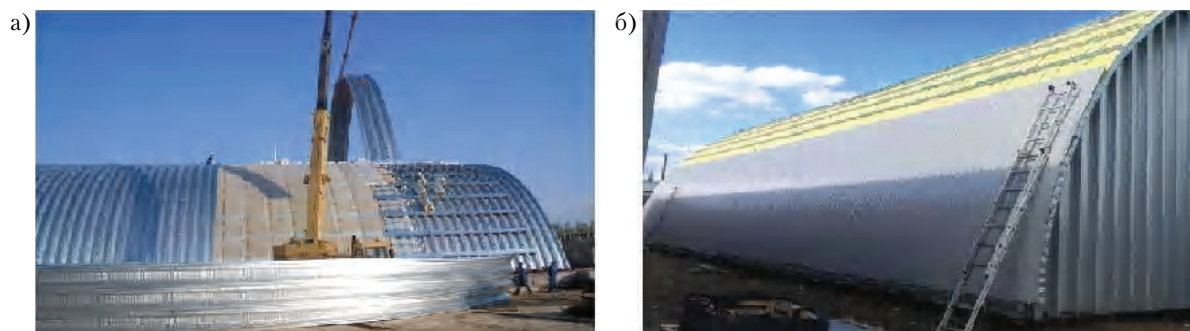


Рисунок 2 – Варианты наружного утепления бескаркасных сводчатых покрытий: а) утепление методом устройства двойной арки; б) внешнее утепление минераловатными плитами с устройством внешней гидроизоляционной оболочки.

По результатам обследований покрытий зданий и сооружений, выполненных вышеописанными способами, и анализа дефектных актов выявлены обширные области коррозионного износа стальных тонкостенных холодногнутых арочных профилей (рис. 3), возникающие вследствие образования конденсата на внутренней поверхности профиля и в толще теплоизоляционного слоя.



Рисунок 3 – Коррозионный износ стального профиля.

Известно, что коррозионные потери и скорость коррозии зависят от количества сконденсированной влаги в толще ограждающей конструкции, продолжительности нахождения конструкции во влажном состоянии и составляют от 18 мкм в год. В том числе скопление влаги в теплоизоляционном слое значительно ухудшает теплотехнические свойства утеплителя, что приводит к снижению показателей эксплуатационной надежности покрытия.

Решением проблемы отвода конденсационной влаги является усовершенствованное конструктивное решение утепленного сводчатого покрытия с устройством двойной арки из стальных тонкостенных холодногнутых арочных профилей, работающих независимо друг от друга для обеспечения устройства вентилируемой прослойки (рис. 4). В качестве теплоизоляции используется минеральная вата плотностью не менее 100 кг/м³.

При таком конструктивном решении, влага выводится свободной конвекцией потока воздуха в вентилируемой прослойке происходящей за счет разности давления создаваемой вентиляционными отверстиями в пониженной и коньковой зонах покрытия.

В качестве объекта исследования принята наружная ограждающая конструкция арочного ангара из стальных тонкостенных холодногнутых арочных профилей входящего в состав авиационно-технических баз авиации при трех методах утепления (рис. 5):

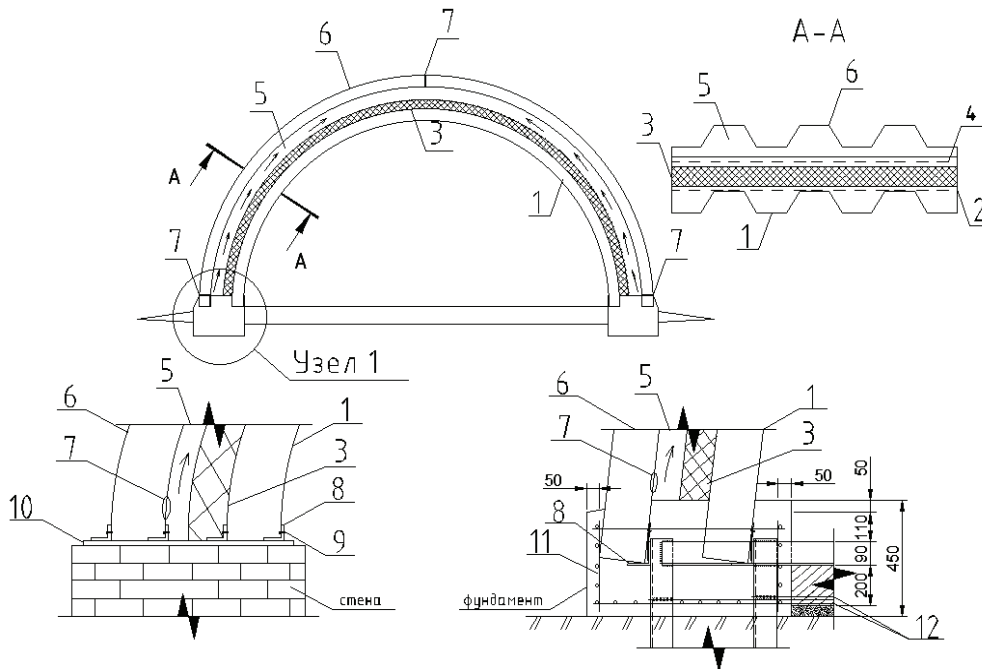


Рисунок 4 – Конструктивное решение сводчатого покрытия, выполненное методом устройства двойной арки из стальных тонкостенных арочных профилей: 1, 6 – нижняя, верхняя арка; 2 – пароизоляция; 3 – утеплитель; 4 – супердиффузионная мембрана; 5 – воздушная вентилируемая прослойка; 7 – вентиляционное отверстие; 8 – уголок; 9 – крепления на саморезах; 10 – опорная пластина; 11 – арматурная сетка; 12 – затяжка.

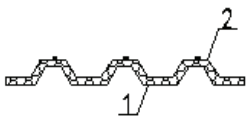
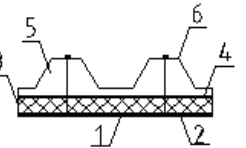
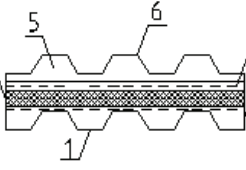
№	Вариант конструктивного решения утепленного арочного ангара	Описание
1		Однослойное сводчатое покрытие. Внутреннее утепление методом напыления вспененного пенополиуретана: 1-пенополиуретан; 2-арочный профиль
2		Однослойное сводчатое покрытие. Внутреннее утепление минераловатными плитами с устройством подвешенной потолочной конструкции: 1-профнастил; 2-пароизоляция; 3- минвата; 4-ветро-, гидрозащита; 5-вентилируемая воздушная прослойка; 6-арочный профиль
3		Двухслойное сводчатое покрытие. Утепление методом устройства двойной арки из стальных тонкостенных холодногнутых арочных профилей работающих независимо друг от друга для обеспечения устройства вентилируемой воздушной прослойки: 1,6-нижний, верхний арочный профиль; 2-пароиз.-антиконденсационная пленка; 3- минвата плотностью не менее 100кг/м3; 4-супердиффузная мембрана; 5-вентилируемая воздушная прослойка;

Рисунок 5 – Варианты конструктивного решения утепленного бескаркасного арочного ангара.

1. Внутреннее утепление методом напыления пенополиуретана;
2. Внутреннее утепление минераловатными плитами с устройством подвесной потолочной конструкции;
3. Утепление методом устройства двойной арки с заполнением минеральной ватой с устройством вентилируемой воздушной прослойкой.

Геометрические размеры ангара в работе не представлены, так как в данной работе эксплуатационные потери тепловой энергии и капитальные затраты рассчитываются на 1 м^2 утепленной наружной ограждающей конструкции.

Расчетные климатические параметры приняты согласно СП 131.13330 «Строительная климатология» [11] для г. Ростов-на-Дону. Расчетные теплотехнические показатели строительных материалов и изделий приняты согласно «приложению Т» СП 50.13330 [12] учитывая условия эксплуатации конструкций. Согласно нормативных требований базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче покрытий зданий и сооружений расположенных на территории Ростовской области составляет, г. Ростов-на-Дону $R_0^{\text{тп}} = 3,001, \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$.

Средние потери тепловой энергии через 1 м^2 ограждающую конструкцию и стоимость эксплуатационных затрат за один отопительный период определялись согласно методике представленной в работах [9, 10]. Величины тарифов приняты в зависимости от вида системы теплоснабжения для Ростова-на-Дону актуальные на 2023 год. Результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Эксплуатационные затраты

Расчетный показатель	Виды систем теплоснабжения	Вариант конструктивного решения			
		Вариант базовый	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
1	2	3	4	5	6
Эксплуатационные затраты на компенсацию потерь тепловой энергии через 1 м^2 конструкции Δ , руб/год	Электрическое теплоснабжение	1 776,41	93,56	92,7	90,38
	Централизованное отопление	1 120,23	59	58,46	57
Величина уменьшения эксплуатационных затрат при выбранном методе утепления по сравнению с базовым неутепленным вариантом $\Delta\Delta$, руб/год	Электрическое теплоснабжение	–	1 682,86	1 683,72	1 686,03
	Централизованное отопление	–	1 061,24	1 061,78	1 063,24
Толщина утеплителя $\delta_{\text{тп}}$, мм		–	117	130	120

Расчет прогнозируемых сроков окупаемости инвестиций направленных на возведение утепленного бескаркасного сводчатого покрытия с принятым конструктивным решением используется метод приведенных затрат [9].

Необходимо отметить, что простой (бездисконтный) срок окупаемости является лишь оценочным, так как не учитывает рост тарифов на тепловую энергию, рост процентов по кредиту в случае использования заемных средств и не учитывает дискредитирование будущих денежных потоков достигаемых за счет уменьшения эксплуатационных потерь. Указанные факторы учитываются при определении сроков сложной окупаемости.

В данной работе при определении срока сложной окупаемости приняты: в качестве меры дисконтирования – величина ключевой ставки Центрального Банка РФ, согласно решению совета директоров Банка России от 15 сентября 2023 года ключевая ставка установлена на уровне 13 % годовых; средний ежегодный рост стоимости тарифов составляет 15 %; для выполнения работ используются заемные средства предоставленные банком под 17,8 % годовых, кредит взят на 1 год. Капитальные затраты определены согласно калькуляций составленных на основании фактических объемов монтажных и вспомогательных работ, исходя из наличия отдельных видов простых процессов и операций необходимых при рассматриваемых методах утепления. С учетом фонда заработной платы, стоимости материалов, эксплуатации машин и механизмов, с использованием соответствующих сборников государственных элементных сметных норм (ГЭСН), и применением индексов пересчёта в цены текущего года. Результаты расчета представлены в таблице 2. Капитальные затраты на возведение неутепленного ангара составляют 3241,12 руб./м².

Таблица 2 – Прогнозируемые строки окупаемости

Расчетный показатель	Виды систем теплоснабжения	Вариант конструктивного решения		
		Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
		Однослойное сводчатое покрытие с внутренним утеплением методом напыления ППУ	Однослойное сводчатое покрытие с внутренним утеплением с устройством подвесной потолочной конструкцией	Двухслойное сводчатое покрытие утепленное методом устройства двойной арки с вентилируемой воздушно прослойкой
1	2	5	6	6
Капитальные затраты К, руб/м ²	Электрическое теплоснабжение	8 522,31	5 182,67	6 279,5
	Централизованное отопление			
Разница капитальных затрат ΔК, руб/м ²	Электрическое теплоснабжение	5 281,19	1 941,55	3 038,38
	Централизованное отопление			
Капитальные затраты при аннуитетных ежемесячных платежах ΔК̄, руб/м ²	Электрическое теплоснабжение	7 233,02	2 143,6	3 389,9
	Централизованное отопление			
Разница эксплуатационных затрат ΔЭ, руб/м ² год	Электрическое теплоснабжение	1 683,72	1 686,03	1 686,03
	Централизованное отопление	1 061,78	1 063,24	1 063,24
Бездисконтный срок окупаемости Т, год	Электрическое теплоснабжение	3,14	1,15	1,80
	Централизованное отопление	4,98	1,83	2,86
Дисконтированный срок окупаемости Т, год	Электрическое теплоснабжение	3,38	1,27	1,97
	Централизованное отопление	5,27	1,99	3,09

В зависимости от принятого конструктивного решения удельная трудоемкость строительства утепленного бескаркасного арочного ангара составляет: при однослойном сводчатом покрытии с внутренним утеплением методом напыления пенополиуретана – 0,43 чел.-дн./м²; при однослойном сводчатом покрытии с внутренним утеплением с устройством подвесной потолочной конструкции –

0,30 чел.-дн./м²; при двухслойном сводчатом покрытии утепленным методом устройства двойной арки с вентилируемой воздушной прослойкой – 0,30 чел.-дн./м².

На рисунке 6 представлены сравнительные гистограммы капитальных вложений и оценочной окупаемости строительства утепленного бескаркасного арочного ангара при применении различных конструктивных решений.

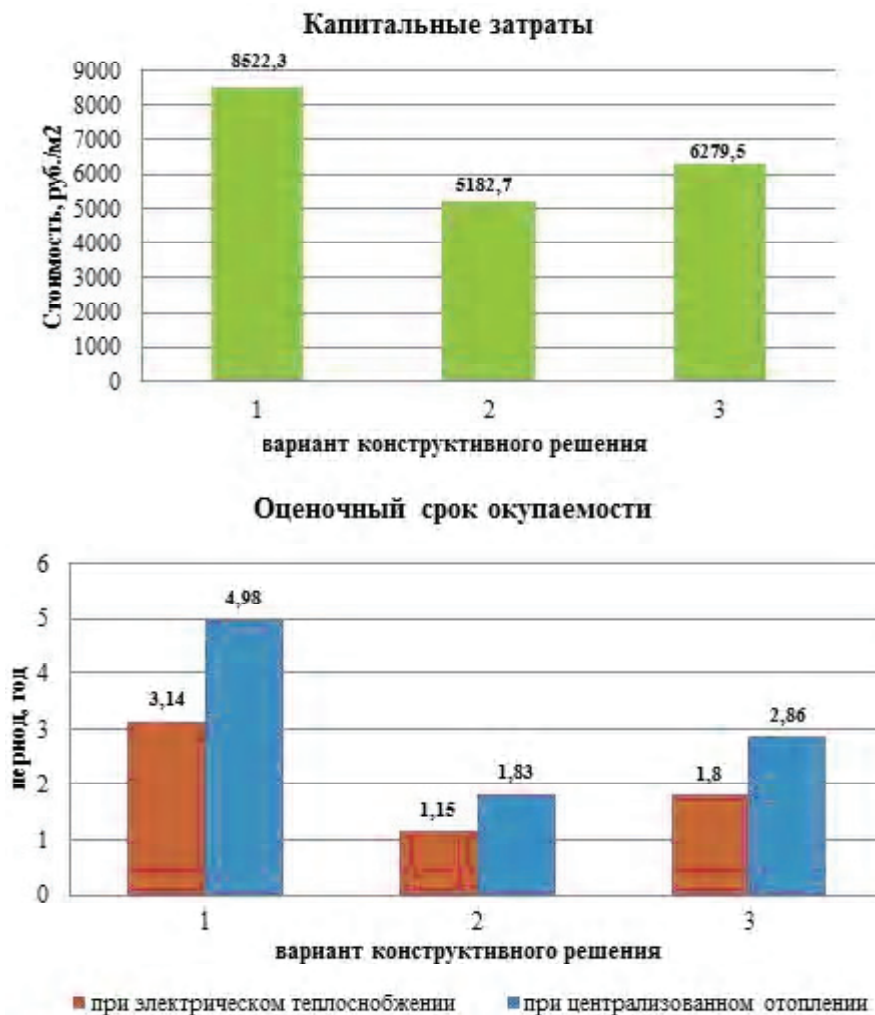


Рисунок 6 – Сравнительные гистограммы капитальных вложений и оценочной окупаемости при разных конструктивных решениях утепленного арочного ангара: 1 – однослойное сводчатое покрытие с внутренним утеплением методом напыления пенополиуретана; 2 – однослойное сводчатое покрытие с внутреннее утепление с устройством подвесной потолочной конструкцией; 3-двухслойное сводчатое покрытие утепленное методом устройства двойной арки с вентилируемой воздушно прослойкой.

Согласно представленным данным (табл. 2) максимальный дисконтированный (сложный) срок окупаемости при энергосберегающих мероприятиях сводчатого покрытия из стальных тонкостенных холодногнутых арочных профилей оказывается при внутреннем утеплении метод нанесения вспененного пенополиуретана и составляет менее 5,5 лет.

Минимальный дисконтированный срок окупаемости не более 2-х лет оказывается при внутреннем утеплении минераловатными плитами методом устройства подвесной потолочной конструкции. Однако при таком методе утепления элементы крепления подвесной конструкции подвергаются воздействиям различных температур, что вызывает неравномерную деформацию металлических элементов. В том числе в толще утеплителя и на поверхности арочных профилей образуется конденсат, что приводит к снижению сопротивления теплопроводности, следовательно, и к увеличению эксплуатационных затрат.

На основании вышеизложенного с учетом рассчитанной окупаемостью, которая не превышает 3,1 лет, наиболее эффективным решением утепления является метод устройства двойной арки с заполнением минеральной ватой с вентилируемой воздушной прослойкой, за счет которой решается проблема отвода конденсационной влаги.

При таком конструктивном решении эксплуатационные затраты на компенсацию потерь тепловой энергии через 1 м² конструкции в зависимости от вида системы теплоснабжения и в соответствии с тарифными ставками для Ростовской области не превышают:

- при централизованном отоплении – 50 рублей в год;
- при электрическом теплоснабжении – 90,38 рублей в год.

По сравнению с базовым неутепленным вариантом предложенное усовершенствованное конструктивное решение после первого отопительного периода позволит сэкономить:

- при централизованном отоплении – 1 063,24 рублей;
- при электрическом теплоснабжении – 1 686,03 рублей.

Капитальные затраты на возведение утепленного арочного ангара возведенного методом устройства двойной арки с вентилируемой прослойкой толщиной 50 мм составит 3 081,26 рублей/м².

Оценочный срок окупаемости за счет уменьшения эксплуатационных затрат на отопление составит:

- при централизованном отоплении – менее 3-х лет;
- при электрическом теплоснабжении – менее 2-х лет.

Удельная трудоемкость работ при строительстве утепленного бескаркасного арочного ангара с применением рассматриваемого конструктивного решения составит 0,30 чел.-дн./м².

ОСНОВНОЙ ВЫВОД

Сравнение технико-экономических показателей рассматриваемых конструктивных решений утепленного бескаркасного арочного ангара показало рациональность применения предложенного усовершенствованного конструктивного решения. Установлено, что большие единовременные затраты на устройство покрытий методом устройства двойной арки с вентилируемой воздушной прослойкой окупятся оценочно менее чем через 3 года за счет сокращения эксплуатационных затрат компенсирующих потери тепловой энергии через 1 м² конструкции. Предполагаемый удельный экономический эффект в зависимости от вида системы теплоснабжения составит от 1 063,24 до 1 686,23 руб/ м²-год.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богуславский, Л. Д. Снижение расхода энергии при работе систем отопления и вентиляции / Л. Д. Богуславский. – Москва : Стройиздат, 1985. – 336 с. – Текст : непосредственный.
2. Клиндух, Н. Ю. Энергосбережение зданий на основе совершенствования и развития новых конструктивных схем навесных фасадных систем / Н. Ю. Клиндух, А. В. Терешкова, О. Шамова. – Текст : непосредственный // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири. – 2012. – Том 2. – С. 178–181.
3. Савин, В. К. Строительная физика: энергоперенос, энергоэффективность, энергосбережение / В. К. Савин. – Москва : Издательство Лазурь, 2005. – 432 с. – Текст : непосредственный.
4. Савин, В. К. Энергоэффективность наружных конструкций зданий / В. К. Савин. – Текст : непосредственный // Энергосбережение. – 2002. – № 6. – С. 63–65.
5. Гагарин, В. Г. Экономический анализ повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий / В. Г. Гагарин. – Текст : непосредственный // Строительные материалы. – 2008. – № 8. – С. 41–47.
6. Табунщиков, Ю. А. Оценка экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие технологии / Ю. А. Табунщиков, Н. В. Шилкин. – Текст : непосредственный. – АВОК. – 2005. – № 7. – С. 10–21.
7. Горшков, А. С. Окупаемость инвестиций в реновацию фасадов зданий с учетом технологических и экономических факторов / А. С. Горшков, П. П. Рымкевич. – Текст : непосредственный // Энергонадзор-информ. – 2013. – № 4. – С. 32–35.
8. Kanga, Na. Na. The energy-saving effects of apartment residents' awareness and behavior / Na. Na. Kanga, Sung Heui Cho, Jeong Tai Kimb // Energy and Buildings. – 2012. – Volume 46. – P. 112–122.
9. Техничко-экономическое обоснование мероприятий по утеплению ограждающих конструкций частного жилого дома / Д. В. Немова, Н. И. Ватин, А. С. Горшков [и др.]. – Текст : непосредственный // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – № 8 (23). – С. 93–115.
10. Горшков, А. С. Методика и пример расчета окупаемости инвестиций при реализации энергосберегающих мероприятий в строительстве / А. С. Горшков, П. П. Рымкевич. – Текст : непосредственный // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2014. – № 9 (188). – С. 40–45.

11. СП 131.13330.2020. Строительная климатология = Building climatology : издание официальное : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24 декабря 2020 г. N 859/пр и введен в действие с 25 июня 2021 г. : актуализированная редакция СНиП 23-01-99* : дата введения 2021-06-25 / исполнители Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН) при участии Федерального государственного бюджетного учреждения «Главная геофизическая обсерватория имени А. И. Воейкова». – Москва : Минстрой России, 2020. – 114 с. – Текст : непосредственный.
12. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий = Thermal performance of the buildings : издание официальное : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 30 июня 2012 г. N 265 и введен в действие с 1 июля 2013 г. : актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 : дата введения 2013-07-01 / исполнители Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН). – Москва : Минстрой России, 2022. – 92 с. – Текст : непосредственный.

Получена 14.11.2023

Принята 24.11.2023

VICTORIIA MAZUR, MARIA CHAYKA
FEASIBILITY STUDY OF AN IMPROVED DESIGN SOLUTION OF INSULATED
FRAMELESS VAULTED COVERING MADE OF THIN-WALLED COLD-CURVED
ARCHED STEEL PROFILES

FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian Federation, Makeevka

Abstract. The paper analyzes the existing design solutions of insulated frameless vaulted coverings made of thin-walled steel cold-curved arch profiles and the problems arising during their operation. In the cold season, condensation forms on the inner surface of the profile and in the thickness of the thermal insulation layer, which significantly reduces the heat transfer resistance of such structures and leads to an increase in operating costs for heating. In particular, it leads to an acceleration of the corrosion processes of profiles and to a reduction in the service life of both the roofing and the entire building or structure. To solve the removal of condensed moisture, it is proposed to improve the design solution of the vaulted coating insulated by the double arch method by creating a ventilated air layer. The technical and economic assessment of the adopted design solutions of the insulated frameless arched hangar was carried out, on the basis of which the rationality of the application of the proposed improved design solution was justified.

Keywords: frameless vaulted coating, heat loss, energy saving, payback period.

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

Чайка Мария Александровна – ассистент кафедры технологии и организации строительства ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: совершенствование конструктивных решений утепленных металлических бескаркасных покрытий.

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

Chayka Maria – Assistant, Technology and Management in Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: improvement of design solutions of insulated metal frameless coatings.

EDN: RIYVET

УДК 692.5:69.059.7

В. В. ТАРАН, Т. Н. КУЦЕНКО, М. Г. БАТАРОНФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевский, г. Макеевка

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ВОЗВЕДЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ БЕСКАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ

Аннотация. Материал статьи основывается на теоретическом анализе опыта устройства пустот в монолитных плитах перекрытий. Монолитные системы более гибки в сравнении с возведением сборных конструкций и могут быть использованы при ремонте и реконструкции различных зданий сложной формы в плане и различной высоты этажа. Применение монолитного железобетона позволяет оптимизировать конструктивно-технологические решения конструкций и объектов. При ремонте и реконструкции зданий необходимо произвести анализ конструктивных решений монолитных плит перекрытий для выбора рационального технологического способа их возведения. В данной статье рассмотрены различные варианты устройства монолитных перекрытий и приведен их сравнительный анализ по основным технологическим критериям: материалоемкости и трудоемкости. Представлен общий технологический процесс устройства монолитных плит перекрытий с пустотами при возведении бескаркасных зданий. Дано описание пустообразователей с учетом их формы, размеров, материала, что позволяет принять решение по выбору варианта устройства перекрытия при реконструкции здания.

Ключевые слова: монолитное перекрытие, пустообразователи, реконструкция, материалоемкость, трудоемкость.

ВВЕДЕНИЕ

Основными конструктивными элементами бескаркасных зданий являются фундаменты, стены, перекрытия и покрытия. Стоимость перекрытий обычно составляет около 50...60 % от общей стоимости многоэтажного жилого дома.

Своевременное обследование технического состояния здания позволяет выявить возникшие повреждения конструкций и сделать вывод о необходимости выполнения мероприятий по устранению обнаруженных недостатков. В соответствии с требованиями современных действующих нормативных документов возможно принятие следующих решений: модернизация здания или его снос, застройка, обстройка, надстройка нескольких этажей, переустройство с целью частичного или полного изменения функционального назначения, установка нового эффективного оборудования, повышение эксплуатационных свойств отдельных конструкций и здания в целом.

При проектировании технологии выполнения работ по реконструкции зданий, особенно сложной формы в плане и при различной высоте этажа при устройстве новых или замене поврежденных перекрытий, чаще всего рассматриваются варианты с возведением монолитных перекрытий, т. к. устройство монолитных систем является более гибким процессом по сравнению с процессами монтажа сборных железобетонных конструкций. Использовать стандартные сборные железобетонные плиты перекрытий сложно, а зачастую, и невозможно при реконструкции зданий. Особенно сложно организовать технологический процесс замены перекрытий в средней части мало- и многоэтажных зданий. В то же время, устройство сплошных монолитных перекрытий значительно повышает нагрузку на существующие конструкции здания. Для снижения веса конструкции монолитного перекрытия, как и при изготовлении сборных железобетонных плит, в среднюю зону плиты вводятся закладные материалы, формирующие пустоты.

© В. В. Таран, Т. Н. Куценко, М. Г. Батарон, 2023



АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Техническое состояние перекрытий является одним из основных факторов, на основании которого делается вывод о необходимости проведения реконструкции жилых и гражданских зданий [1]. Замена перекрытий является наиболее дорогостоящим (до 20 % суммы единовременных затрат на реконструкцию) и трудоемким (до 50 % суммарных трудозатрат) видом ремонта.

Выбор и обоснование рациональных методов и технологических решений по замене перекрытий необходимо осуществлять с учетом обеспечения пространственной жесткости и устойчивости здания на каждом этапе работы. С этой целью в комплексе рассматриваются объемно-планировочные, конструктивные решения и техническое состояние здания. При этом необходимо учитывать совместную работу реконструируемого перекрытия и остова здания как в период выполнения строительных работ, так и при последующей эксплуатации здания.

В России, Германии, Китае, Италии, Великобритании возведены и реконструированы здания с применением монолитных перекрытий с легкими вкладышами в средней зоне [2, 3, 4].

ЦЕЛИ

При проектировании технологии и организации работ по реконструкции зданий особое внимание должно уделяться факторам, способствующим снижению материалоемкости конструкций и затрат труда, что в конечном итоге должно уменьшить стоимость не только строительных конструкций, но и выполняемых работ. Применение прогрессивных технологий изготовления и монтажа, уменьшение массы конструкций без потери их несущей способности, надежности и долговечности, а также других эксплуатационных свойств является одним из направлений повышения эффективности строительства.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В данной работе рассматривается вопрос реконструкции, основными задачами которой являются:

- увеличение срока жизненного цикла здания;
- повышение потребительского уровня и качества реконструируемого комплекса;
- инженерное переоборудование объекта с целью повышения комфорта.

При проектировании работ по восстановлению, усилению или замене перекрытий необходимо придерживаться основных тенденций в строительстве, которые характеризуются:

- 1) максимально возможной индустриализацией ремонтно-строительных работ, в частности, применение конструкций с высокой степенью заводской готовности;
- 2) переходом на более долговечные и огнестойкие материалы, используемые при изготовлении плит перекрытий;
- 3) применением при устройстве перекрытий современных грузоподъемных механизмов.

Технологические процессы по восстановлению, усилению или замене перекрытий связаны с наличием определенных негативных факторов:

- 1) невозможно обеспечить высокий уровень механизации работ;
- 2) выполнение работ производится в условиях стесненного фронта, ограниченного сохраняемыми конструкциями перекрытий и стенами;
- 3) высокая трудоемкость комплекса подготовительных работ (пробивка штраб, гнезд, борозд в несменяемых конструкциях здания);
- 4) устранение погрешностей, возникающих при обследовании здания (например, при определении проектных размеров деталей, конструкций, элементов), и соответственно, существующих в проекте производства работ приводят к необходимости срубки (срезки) фрагментов конструктивных элементов, устройства монолитных вставок и перебивки гнезд, борозд и пр., что увеличивает сложность выполнения операций и повышает их трудоемкость.

Возведение монолитных перекрытий при реконструкции бескаркасных зданий актуально, т. к. позволяет максимально механизировать работы в условиях стесненности их выполнения. Как показывает отечественный и зарубежный опыт, возможно в условиях строительной площадки уменьшить вес монолитного диска перекрытия путем введения закладных материалов, формирующих пустоты.

Изменение сечения перекрытия путём введения различных вкладышей (или образования пустот) не снижает его несущей способности и создает определенные преимущества: снижается собственный вес перекрытия, увеличивается жесткость плиты при изгибе и уменьшаются показатели по материалоемкости (сокращается расход бетона и арматуры).

Варианты снижения собственного веса монолитных перекрытий зданий в условиях строительной площадки следующие:

- 1) при устройстве монолитных перекрытий сплошного сечения:
 - применение бетона с меньшей плотностью;
 - предварительное напряжение арматуры;
 - повышение статической неопределимости конструкции, ввод дополнительных опор;
 - создание строительного подъема в конструкции перекрытия;
- 2) при изменении приведенного сечения монолитного перекрытия:
 - устройство кессонных ребристых перекрытий;
 - устройство перекрытий с вкладышами, имеющими форму в виде шара, цилиндра, параллелепипеда, шестигранника, куба или сложного очертания;
 - применение извлекаемых вкладышей с использованием воздухо- и водонаполненные форм, складных сердечников, труб;
 - применение неизвлекаемых вкладышей из легкого бетона, пенополистирола, пластика, картонных изделий или других материалов.

При изменении приведенного сечения перекрытия в первом варианте меняется вид и форма опалубки (для ребристых, кессонных перекрытий), а во втором – вводятся легкие вкладыши. Для обоих вариантов характерны значительная экономия материалов (более 20 %) и увеличение жесткости перекрытия, но вместе с тем увеличивается удельная трудоемкость устройства 1 м² перекрытия.

Введение пустот приводит к увеличению жесткости плиты при изгибе, снижению собственного веса, и уменьшению основных конструктивных показателей – объема (массы) бетона и арматуры. Для образования пустот используют закладные материалы в виде труб, шаров, сфер, перевернутых колпаков, полнотелых и пустотелых призм из легких материалов (ячеистых бетонов, пиленых блоков туфа, пенополистирола, пластика). Форма и размеры пустотообразователей выбираются по конструктивным и технологическим требованиям в соответствии с размерами плиты и ее толщины. Возведение кессонных перекрытий также позволяет снизить материалоемкость, однако данная конструктивная форма имеет большой минус, так как в ней нет ровной нижней поверхности перекрытия, что не удовлетворяет эстетическим требованиям при возведении жилых и офисных помещений. Этот недостаток можно нивелировать устройством различных видов подвесных потолков, но это приводит к снижению высоты помещения и увеличению стоимости здания.

Монолитные сплошные плиты перекрытий представляют собой монолитную конструкцию преимущественно одинаковой толщины и развитую в плане здания.

Важным технологическим элементом являются фиксаторы положения арматуры в теле плиты. При армировании плит отдельные стержни соединяют (фиксируют) вязальной проволокой, что обеспечивает неизменное положение арматуры при бетонировании [5].

Общий вид монолитной безбалочной плиты перекрытия в разрезе приведен на рис. 1.

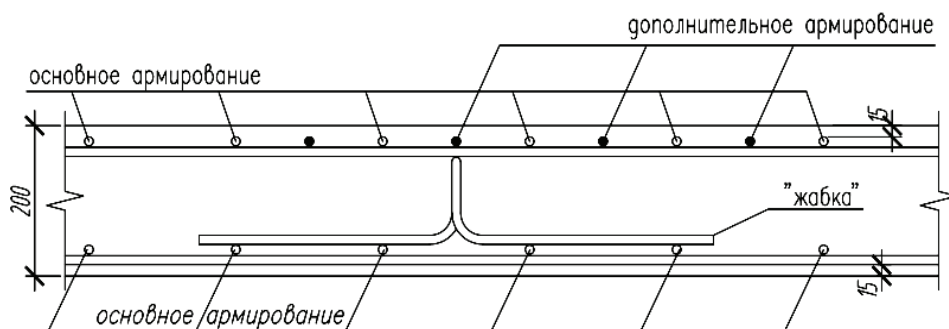


Рисунок 1 – Характерное поперечное сечение монолитной безбалочной плиты перекрытия.

Бетонная смесь укладывается горизонтальными слоями одинаковой толщины без разрывов с соблюдением одного направления укладки для всех слоев. Толщина укладываемого слоя зависит от степени армирования конструкции и применяемых средств уплотнения. В процессе укладки бетонной смеси следует исключать ее расслаивание при свободном падении на арматурные стержни, металлические каркасы или другие детали, применяя оборудование для непосредственной подачи

бетонной смеси к месту укладки без использования дополнительных приспособлений (желобов, лотков, тачек). При этом максимально допустимая высота свободного сбрасывания смеси в опалубку перекрытий не должна превышать 1 м.

Процессы подачи и распределения бетонной смеси должны предусматривать ее доставку от места выгрузки на строительной площадке до места укладки в опалубку монолитной плиты перекрытия с минимальными затратами. Монтаж опалубки, армирование, сопутствующие работы подчиняются интенсивности (темпу) бетонирования.

После укладки бетонной смеси начинается сложный физико-химический процесс твердения бетона, при котором цемент во взаимодействии с водой образует прочные монолитные соединения. Для обеспечения твердения бетона и набора его прочности в заданные сроки необходимо осуществлять мероприятия по уходу за бетоном: увлажнение и укрытие бетона в летних условиях, прогрев (обогрев) и укрытие в зимнее время.

Распалубливание забетонированных конструкций является одним из основных видов опалубочных работ. Опалубку незагруженных монолитных конструкций горизонтальных и наклонных пролетом до 6 м снимают при прочности бетона не менее 70 %, а опалубку конструкций пролетов свыше 6 м – не менее 80 %. Движение людей по забетонированным конструкциям и установка опалубки для возведения вышележащих конструкций допускается после достижения бетоном прочности не менее 1,5 МПа [6].

При опирании плиты на стены возникает необходимость анкерной продольной арматуры. Решением этой проблемы являются несколько конструктивных приемов. Первый и самый распространенный – увеличение длины анкеруемого стержня за счет его загиба, как правило, вниз вокруг арматурного стержня, расположенного в ортогональном направлении. Другим методом анкерной арматуры является устройство анкерных конструкций – обсадных головок, анкерных пластин, сварка с арматурными стержнями (не менее двух), расположенными в ортогональном направлении.

Монолитные плиты перекрытия со скрытыми пустотами – исторически наиболее поздняя конструкция безбалочного перекрытия, имеющего малую материалоемкость. В нейтральной зоне плиты тяжелый бетон заменен легким материалом – газобетоном, пенополистиролом, воздухом в полиэтиленовой оболочке, воздухом в картонной оболочке и др. Наличие различных заменителей тяжелого бетона в сечении перекрытия порождает множество конструктивных решений по применению того или иного закладного материала.

Технологический процесс устройства монолитных плит перекрытия со скрытыми пустотами на первом и завершающем этапах идентичен устройству монолитного сплошного перекрытия: монтаж опалубки, обработка эмульсией поверхности опалубки, раскладка нижней арматурной сетки и фиксаторов для устройства защитного слоя бетона, мероприятия по уходу за бетоном и процесс распалубливания. Бетонирование перекрытия выполняется без перерыва за один прием в один слой с уплотнением бетонной смеси вибраторами после установки и надежного закрепления закладных материалов от всплытия и смещения, а также верхней арматурной сетки и каркасов. Уплотнение бетонной смеси производится очень осторожно между закладными материалами, предотвращая их смещение, повреждение и разрушение.

Отличительной особенностью *монолитного перекрытия с цилиндрическими пустотами* является применение легких труб в качестве закладных материалов (пустот). Трубы изготавливаются из кровельной жести, полиэтилена, влагостойкого картона, пропитанного гидрофобным составом, и имеют закрытые торцы. Длина труб равна длине пролета плиты перекрытия за вычетом толщины окаймляющей балки. Трубы укладываются в среднюю часть плиты перекрытия по верху нижнего ее армирования в условные ячейки, сформированные монолитными балками в пределах толщины плиты [7]. Указанные монолитные балки объединяются с опорными конструкциями (стенами). Принципиальная схема плиты перекрытия с цилиндрическими пустотами приведена на рис. 2.

Монолитные плоские плиты с применением пластмассовых полых сфер также разработаны с целью снижения собственного веса перекрытия. Пластмассовые сферы фиксируются специально спроектированным пространственным арматурным каркасом, который изготавливается совместно с пустотообразователями в заводских условиях, т. е. на строительную площадку подается уже готовый блок [3]. Принципиально схема установки сферического закладного материала, выполненного в виде эллипса, шара из полиэтилена, идентична схеме установки труб (рис. 2).

Примером возведения монолитных перекрытий с пустотообразующими шарами и эллипсоидами (рис. 3) является технология Sobiax® (Швейцария) [8].

Монолитные перекрытия со сферическими закладными материалами не имеют фиксированной ориентации пустот, не требуют квадратной или прямоугольной формы плиты, что, безусловно,

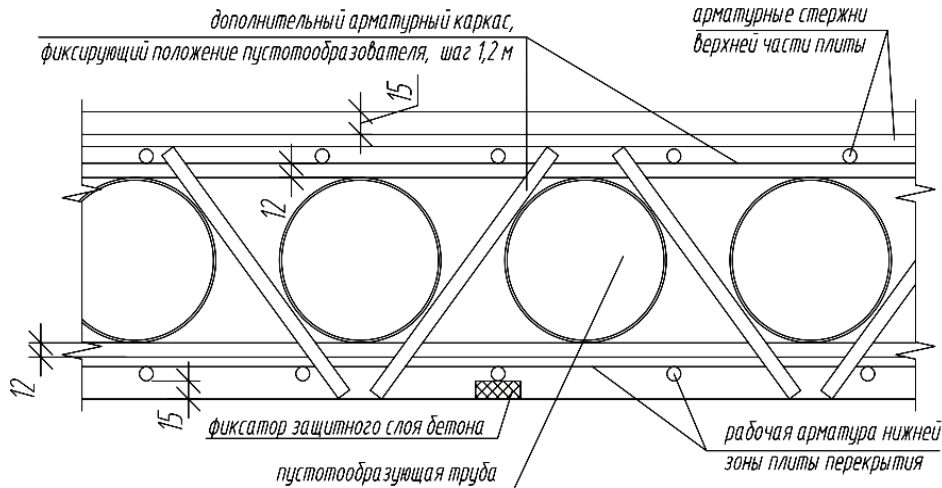


Рисунок 2 – Конструктивная схема плоского монолитного перекрытия с цилиндрическими пустотами (разрез).

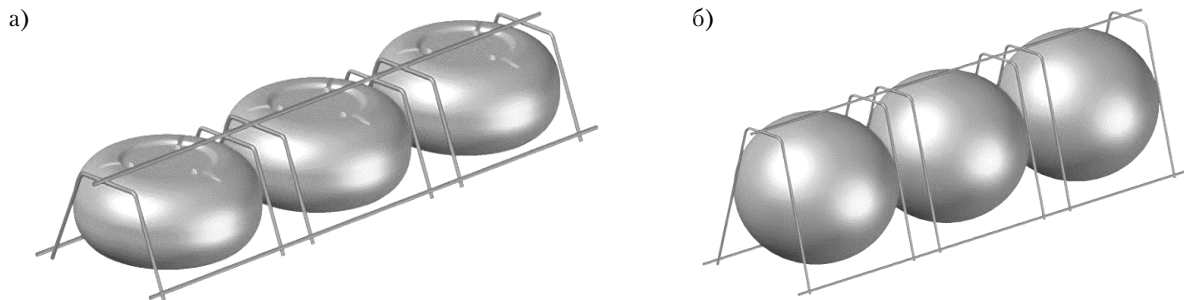


Рисунок 3 – Модули пустотелых элементов Sobiax в виде эллипсоидов (а) и шаров (б).

является достоинством по сравнению с предыдущим типом монолитного перекрытия с цилиндрическими пустотами.

Основной недостаток рассмотренного типа монолитного плоского перекрытия со сферическими закладными материалами – резкое увеличение многодетальности и, соответственно, увеличение затрат труда, что делает такую конструкцию малоэффективной. На строительной площадке допустима только комбинация заготовленных в заводских условиях блоков со сферами фиксированных размеров.

Возведение монолитных плит перекрытия с пустотами из перевернутых колпаков эффективно при большой толщине плиты перекрытия. Закладные элементы в виде перевернутых колпаков устанавливаются непосредственно на арматурные стержни нижнего ряда армирования плиты [4]. За счет открытой нижней части бетонная смесь проникает внутрь колпаков, образуя защитный слой бетона для нижней арматуры со стороны пустоты, тем самым обеспечивая совместную работу арматуры и бетона. Перевернутые колпаки выполняют также функцию фиксатора положения верхнего армирования плиты (рис. 4).

Конструкция перекрытия имеет одинаковую прочность нормального сечения и жесткость при изгибе в ортогональных направлениях при одинаковом армировании в указанных направлениях.

Закладные элементы укладываются по сетке нижнего армирования непосредственно на строительной площадке и не требуют дополнительных заготовительных или подготовительных операций. Наиболее эффективным является шахматное расположение колпаков в плане, которое формирует сотовую структуру средней (внутренней) части перекрытия. Перекрытия с вышеописанными пустотами получили названия «сотовые перекрытия». В пространстве колпаки между собой закрепляются П-образными фиксаторами – скобами, для которых в нижней части закладного материала предусмотрены три отверстия на одинаковом расстоянии друг от друга.

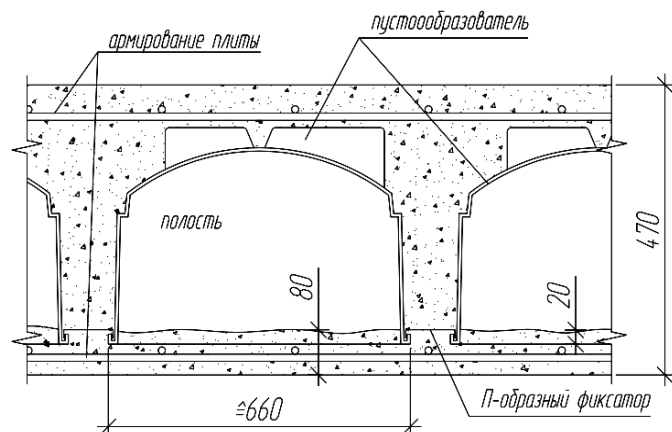


Рисунок 4 – Принципиальная конструктивная схема монолитного плоского перекрытия с пустотами из перевернутых полиэтиленовых колпаков.

Сотовое перекрытие является наиболее приспособленным к нерегулярному расположению опорных конструкций (колонн, стен). Несущую способность сотовых плит перекрытия на приопорных участках легко повысить, заменив часть пустот бетоном.

В монолитных плоских плитах с призматическими пустотами сохраняется идея замены части тяжелого бетона из средней (по высоте плиты) зоны более легким материалом. Именно форма закладного материала выделяет в отдельный тип рассматриваемые монолитные перекрытия. В качестве пустоты может быть использован любой неагрессивный к тяжелому бетону материал, например, строительная керамика, газосиликатный бетон в блоках и т. п. Наибольший эффект достигается при использовании пенополистирола марки по плотности не ниже 35 кг/м куб [9].

Призмы из пенополистирола укладываются по нижнему армированию плиты перекрытия на собственные фиксаторы, которые предназначены для формирования защитного слоя бетона нижней арматуры плиты со стороны закладного материала. Элементы верхнего армирования укладываются на пенополистирол с использованием дополнительного фиксатора защитного слоя бетона. Совместная работа верхней и нижней части плит обеспечивается за счет заполненных бетоном разрывов между блоками из пенополистирола. Прямоугольная форма в плане закладных конструктивных элементов позволяет легко формировать систему балок, окаймляющих пустоты в пределах сетки опорных конструкций плиты перекрытия. Конструктивная схема перекрытия приведена на рис. 5.

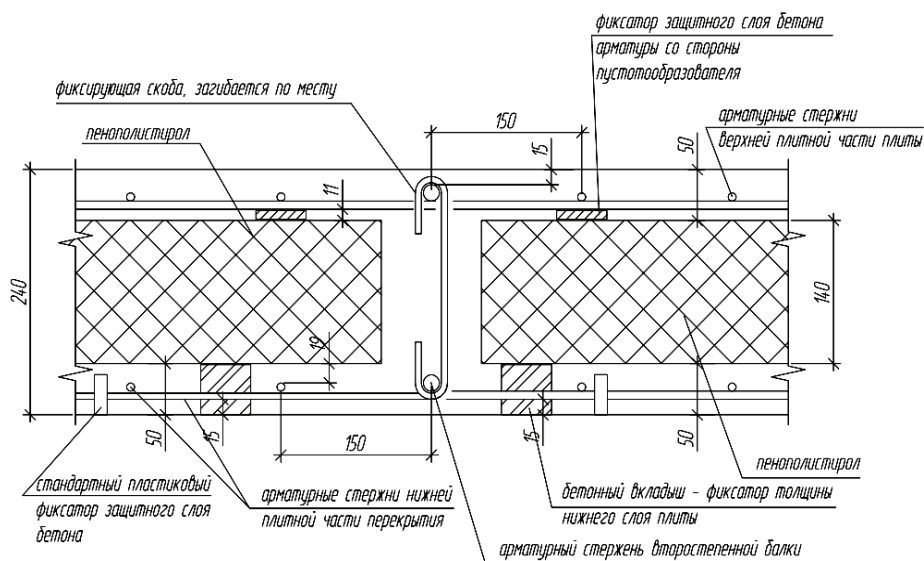


Рисунок 5 – Конструктивная схема монолитного плоского перекрытия с призматическими вкладышами.

Основным отличием рассмотренного типа перекрытия от ребристого перекрытия является объединение балок по верхней и по нижней граням. При этом наличие главных и второстепенных балок в указанном перекрытии условно. Форма перекрытия может быть произвольной, а закладные элементы легко преобразуются из прямоугольных призм в треугольные или шестигранные призмы, вертикально ориентированные цилиндры – сотовые перекрытия.

В конструкции монолитной плиты с применением несъемной опалубки Сибформа® часть бетона из средней (по высоте плиты) зоны заменяется *составным пустотообразователем* [10]. Одиночный пустотообразователь несъемной опалубки Сибформа® изображен на рис. 6, полый корпус (1) которого снабжен средством для фиксации (2) проектного положения и создания необходимой дистанции между пустотообразователями (крестообразные выступы в углублениях в виде желоба (9) на верхней стороне).

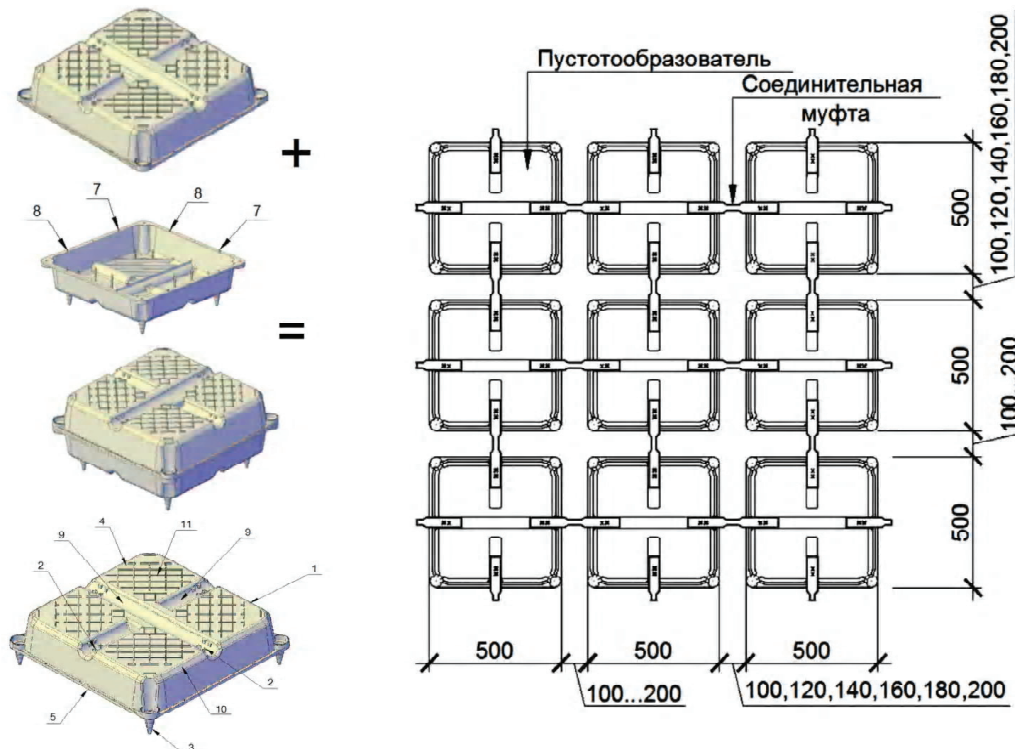


Рисунок 6 – Конструктивная схема монолитного плоского перекрытия с пустотообразователями несъемной опалубки Сибформа®.

На нижней стороне по углам одиночного пустотообразователя на расстоянии 450 мм друг от друга предусмотрены конусообразные опорные ножки (3) с фиксирующими элементами в виде шероховатости на их внешней поверхности. Опорные ножки могут иметь различную высоту (до 10 см). Корпус пустотообразователя выполнен в форме усеченной пирамиды, открытой со стороны большего основания. На нем имеются ребра жесткости (4), подкрепляющие верхнюю сторону, а также ребро жесткости, опоясывающее нижнюю поверхность полого корпуса (5). На данном ребре жесткости располагаются центральные отверстия ($d = 3$ мм).

По нижнему ребру (опоясывающему поясу) пустотообразователей выполнены грибовидные клипсы (7) и соответствующие им отверстия (8) так, что две половины пустотообразователя составной формы могут быть соединены между собой.

Положение пустотообразователей и расстояние между ними обеспечивается соединительными муфтами. Зона сопряжения (10) верхней и боковых сторон пустотообразователей выполнена со скосом под углом в 45 градусов, а высота зоны сопряжения составляет не менее 14 мм. Верхняя сторона пустотообразователя имеет неровности в виде полос (11) высотой 4 мм, располагающихся так, что между ними имеются промежутки, соответствующие ребрам жесткости, расположенным внутри пустотообразователя.

Сборно-монолитные перекрытия со скрытыми пустотами. При устройстве монолитных перекрытий со скрытыми пустотами существуют следующие проблемы:

- 1) всплытие закладной конструкции при бетонировании перекрытия;
- 2) проникновение непредусмотренного объема бетонной смеси под всплывший элемент.

Для решения первой проблемы достаточно применять фиксаторы положения верхней арматуры – специальные конструктивные элементы, удерживающие арматуру в требуемом положении во всех направлениях. Предотвращение проникновения бетонной смеси под пустотообразователь – более сложная задача, которую не всегда можно решить в условиях строительной площадки. Альтернативой рассматриваемого варианта может являться сборно-монолитный вариант перекрытия со скрытыми пустотами.

Основной конструктивной особенностью рассматриваемого типа перекрытия является использование в качестве несъемной опалубки ранее выполненной части плиты перекрытия, расположенной ниже пустот (рис. 7). Для формирования пустот в средней части перекрытия допустим любой из выше рассмотренных методов.

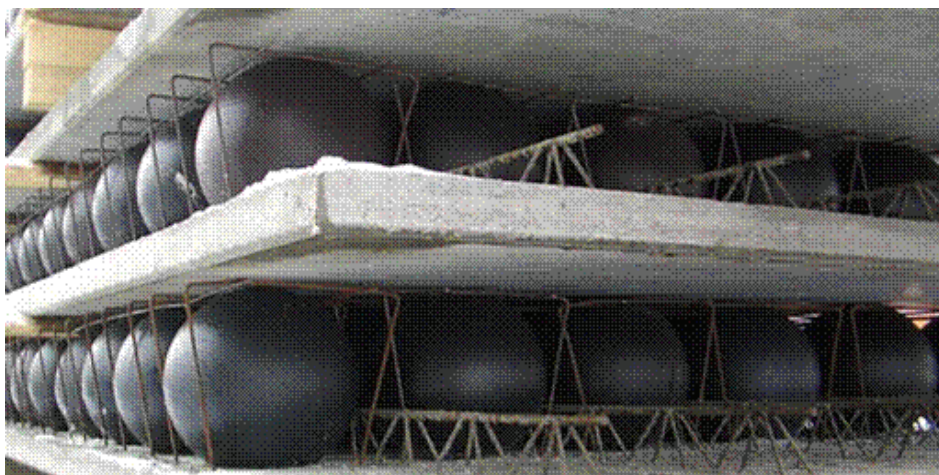


Рисунок 7 – Сборно-монолитное перекрытие со скрытыми пустотами.

Обеспечение совместной работы несъемной опалубки в виде ранее выполненной железобетонной части плиты и ее монолитной части является основной проблемой рассмотренного типа перекрытия, которая к тому же усложняется сокращением площади контакта двух слоев бетона из-за включения пустот.

Решить данную проблему можно установкой в ранее изготовленной части плиты поперечной арматуры и формированием шпонок, предусмотрев места установки закладных материалов в общей схеме расположения элементов несъемной опалубки и выполнив ее армирование с учетом действующих изгибающих моментов.

Рассмотренный тип перекрытия, несмотря на определенные достоинства технологического характера, имеет больше конструктивных недостатков по сравнению с выше рассмотренными типами перекрытий. Например, ориентация рабочей части пролета аналогична устройству сборных плит перекрытий, необходимость формирования квадратной или прямоугольной системы опорных конструкций повышает стесненность внутреннего объема сооружения и т. д.

Устройство монолитных плит перекрытий с пустотами приобретает значительное распространение благодаря следующим преимуществам:

- уменьшение материалоемкости за счет уменьшения расхода бетона и арматуры;
- снижение собственного веса монолитной плиты;
- благодаря снижению общего веса здания уменьшается нагрузка на фундамент.

При реконструкции объекта в условиях плотной городской застройки частичный ремонт или замену перекрытий целесообразно проводить с использованием прицепных бетононасосов или автобетононасосов (рис. 8), что минимизирует затраты на перестановку машин и механизмов по фронту выполняемых работ. Выбор тех или иных машин и механизмов зависит от объемов работ, а именно от объема укладываемой бетонной смеси.

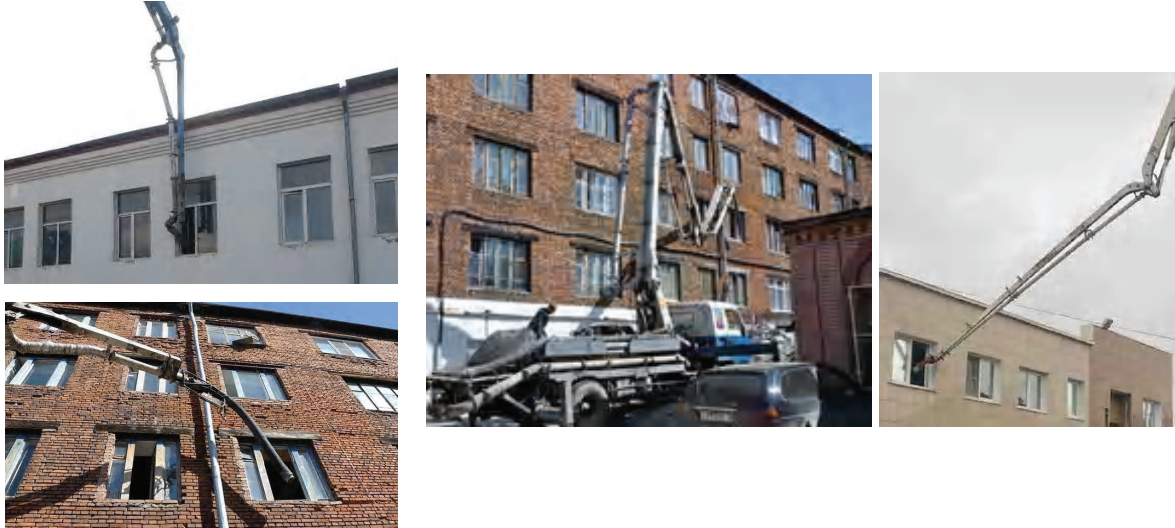


Рисунок 8 – Подача бетонной смеси автобетононасосом через оконный проем.

В зависимости от объема бетонных работ рассчитывается средняя требуемая производительность комплекта машин, определяется требуемая интенсивность подачи и укладки бетонной смеси. На основании этих данных, а также с учетом геометрических параметров конструкций и сооружения в целом, из перечня существующих машин выбирается вид и тип ведущей машины, определяется ее часовая эксплуатационная производительность. Необходимо учитывать, что у прицепных бетононасосов часовая производительность до 20 м³/час, у автобетононасосов – до 60...80 м³/час.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Для принятия наиболее технологичного решения по замене перекрытий, надстройке, пристройке в период реконструкции зданий целесообразно сформировать наибольшее количество возможных конструктивно-технологических вариантов и выполнить их анализ по технико-экономическим показателям.

При изменении приведенного сечения перекрытия изменяются основные показатели по материалоемкости: уменьшается расход бетона до 32 %, арматуры – до 15 %, также уменьшается трудоёмкость выполнения опалубочных работ.

Наряду с выше описанными положительными результатами введения легких вкладышей в толщу монолитной плиты перекрытия, до 13 % увеличиваются трудозатраты при бетонировании, связанные со стесненностью работ. Также увеличиваются и складские расходы до 3 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по технологии замены перекрытий при реконструкции жилых зданий / составитель А. Ф. Осипов, С. Ф. Акимов [и др.]. – Киев : КНУСА, 2009. – 40 с. – Текст : непосредственный.
2. СТО 35546020.001-2016. Несъемная опалубка (пустотообразователи и соединительные муфты) Сибформа®. Общие сведения о технологии, номенклатура изделий. Рекомендации по расчету и конструированию монолитных безбалочных плит перекрытий с несъемной опалубкой Сибформа® в соответствии с СП 63.13330.2012. Четвертая редакция : разработан ООО «СИБФОРМА» для практического применения на добровольной основе проектными и строительными организациями : в настоящем стандарте реализованы положения статьи 11–13, 17 Федерального закона «О техническом регулировании» : введен впервые / материалы данного СТО являются интеллектуальной собственностью ООО «СИБФОРМА» (г. Новосибирск) и не являются публичной офертой. – Новосибирск : [б. и.], 2019. – 27 с. – Текст : непосредственный.
3. Новая технология перекрытий «БаблДэк». – Текст : электронный // Большой Крым : [сайт]. – 2016–2023. – 28.10.2017. – URL: <http://bigkrim.ru/147-novaya-technologiya-perekrytij-babldek/?ysclid=lmbqebhkkb464678008> (дата обращения: 12.09.2023).
4. Экономичное экологическое строительство. – Текст : электронный // Журнал ЖБИ 2023 : [сайт]. – 2023. – 03 июня 2010. – URL: www.gbi-magazine.ru/index.php/component/content/article/129-2011-05-13-08-13-35/197-2010-06-03-10-03-16?ysclid=lmbqt8qzxxk725704619 (дата обращения: 12.09.2023).

5. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения = Concrete and reinforced concrete structures. General provisions : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 19 декабря 2018 г. № 832/пр-ст : дата введения : 2019-06-20 / исполнитель АО «НИЦ "Строительство"» – НИИЖБ им. А. А. Гвоздева. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 148 с. – Текст : непосредственный.
6. СП 70.13330.2011. Несущие и ограждающие конструкции = Load-bearing and separating constructions : издание официальное : утвержден приказом Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Госстрой) от 25 декабря 2012 г. № 109/ГС и введен в действие с 1 июля 2013 г. : актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 : дата введения 2013-07-01 / исполнители ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова» ; институты ОАО «НИЦ "Строительство"» : НИИЖБ им. А. А. Гвоздева [и др.]. – Москва : Госстрой России, 2013. – 158 с. – Текст : непосредственный.
7. Тонкачев, Г. Н. Исследование систем монолитных плит перекрытий с легкими вкладышами каркасных зданий и классификация факторов влияния / Г. Н. Тонкачев, В. В. Таран. – Текст : непосредственный // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – Випуск 2011-6(92) Технологія, організація, механізація та геодезичне забезпечення будівництва. – С. 22–27.
8. Cobiax – уменьшение веса железобетонной конструкции, не уменьшая ее прочности. – Текст : электронный // resform-monolit.ru : [сайт]. – 2008–2023. – Новосибирск. – URL: <https://resform-monolit.ru/catalog/sovremennyye-resheniya/cobiax-umenshenie-vesa-zhelezobetonnouy-konstruktsii-ne-umenshayaya-ee-prochnosti/#:-:text=Швейцарская%20технология%20строительства%20Cobiax%2C%20основана,обеспечивающую%20проектное%20положение%20верхней%20арматуры> (дата обращения: 12.09.2023).
9. Таран, В. В. Определение затрат укладки призм пенополистирола в монолитное перекрытие / В. В. Таран. – Текст : непосредственный // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – Випуск 2010-3(83) Технологія, організація, механізація та геодезичне забезпечення будівництва. – С. 84–89.
10. Патент № 2601883 Российская Федерация, МПК E04G9/05 (2006.01). Пустотообразующий элемент несъемной опалубки для железобетонных многопустотных плитных конструкций : № 2015150021/03 : заявл. 20.11.2015 : опубл. 10.11.2016 / Мельчаков Д. В. ; патентообладатель Мельчаков Д. В. – 24 с. : ил. – Текст : непосредственный.
11. СП 48.13330.2019. Организация строительства = Organization of construction : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24 декабря 2019 г. № 861/пр-ст : дата введения 2020-06-25 : дата актуализации 2021-01-01 / исполнители АО «Научно-исследовательский центр "Строительство"», ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», ООО «Научно-исследовательский институт проектирования [и др.]. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 61 с. – Текст : непосредственный.
12. СП 49.13330.2010. Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования : издание официальное : утвержден и введен в действие постановлением Госстроя РФ от 23.07.2001 г. № 80-ст : дата введения 2001-09-01 : дата актуализации 2021-01-01 / разработан Федеральным государственным учреждением «Центр охраны труда в строительстве» Госстроя России (ФГУ ЦОТС), Аналитическим информационным центром «Стройтрудобезопасность». – Москва : ГУП ЦПП, 2001. – 42 с. – (Система нормативных документов в строительстве). – Текст : непосредственный.

Получена 16.10.2023

Принята 24.11.2023

VALENTINA TARAN, TATYANA KUTSENKO, MAXIM BATARON
 ANALYSIS OF STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR THE
 CONSTRUCTION OF MONOLITHIC FLOORS DURING THE
 RECONSTRUCTION OF FRAMELESS BUILDINGS
 FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian
 Federation, Makeevka

Abstract. The material of the article is based on the theoretical analysis of the experience of the device of voids in monolithic slabs. Monolithic systems are more flexible in comparison with the construction of prefabricated structures and can be used in the repair and reconstruction of various buildings of complex shape in plan and different floor heights. The use of monolithic reinforced concrete makes it possible to optimize the structural and technological solutions of structures and objects. When repairing and reconstructing buildings, it is necessary to analyze the design solutions of monolithic slabs to choose a rational technological method for their construction. In this article, various options for the device of monolithic floors are considered and their comparative analysis is given according to the main technological criteria: material intensity and labor intensity. The general technological process of the device of monolithic slabs with voids in the construction of frameless buildings is presented. The description of the voids is given taking into account their shape, size, material, which allows you to make a decision on the choice of the overlap device during the reconstruction of the building.

Keywords: monolithic overlap, voids, reconstruction, material consumption, labor intensity.

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

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

Батарон Максим Григорьевич – магистрант кафедры технологии и организации строительства ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технологический процесс замены перекрытий в бескаркасных зданиях

Taran Valentina – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: improving the effectiveness of the constructive-technological solutions at erection of monolithic wireframe civil buildings, reducing energy consumption, material, labor and cost of construction products.

Kutsenko Tatyana – senior lecturer, Technology and Management in Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: increasing the efficiency of technological solutions in the construction of various buildings and structures.

Bataron Maxim – master's student, Technology and Management in Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: technological process of slab replacement in frameless buildings.

EDN: RJOIYE

УДК 693.69

Е. И. НОВИЦКАЯ, А. А. СВЯЩЕНКОФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевский, г. Макеевка

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ УСТРОЙСТВА ВНУТРЕННЕЙ ОТДЕЛКИ СТЕН МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

Аннотация. В современных условиях отделочные работы составляют большую часть от общего объема строительных работ. Отделочные работы являются завершающим этапом при строительстве зданий и сооружений, целевым назначением которых является придание зданию и помещениям законченный эстетический вид. Отделочные покрытия стен предохраняют конструкции от увлажнения, коррозии, механических разрушающих воздействий и т. д. Также они могут изменять акустические свойства помещений, их теплоизоляцию и воздухообмен, придают помещениям современный, своеобразный и индивидуальный вид. Существует большое количество современных отделочных материалов, которые отличаются как по эксплуатационным характеристикам, так и по стоимости. В зависимости от применяемых отделочных материалов и конструкций подбираются технологии внутренней отделки помещений. В связи с этим рассмотрены конструктивно-технологические решения устройства внутренней отделки стен многоэтажных жилых домов, а также выполнено технико-экономическое сравнение существующих технологических решений устройства внутренней отделки.

Ключевые слова: многоэтажные жилые дома, внутренняя отделка стен, конструктивно-технологические решения, технико-экономическое сравнение.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Применяемые в современной практике ремонтно-строительного производства разнообразные методы отделочных работ многоэтажных жилых домов являются весьма дорогостоящими и трудоемкими. Применяемые материалы для внутренней отделки должны отвечать санитарно-гигиеническим требованиям, а также материал не должен содержать и выделять при использовании токсичные вещества, кроме того, такие материалы должны иметь продолжительный срок эксплуатации. При выборе технологического решения устройства внутренней отделки стен необходимо ответственно подходить не только к подбору материала, но и учитывать многочисленные факторы и особенности, влияющие на выбор технологии отделочных работ.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В технической литературе [1, 3, 5, 8] можно встретить рекомендации о различных конструктивно-технологических решениях устройства внутренней отделки стен современными материалами, однако отсутствует методика выбора рационального конструктивно-технологического решения с учетом выявленных технологических особенностей в конкретных условиях и с учетом всех факторов, влияющих на производство работ внутренней отделки стен.

ЦЕЛИ

Проанализировать существующие конструктивно-технологические решения устройства внутренней отделки стен многоэтажных домов и выявить рациональный метод устройства отделочных работ.

© Е. И. Новицкая, А. А. Священко, 2023



ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В настоящее время, по конструктивным особенностям и способу применения все материалы для внутренней отделки стен жилых домов подразделяются на группы [4, 6, 7, 9, 10]:

- штукатурные;
- лакокрасочные;
- плиточные;
- рулонные;
- реечные.

В работе предложена классификация материалов внутренней отделки стен жилых многоэтажных домов (рис. 1).

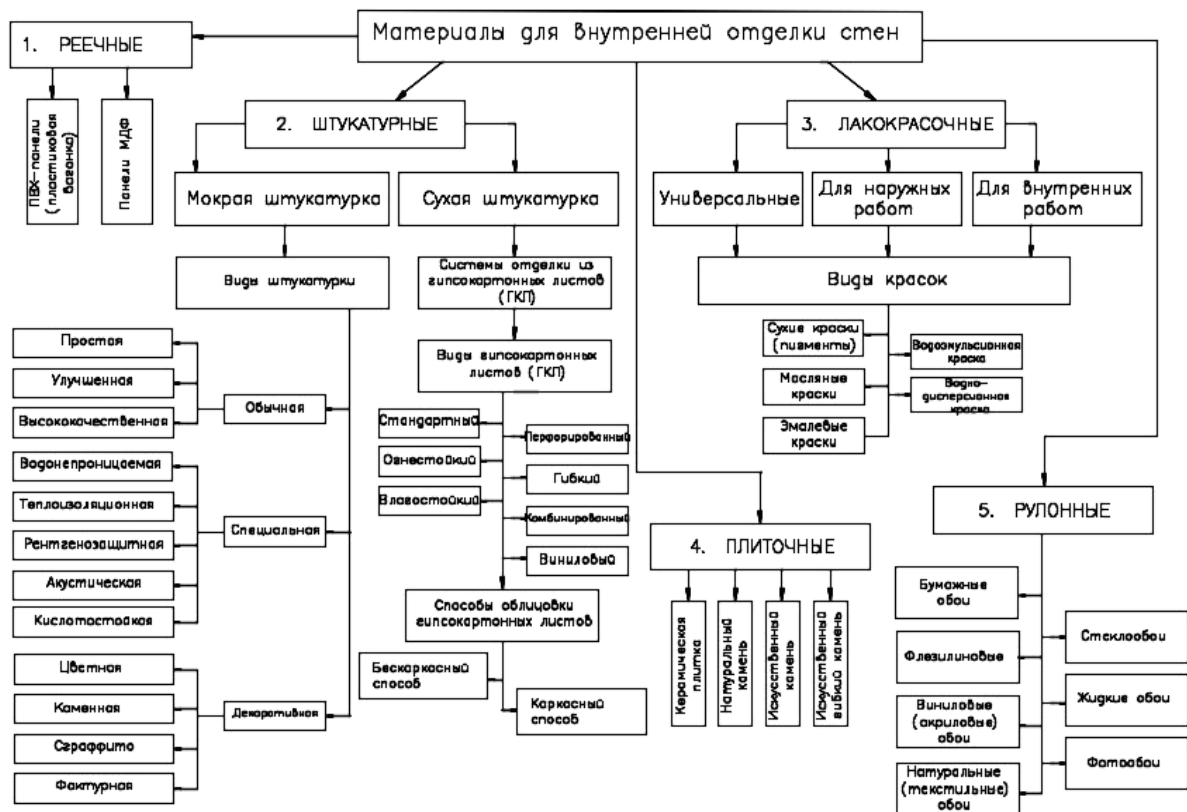


Рисунок 1 – Классификация материалов для внутренней отделки стен жилых многоэтажных домов.

Штукатурные материалы и отделки применяются для создания ровных, гладких поверхностей строительных конструкций. Штукатурка защищает конструкции от влаги, выветривания, огня, улучшает звуко- и теплоизоляционные свойства поверхности.

Штукатурку подразделяют по способу нанесения на мокрую (монолитную) и сухую (выполненную из гипсокартонных листов).

Монолитная штукатурка – это отделочный слой на поверхности строительной конструкции нанесенного отвердевшего и обработанного строительного раствора. В зависимости от составов применяемых растворов и видов обработки поверхности монолитная штукатурка бывает обычной, декоративной фактурной, а также специальной [2].

Сухая штукатурка – это гипсокартонные листы (ГКЛ), используемые для выравнивания стен. В сравнении с мокрой штукатуркой применение гипсокартонных листов является более технологичным методом, так как данный способ позволяет качественно и быстро выполнить внутреннюю отделку поверхностей, прикрепив гипсокартонные листы к несущим конструкциям здания двумя способами на клею или на каркасе.

Лакокрасочные материалы, представляют собой вязко-текучие композиции, применяемые для защиты поверхности изделий и конструкций, а также придания им декоративности и эстетичного вида.

Плиточные материалы – используются во внутренней отделке, включает в себя материалы разного состава, качества и эксплуатационных особенностей: керамическая плитка, натуральный камень, искусственный камень, искусственный гибкий камень.

Рулонные материалы – один из самых распространенных типов строительных материалов для внутренней отделки. Большую часть всех предлагаемых строительным рынком рулонных материалов занимают различные виды обоев: бумажные; флизелиновые; виниловые обои; акриловые обои; натуральные обои; стеклообои; жидкие обои; фотообои.

Реечные панели – разновидность изделий для внутренней отделки стен многоэтажных зданий, к которым относятся: ПВХ-панели (пластиковая вагонка) и панели МДФ. По составу панель МДФ похожа на плиту ДВП, но различается в технологии изготовления.

На основании анализа конструктивно-технологических решений для дальнейшего исследования рассматриваются три способа устройства внутренней отделки стен многоэтажных жилых домов:

1 вариант: устройство мокрой штукатурки;

2 вариант: устройство гипсокартонных листов на клею;

3 вариант: устройство гипсокартонных листов на каркасе.

Первый вариант с устройством мокрой штукатурки состоит из таких основных технологических процессов как демонтаж, очистка и выравнивание основания, обрызг жидким раствором, устройство армирующей сетки (при необходимости), приготовление и нанесение штукатурной смеси, грунтование густым раствором для выравнивания поверхности, накрывка тонким слоем под затирку.

Второй вариант с устройством ГКЛ на клею включает в себя следующие технологические процессы: демонтаж, очистка и выравнивание основания, подготовка и раскрой гипсокартонных листов, приготовление клея, грунтование, нанесение клея на листы и их приклеивание, обработка швов.

Третий вариант с устройством ГКЛ на каркасе также включает такие технологические процессы как демонтаж, очистка и выравнивание поверхности (при необходимости) в зависимости от начального состояния основания стены, подготовка и раскрой гипсокартонных листов, грунтование, а также устройство направляющего и вертикального профиля, применение герметика и уплотняющей ленты, при необходимости устройство пароизоляционного слоя и теплоизоляционного слоя, обработка швов.

При исследовании трех методов были проанализированы конструктивно-технологические особенности устройства внутренней отделки стен.

Таким образом, к основным особенностям устройства внутренней отделки стен из мокрой штукатурки относятся:

- безотходность материалов;
- применение при небольших габаритах помещения;
- применение при высокой влажности помещения;
- возможность менять интерьер помещения и его назначение;
- возможность выдерживать механические нагрузки;
- более низкая стоимость применяемых материалов;
- выполнение декоративных архитектурных элементов;

Основными особенностями устройства внутренней отделки стен из гипсокартона являются:

- высокая скорость монтажа;
- отсутствие строгих требований к подготовке оснований;
- применение технологий при значительной кривизне стен;
- утепление стен (при необходимости);
- отсутствие «мокрых процессов».

Такая особенность как «мокрые» процессы ведет к увеличению продолжительности выполнения работ, так как приходится учитывать сушку поверхностей при производстве штукатурных работ.

После анализа существующих технологий внутренней отделки стен оценивается применимость решений на конкретном объекте с учетом всех факторов и выявленных особенностей, после чего принимается решение.

В настоящее время проектировщики и заказчики, полагаясь на личный опыт и рекомендации поставщиков материалов, а также производителей работ делают выбор материалов и технологий интуитивно. В некоторых случаях определяющим фактором чаще всего служит стоимость 1 м² без учета различных факторов.

Окончательный выбор рационального конструктивно-технологического решения должен основываться на технико-экономическом обосновании.

Для технико-экономического сравнения принятых вариантов в качестве основных показателей выбраны трудоемкость, стоимость выполнения работ и стоимость материалов.

В результате проанализированы полученные данные и построены гистограммы, отражающие технико-экономические показатели устройства внутренней отделки стен на 1 м² (рис. 2–5).

Наименее трудоемким является второй вариант: внутренняя отделка стен при помощи устройства гипсокартонных листов на клею, который на 42 % является менее трудоемким в сравнении со штукатурным вариантом. Наиболее трудоемким выявлен вариант устройства гипсокартонных листов на каркасе (третий вариант), трудоемкость работ которого на 44 % выше трудоемкости устройства ГКЛ на клею (рис. 2).

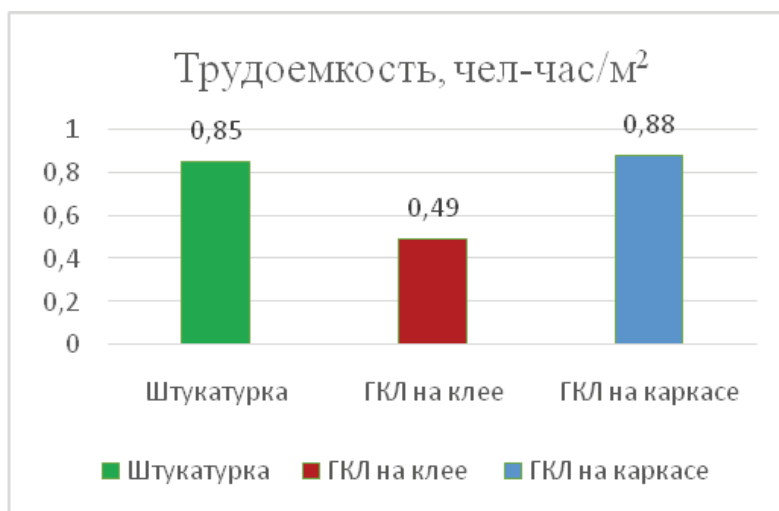


Рисунок 2 – Трудоемкость работ исследуемых вариантов устройства внутренней отделки стен.

Анализ стоимости материалов исследуемых вариантов показал, что наиболее дорогостоящим является вариант устройства гипсокартонных листов на клею, за счет применяемых клеевых составов. Наиболее экономичным вариантом устройства внутренней отделки стен многоэтажных жилых домов является устройство мокрой штукатурки (рис. 3).

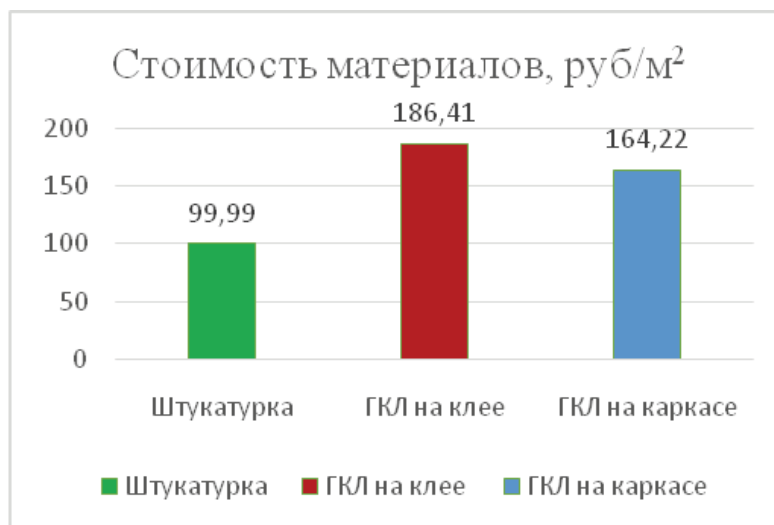


Рисунок 3 – Стоимость материалов исследуемых вариантов устройства внутренней отделки стен.

Также проанализирована стоимость оплаты труда рабочих. В результате выявлено, что вариант устройства гипсокартонных листов на клею является наиболее экономичным (рис. 4).

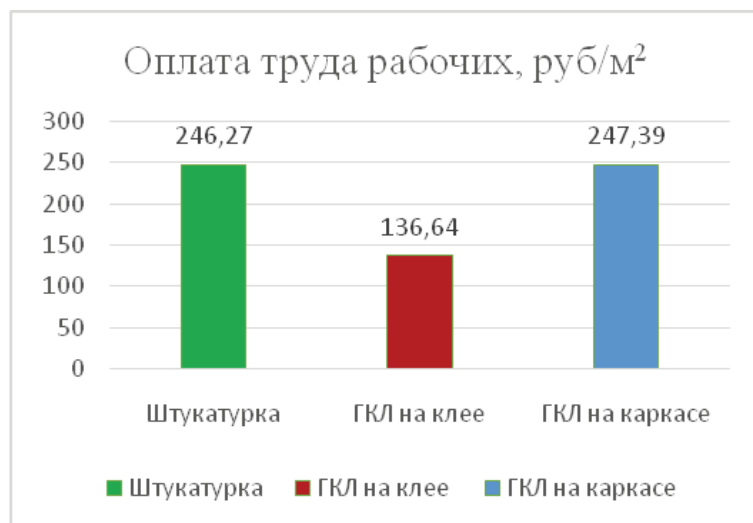


Рисунок 4 – Оплата труда рабочих для исследуемых вариантов устройства внутренней отделки стен.

Анализ общей стоимости 1 м² показал, что наименее затратным вариантом является устройство внутренней отделки стен путем устройства гипсокартонных листов на клею. Стоимость работ при применении мокрой штукатурки больше на 7 %. Стоимость работ устройства ГКЛ на каркасе больше на 19 % (рис. 5).

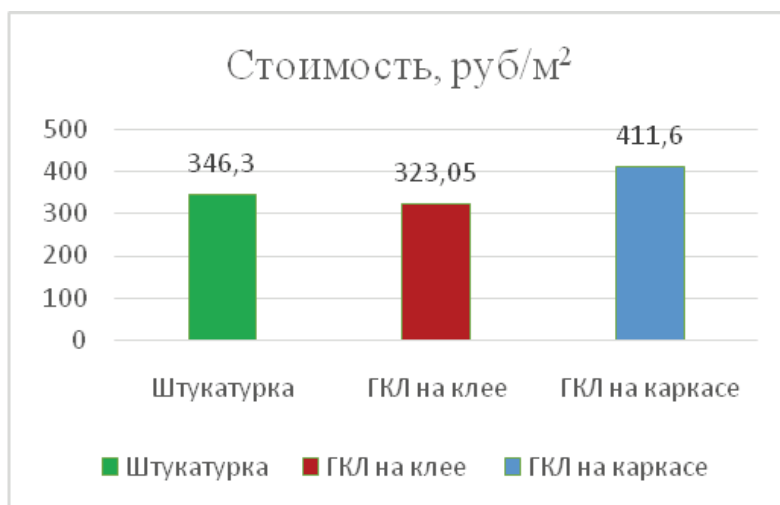


Рисунок 5 – Общая стоимость исследуемых вариантов устройства внутренней отделки стен.

Таким образом, анализ трудоемкости и стоимости исследуемых вариантов показал, что наиболее рациональным вариантом является вариант устройства внутренней отделки стен при помощи гипсокартонных листов на клею (второй вариант).

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Таким образом, в каждом конкретном случае, для качественного проведения работ необходимо произвести анализ технико-экономических показателей для выявления рациональной технологии с учетом всех требований и выявленных особенностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойко, В. Д. Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений / В. Д. Бойко, А. И. Мураховский, В. З. Величкин. – Москва : Стройиздат, 1993. – 208 с. – Текст : непосредственный.
2. ГОСТ 31357-2007. Смеси сухие строительные на цементном вяжущем : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 2 апреля 2008 г. № 74-ст в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2009 г. : введен впервые : дата введения 2009-01-01 / разработан Государственным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (СПбГАСУ) при участии фирмы «Максит», компании «Вакер Хемп Рус» (технический центр), АНО «Стандартинвест». – Москва : Стандартинформ, 2009. – 14 с. – Текст : непосредственный.
3. Гроздов, В. Т. Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений / В. Т. Гроздов. – Санкт-Петербург : Издательский Дом KN, 2001. – 140 с. – Текст : непосредственный.
4. Данилкин, М. С. Основы строительного производства / М. С. Данилкин, И. А. Мартыненко, С. Г. Страданченко. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2010. – 384 с. – Текст : непосредственный.
5. Калинин, А. А. Обследование, расчет и усиление зданий и сооружений / А. А. Калинин. – Москва : Изд-во АСВ, 2004. – 160 с. – Текст : непосредственный.
6. Кочерженко, В. В. Технология возведения зданий и сооружений / В. В. Кочерженко, В. Н. Лебедев. – Белгород : Изд-во БелГТАСМ, 2002. – 247 с. – Текст : непосредственный.
7. Кочерженко, В. В. Технология реконструкции зданий и сооружений / В. В. Кочерженко, В. Н. Лебедев. – Москва : издательство АСВ, 2007. – 224 с. – Текст : непосредственный.
8. Прядко, Н. В. Обследование и реконструкция жилых зданий : учебное пособие / Н. В. Прядко. – Макеевка : ДонНАСА, 2006. – 156 с. – ISBN 5-7763-0086-х. – Текст : непосредственный.
9. Соколов, Г. К. Технология и организация строительства / Г. К. Соколов. – Москва : Академия, 2012. – 528 с. – Текст : непосредственный.
10. СП 71.13330.2017. Изоляционные и отделочные покрытия = Insulation and finish coatings : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 27 февраля 2017 г. № 128/пр. : актуализированная редакция СНиП 3.04.01-87 : дата введения 2017-08-28 / разработан Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». – Москва : Минстрой России, 2017. – 80 с. – Текст : непосредственный.

Получена 02.11.2023

Принята 24.11.2023

ELENA NOVITSKAYA, ANNA SVAYSHENKO
TECHNICAL AND ECONOMIC COMPARISON OF STRUCTURAL AND
TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR THE INTERIOR WALL DECORATION OF
MULTI-STORY RESIDENTIAL BUILDINGS
FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian
Federation, Makeevka

Abstract. In modern conditions, finishing works make up most of the total volume of construction work. Finishing works are the final stage in the construction of buildings and structures, the purpose of which is to give the building and premises a finished aesthetic appearance. Finishing wall coverings protect structures from moisture, corrosion, mechanical destructive effects, etc. They can also change the acoustic properties of the premises, their insulation and air exchange, give the premises a modern, original and individual look. There are a large number of modern finishing materials that differ both in performance and cost. Depending on the applied finishing materials and structures, technologies of interior decoration are selected. In this regard, the structural and technological solutions of the device of interior wall decoration of multi-storey residential buildings are considered, and a technical and economic comparison of existing technological solutions of the device of interior decoration is performed.

Keywords: multi-storey residential buildings, interior wall decoration, structural and technological solutions, technical and economic comparison.

Новицкая Елена Ивановна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: совершенствование конструктивно-технологических решений по устройству и капитальному ремонту ограждающих конструкций зданий и сооружений.

Священко Анна Анатольевна – магистрант кафедры технологии и организации строительства ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: устройство и реконструкция ограждающих конструкций зданий и сооружений.

Novitskaya Elena – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: improvement of structural and technological solutions for the arrangement and overhaul of building envelopes of buildings and structures.

Svayshenko Anna – master's student, Technology and Management in Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: building envelopes of civil and public buildings.

EDN: SNVFSK

УДК 691.32

В. В. ТАРАН, А. В. ИХНО, Н. Н. ВАЩЁНОКФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевский, г. Макеевка

ВОЗВЕДЕНИЕ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ КАРКАСНО-МОНОЛИТНЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Аннотация. Анализ конструктивно-технологических решений опыта возведения вертикальных конструкций в каркасно-монолитных зданиях позволил определить основные направления по формированию и выбору рациональных организационно-технологических решений строительства зданий с применением сталежелезобетона. Представлено краткое описание выполняемых технологических операций при возведении сталежелезобетонных колонн. Описана последовательность выполнения технологических операций возведения колонн в зависимости от их сечения и применяемых опалубочных систем. Для выявления наиболее эффективного варианта по возведению сталежелезобетонных колонн выполнен расчет и представлены данные по материалоемкости. Приведены сравнительные показатели по трудоемкости возведения вертикальных несущих конструкций в каркасно-монолитных зданиях. Очередность операций и способов их исполнения непосредственно влияет на трудоемкость, материалоемкость, продолжительность и стоимость строительно-монтажных работ.

Ключевые слова: арматура, бетон, сталежелезобетонные конструкции, опалубка, колонна, стык, технологичность.

ВВЕДЕНИЕ

Каждое объемно-планировочное и конструктивное решение здания и его частей обладает определенной, присущей ему технологичностью.

Строительная технологичность – это комплексная характеристика технологичности трех подсистем: изготовления, транспортирования, возведения конструкций строительного объекта при определенных ограничениях со стороны других подсистем.

Технологичность конструкций проявляется в параметрах производственных процессов, ее оценивают теми же показателями, что и сами процессы, а именно: затратами труда рабочих, затратами труда на механизацию, продолжительностью производства работ при возведении здания или его части в заданных параметрах качества.

При возведении несущих конструкций каркасно-монолитных зданий возникает вопрос о выборе армирования колонн, что непосредственно зависит от выбранного сечения.

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Выполненные рядом исследователей расчеты показали, что за счет изменения технологичности можно сократить затраты труда на 15...25 %, а себестоимость на 3...7 %.

Конструктивное решение с точки зрения строительной технологичности должно обеспечить наиболее простое, быстрое и экономически выгодное изготовление и монтаж конструкций при соблюдении условий прочности, устойчивости и долговечности, а также других эксплуатационных качеств сооружения.



Вопросам проектирования трубобетонных конструкций и расчета повышения несущей способности сталежелезобетонных колонн посвящены работы многих ученых и исследователей: Р. С. Санжаровского, В. А. Росновского, А. И. Кикина, А. Л. Кришана, В. А. Труль, А. А. Гвоздева, А. А. Афанасьева, А. В. Курочкина, S. Morino, K. Tsuba, А. Н. Миронова, В. М. Анищенко, В. Ф. Зверева и др.

В настоящее время недостаточно изучена и освещена проблема по принятым организационно-технологическим решениям выполнения работ в условиях строительной площадки при возведении каркасно-монолитных многоэтажных зданий со сталежелезобетонными колоннами. Остаются актуальными вопросы по повышению монолитности конструкции колонны, улучшению совместной работы бетонного ядра и внешней стальной оболочки при эксплуатационных нагрузках, снижению трудоемкости сборки колонны и сокращению трудоемкости возведения трубобетонного каркаса здания.

Целью представленного материала является исследование показателей материалоемкости и трудоемкости, влияющих на изменение основных технологических параметров по возведению несущих монолитных сталежелезобетонных конструкций каркасных зданий с различным видом армирования.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Процесс возведения сталежелезобетонных колонн включает в себя следующие технологические этапы:

- устройство арматурного каркаса;
- установка опалубки;
- подача бетона;
- прогрев (зимой);
- уход за бетоном;
- демонтаж опалубки.

Выполнение работ и их очередность отличаются в зависимости от вида сечения колонны. Рассмотрим каждый этап и построим очередность операций (таблица 1) для пяти вариантов сечения:

Вариант 1 – колонна круглого сечения с жестким внешним армированием (рис. 1).

Вариант 2 – колонна круглого сечения с жестким внутренним армированием (рис. 2).

Вариант 3 – колонна прямоугольного сечения с жестким внешним армированием (рис. 3).

Вариант 4 – колонна прямоугольного сечения с жестким внутренним армированием (рис. 4).

Вариант 5 – колонна прямоугольного сечения с гибким армированием (рис. 5).

Таблица 1 – Перечень выполняемых технологических операций при возведении сталежелезобетонных колонн

Основные технологические операции при возведении сталежелезобетонных колонн	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
Монтаж гибкой арматуры	+	+	+	+	+
Монтаж жесткой арматуры	+	+	+	+	–
Установка внешней жесткой оболочки	+	–	+	–	–
Установка сборно-разборной опалубки	–	+	+	+	+
Выверка конструкции	+	+	+	+	+
Подача бетонной смеси	+	+	+	+	+
Уплотнение бетона	+	+	+	+	+
Прогрев (зимой) бетонной смеси	+	+	+	+	+
Уход за бетоном	+	+	+	+	+
Демонтаж сборно-разборной опалубки	–	+	+	+	+

Работы по армированию колонн начинаются с доставки в зону армирования материалов. Далее происходит установка вертикальных арматурных стержней и кольцевых хомутов. Вертикальные стержни привязываются к выпускам арматуры нижележащих колонн. При работе в зимнее время, необходимо перед последующими бетонными и опалубочными работами, закрепить греющие провода на арматурном каркасе прогреваемой конструкции колонн. После процесса они остаются в теле бетона. Применяем тонкий (= 1,2 мм) стальной изолированный провод [1, 6].

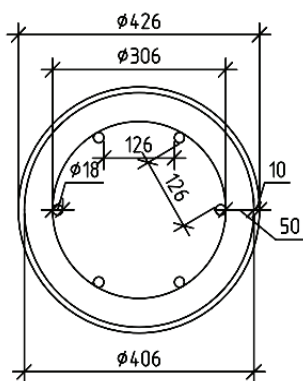


Рисунок 1 – Схема колонны круглого сечения с жестким внешним армированием (вариант 1) – труботетон.

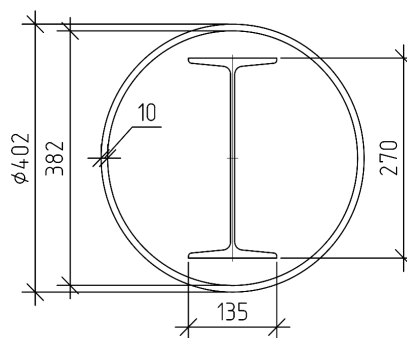


Рисунок 2 – Схема колонны круглого сечения с жестким внутренним армированием (вариант 2) – двутавр в труботетоне.

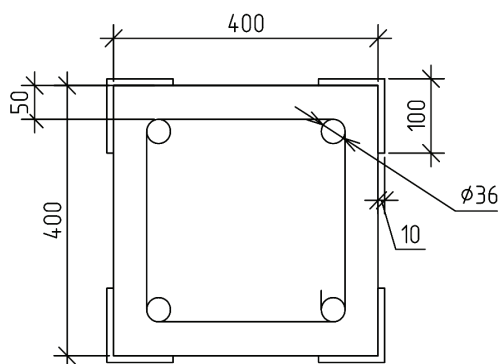


Рисунок 3 – Схема колонны квадратного сечения с жестким внешним армированием (вариант 3) – квадратное сечение с обоймой из 4 уголков.

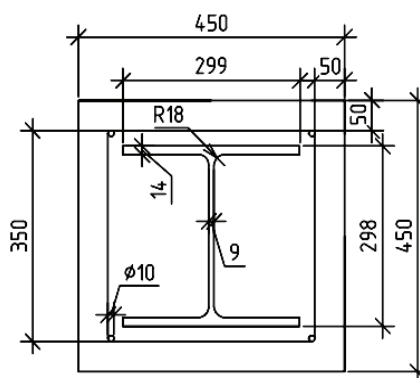


Рисунок 4 – Схема колонны квадратного сечения с жестким внутренним армированием (вариант 4) – двутавр в квадратном сечении.

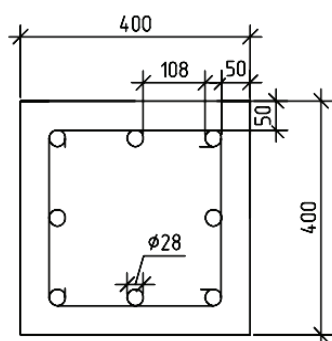


Рисунок 5 – Схема колонны квадратного сечения с гибким армированием (вариант 5) – квадратное сечение с гибкой арматурой.

Для каждого из представленных выше вариантов возведения вертикальных конструкций применяется присущая ему опалубка (рис. 6).

Для каждого из ранее представленных вариантов возведения колонн выбраны наиболее рациональные опалубочные системы:

Вариант 1 – несъемная в виде внешней обоймы (трубы) (рис. 7);

Вариант 2 – пластмассовая сборно-разборная круглого сечения (рис. 8);

Вариант 3, 4, 5 – пластмассовая сборно-разборная квадратного сечения (рис. 9).

Требования к предельным отклонениям при установке опалубки для укладки бетона в бетонные и железобетонные конструкции приведено в следующих нормативных документах:

– разделе 5.17 СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87.

– ГОСТ 34329-2017 Опалубка. Общие технические условия.

Следующим этапом является выверка конструкции. Для выверки и временного крепления колонн используют теодолит и вычисляют отметки по оси и выставляют высотные и плановые риски (рис. 10) [6, 7].

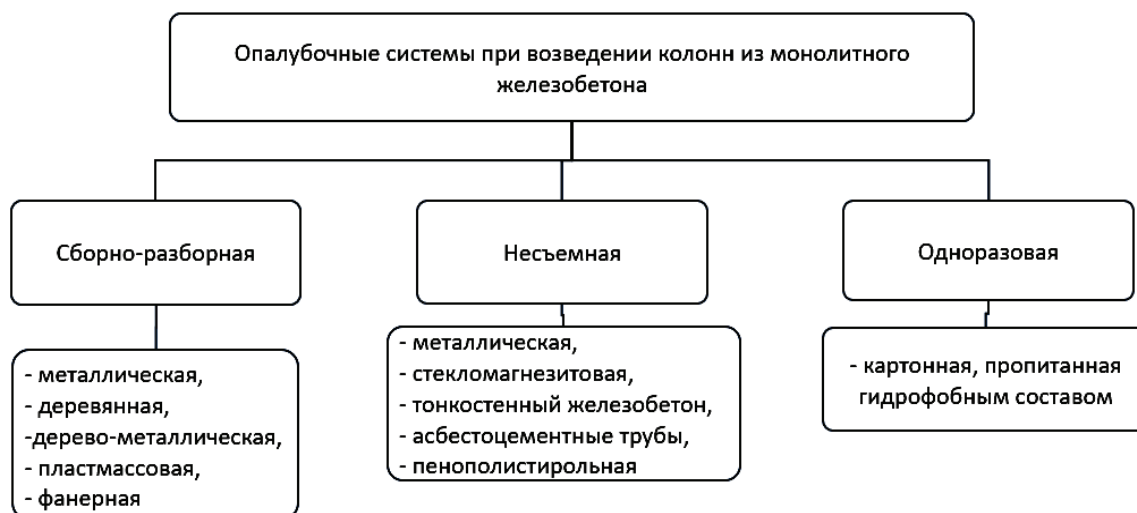


Рисунок 6 – Основные виды опалубочных систем при возведении вертикальных конструкций.

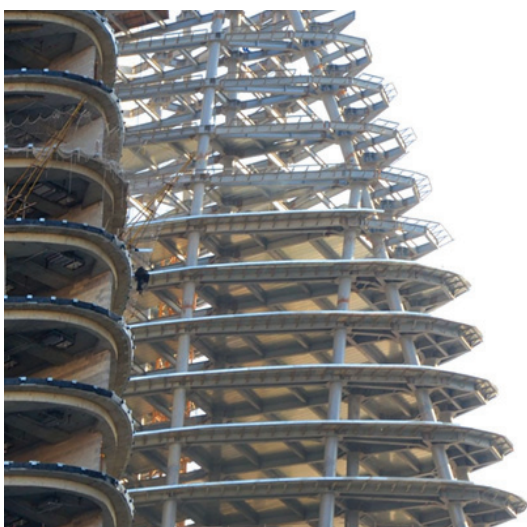


Рисунок 7 – Несъемная опалубка в виде внешней обоймы (трубы).

До начала производства подачи бетона должны быть завершены работы по установке арматурного каркаса колонны, смонтирована опалубка, выполнены все сварочные работы. Бетонная смесь подается при помощи бетононасоса.

В ходе бетонирования требуется соблюдение нескольких правил:

- опалубка, арматурный каркас, закладные детали и элементы должны быть неподвижны;
- подача бетона в опалубку выполняется послойно (каждый слой 30...50 см) с уплотнением глубинным вибратором;
- каждый последующий слой заливается до начала схватывания предыдущего;
- верхний уровень уложенной бетонной смеси должен быть на 50...70 мм ниже верха щитов опалубки.

Далее рабочим осуществляется выравнивание бетонной смеси по отметкам-маякам. После выравнивания бетонной смеси производят укрытие поверхности.

При работе в зимнее время предусматривается прогрев бетонной смеси, укрытие утеплителем. При приготовлении бетонной смеси в зимних условиях ее температуру повышают до 35...40 °С путем подогрева заполнителей и воды. Заполнители подогревают до 60 °С паровыми регистрами, во вращающихся барабанах, в установках с продувкой дымовых газов через слой заполнителя, горячей водой или используют более современный метод электропрогрева путем установки греющих проводов в опалубку с усиленной теплоизоляцией и гидроизоляцией для защиты от окружающей среды [1, 3, 4, 6].

При установке сборно-разборной опалубки, следующим шагом производится демонтаж последней. Все работы необходимо выполнять в соответствии с требованиями по технике безопасности на строительной площадке при производстве работ.

Для определения наиболее рационального варианта возведения колонн в каркасно-монолитном здании, выполнено сравнение показателей материалоемкости и трудоемкости на 10 колонн высотой 4,5 м. Для проведения анализа спроектирована колонна по каждому из принятых ранее вариантов сечения с изначальными исходными данными:

- Исходная нагрузка 3 200 Кн.
- Высота колонн 4,5 метра.
- Бетон класса В30.
- Арматура класса А500.



Рисунок 8 – Пластмассовая сборно-разборная опалубка круглых колонн.



Рисунок 9 – Пластмассовая сборно-разборная квадратного сечения колонн.

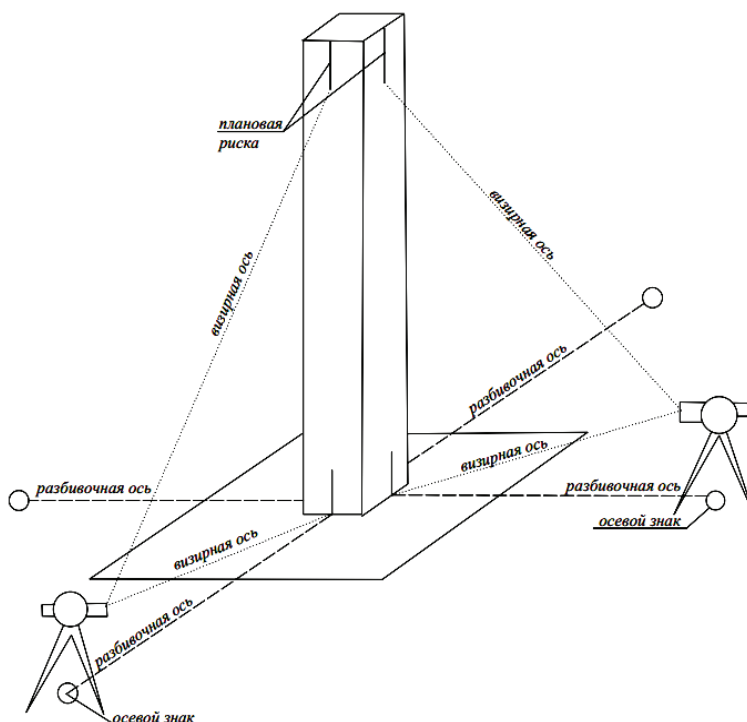


Рисунок 10 – Схема выверки колонны на монтажном горизонте при помощи теодолита.

Полученные данные по количеству и марке арматурных изделий приведены в таблице 2. Показатели по материалоемкости приведены в таблице 3. Показатели по трудоемкости выполнения работ

Таблица 2 – Количество и марка арматурных изделий

Марка арматурных изделий по вариантам					
Принятое армирование	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
Продольная арматура	6Ø18 A500	–	4Ø36 A500	4Ø10 A500	8Ø28 A500
Поперечная арматура	Ø10 A240	–	4Ø10 A240	4Ø10 A240	4Ø10 A240
Труба/Двутавр	Труба 426×10	Труба 402×10, Двутавр 27а	Четыре уголка 100×100×10	Двутавр 30К1	–

Таблица 3 – Показатели по материалоемкости сравниваемых вариантов

Показатели по материалоемкости	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
Масса арматуры, кг	527,175	587,835	759,052	403,685	184,932
Объем бетона, м ³	0,641	1,155	0,313	0,6644	0,698

по возведению 10 колонн высотой 4,5 м приведены в таблице 4. Работы выполняются комплексной бригадой в составе монтажников, плотников, арматурщиков, бетонщиков.

Таблица 4 – Показатели по трудоемкости выполнения работ по возведению 10 колонн высотой 4,5 м (составлено в соответствии с ГЭСН 81-02-06-2020)

Вариант возведения вертикальных конструкций	Основные показатели по трудоемкости выполнения работ, чел.-час.					
	Установка, сварка, вязка арматурных изделий	Установка опалубки	Подача бетонной смеси	Уход за бетоном	Демонтаж опалубки	Итого по варианту
Вариант 1 Круглое сечение с внешней трубой	19,51	9,58	1,548	6,922	–	37,56
Вариант 2 Двутавр в круглом сечении	17,5	17,32	2,789	12,47	5,06	55,139
Вариант 3 Квадратное сечение с облойкой из 4 уголков	22,6	10,02	1	3,38	10,02	47,02
Вариант 4 Двутавр в квадратном сечении	12,02	9,248	2,139	7,175	9,248	39,83
Вариант 5 Квадратное сечение с гибкой арматурой	5,5	9,75	2,247	7,538	9,75	34,785

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Как показал анализ конструктивно-технологических решений опыта возведения вертикальных конструкций в каркасно-монолитных зданиях, существует много организационно-технологических решений возведения монолитных железобетонных колонн каркаса здания с использованием различных типов опалубки и вида армирования.

Оптимально подобранные параметры сечения колонн позволяют уменьшить материалоемкость, что приводит к снижению трудозатрат. Изменение сечения колонн влияет на основные показатели по материалоемкости: уменьшается расход бетона до 10 %, арматуры – до 30 % или полного отсутствия арматуры за счет установки закладной детали, которая обеспечивает необходимую прочность.

Специфика выполнения работ по возведению колонн с различной опалубкой, определяет технологические параметры комплексного процесса и границы рационального использования организационно-технологических решений, которые, в свою очередь, позволяют снизить трудовые и материальные расходы, ускорить возведение колонн и, как следствие, возведение здания в целом.

При возведении колонн по варианту 1 – несъемная опалубка в виде внешней обоймы (трубы) – трудоемкость сокращается из-за отсутствия выполнения работ по демонтажу внешней опалубки колонн. Наибольшая трудоемкость получена при возведении колонн по 2 варианту – колонны круглого сечения с жестким внутренним армированием – 55,139 чел.-час, а наименьшая в 5 варианте – колонны квадратного сечения с гибким армированием – 34,785 чел.-час.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 48.13330.2019. Организация строительства = Organization of construction : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24 декабря 2019 г. № 861/пр-ст : дата введения 2020-06-25 : дата актуализации 2021-01-01 / исполнители АО «Научно-исследовательский центр «Строительство» (АО «НИЦ "Строительство"»), ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (ФГБОУ ВПО «НИУ МГСУ»), ООО «Научно-исследовательский институт проектирования» [и др.]. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 61 с. – Текст : непосредственный.
2. СП 266.1325800.2016. Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования = Composite steel and concrete structures. Design rules : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 3 марта 2016 г. № 128/пр-ст : дата введения 2017-07-01 / исполнители Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций им. В. А. Кучеренко (ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко) – институт АО «НИЦ "Строительство"». – Москва : Стандартинформ, 2019. – 132 с. – Текст : непосредственный.
3. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения = Concrete and reinforced concrete structures. General provisions : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 19 декабря 2018 г. № 832/пр-ст : дата введения : 2019-06-20 / исполнитель АО «НИЦ "Строительство"» – НИИЖБ им. А. А. Гвоздева. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 148 с. – Текст : непосредственный.
4. Новоселова, Э. В. Высотное офисное здание в г. Челябинск : выпускная квалификационная работа : ЮУрГУ-Д.08.05.01.2020.280 ПЗ / Э. В. Новоселова. – Челябинск : [Южно-уральский государственный университет], 2020. – 225 с. – Текст : непосредственный.
5. Лекция 8.4.3. Приспособления для закрепления и выверки строительных конструкций : Технология строительных процессов ; Московский государственный строительный университет. – Текст : электронный // studfile.net : [сайт]. – 03.03.2015. – URL: <https://studfile.net/preview/1931752/> (дата обращения 18.10.2023).
6. СП 70.13330.2011 Несущие и ограждающие конструкции = Load-bearing and separating constructions : издание официальное : утвержден приказом Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Госстрой) от 25 декабря 2012 г. № 109/ГС и введен в действие с 1 июля 2013 г. : актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 : дата введения 2013-07-01 / исполнители ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова» ; институты ОАО «НИЦ "Строительство"» : НИИЖБ им. А. А. Гвоздева [и др.]. – Москва : Госстрой России, 2013. – 158 с. – Текст : непосредственный.
7. СП 49.13330.2010. Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования : издание официальное : утвержден и введен в действие постановлением Госстроя РФ от 23.07.2001 г. № 80-ст : дата введения 2001-09-01 : дата актуализации 2021-01-01 / разработан Федеральным государственным учреждением «Центр охраны труда в строительстве» Госстроя России (ФГУ ЦОТС), Аналитическим информационным центром «Строитрудобезопасность». – Москва : ГУП ЦПП, 2001. – 42 с. – (Система нормативных документов в строительстве). – Текст : непосредственный.

Получена 05.11.2023

Принята 24.11.2023

VALENTINA TARAN, ANNA IHNO, NIKOLAY VASHCHENOK
 CONSTRUCTION OF STEEL-REINFORCED CONCRETE COLUMNS IN THE
 CONSTRUCTION OF FRAME-MONOLITHIC MULTI-STOREY BUILDINGS
 FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian
 Federation, Makeevka

Abstract. The analysis of structural and technological solutions of the experience of erecting vertical structures in frame-monolithic buildings made it possible to determine the main directions for the formation and

selection of rational organizational and technological solutions for the construction of buildings using steel-reinforced concrete. A brief description of the technological operations performed during the construction of steel-reinforced concrete columns is presented. The sequence of technological operations for the construction of columns is described, depending on their cross-section and the formwork systems used. To identify the most effective option for the construction of steel-reinforced concrete columns, a calculation was performed and data on material consumption were presented. Comparative indicators on the complexity of the construction of vertical load-bearing structures in frame-monolithic buildings are given. The sequence of operations and methods of their execution directly affects the labor intensity, material intensity, duration and cost of construction and installation work.

Keywords: reinforcement, concrete, steel-reinforced concrete structures, formwork, column, joint, manufacturability.

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

Ихно Анна Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ФГБОУ ВО «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.

Ващенко Николай Николаевич – магистрант кафедры технологии и организации строительства ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технологический процесс строительства монолитных каркасных гражданских зданий.

Taran Valentina – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: improving the effectiveness of the constructive-technological solutions at erection of monolithic wireframe civil buildings, reducing energy consumption, material, labor and cost of construction products.

Ihno Anna – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: designing, installation, operation, 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 constructions.

Vashchenok Nikolay – master's student, Technology and Management in Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: technological process of construction monolithic-frame civil buildings.

EDN: SZRPHW

УДК 69:624.012.44(08)

А. М. ЮГОВ, А. С. ТОМЧИКФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевский, г. Макеевка

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПРИ УСИЛЕНИИ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПИЛОНОВ

Аннотация. В последние десятилетия одним из основных направлений деятельности строительной отрасли стала разработка и реализация проектов капитального ремонта, реконструкции и восстановления конструкций зданий и сооружений после разрушений в результате боевых действий. Решение указанных задач требует разработки эффективных конструктивных и технологических решений с учетом реальных условий выполнения работ. Данная статья рассматривает пилоны как вертикальные конструктивные элементы зданий, выделяет преимущества пилонов перед стеновыми конструкциями. Рассматривается необходимость в восстановлении и усилении конструкций, возникающая в результате сопутствующих факторов. Статья предоставляет практическую информацию по диагностике и реконструкции поврежденных железобетонных пилонов, что является важным аспектом в области строительства и реконструкции, а также рассматривает способы усиления и восстановления вертикальных железобетонных конструкций.

Ключевые слова: усиление, восстановление, колонна, пилон, вертикальные железобетонные конструкции, обойма, распорки, бетонное наращивание.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Пилон – это вертикальный конструктивный элемент здания, который используется для передачи нагрузок от перекрытий и стен на фундамент и основание.

Основные функции пилонов в конструкциях зданий, как и колонн, заключается в обеспечении пространственной жесткости и устойчивости здания. Важно отметить преимущество пилонов перед стеновыми конструкциями:

- обеспечение прочности и устойчивости от больших нагрузок;
- меньший расход бетона на возведение конструкций;
- создание открытых пространств, просторных планировок, больших световых проемов;
- более просты в отношении прокладки коммуникаций.

Главное отличие пилон от колонны в том, что соотношение сторон в таких конструкциях гораздо больше: к пилонам относят вертикальные (или наклонные) несущие элементы с соотношением $2,5 \leq b/a \leq 4$. Колонны и пилоны с более вытянутыми поперечными сечениями, выходящими за указанные соотношения, следует относить к стенам [1].

Соответственно, это влечет за собой ряд особенностей при расчете, возведении и усилении, в частности и восстановлении.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В работах [4–9] рассматриваются в достаточно широкой постановке вопросы восстановления (ремонта) и усиления конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений. На данный момент актуален вопрос, касаемый именно восстановления и усиления конструкций. Поскольку пилоны, как обособленный тип конструкции, появился относительно недавно, следует отметить, что исследований на эту тему крайне мало.



Необходимость в восстановлении или усилении конструкций зачастую возникает в результате нарушения технологий возведения, неправильной эксплуатации, либо в результате динамических воздействий.

Цель исследования состоит в разработке предложений по усилению монолитных железобетонных пилонов каркасно-монолитных зданий.

СТРУКТУРА РАБОТ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ (УСИЛЕНИЮ) МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПИЛОНОВ

Прежде чем приступить к работам по восстановлению или усилению конструкций, необходимо проанализировать степень их разрушения, выявить характер и степень дефектов, разрушений. Подобный анализ производится на основании визуального осмотра, обследования конструкций с помощью специализированной техники [3].

В ходе обследования выполняют следующие виды работ:

- определяют конструкции и основные геометрические параметры колонн, пилонов, составляют эскизы характерных сечений конструкций по этажам, по высоте конструкций;
- проводят контрольные замеры показателей прочности бетона неразрушающими методами контроля;
- производят фотофиксацию конструкций, выявленных дефектов и повреждений с составлением схем дефектов и повреждений;
- выполняют инструментальное исследование конструкций, механическое и электромагнитное зондирование скрытых арматурных элементов

Методика обследования может включать на предварительном этапе – визуальное обследование конструкций, на основном этапе обследования – детальное (инструментальное) изучение технического состояния железобетонных монолитных конструкций. При этом на участках вскрытий проводят натурные обмеры стержней арматуры и их фотофиксацию [4, 5]. Также, для определения толщины защитного слоя бетона конструкций и армирования применено электромагнитное зондирование конструкций по ГОСТ 22904-2003.

На основании полученных результатов формируется вывод о техническом состоянии несущих стен и пилонов из монолитного железобетона в соответствии с классификацией ГОСТ 31937-2011. По данной классификации конструкции выделяют находящиеся:

- в нормативном техническом состоянии;
- в работоспособном состоянии;
- в ограниченно работоспособном состоянии;
- в аварийном состоянии.

В зависимости от степени тяжести повреждений разрабатывают соответствующие меры, устанавливают порядок и объемы работ [6].

Для монолитных железобетонных пилонов с повреждениями в виде разрушения бетона и арматурного каркаса техническое состояние определяется как – аварийное (рис. 1–4).

Для усиления вертикальных железобетонных конструкций применяют стальные или армированными бетонные обоймы, бетонные «рубашки», предварительно напряженные распорки.

Металлические обоймы (рис. 5) состоят из стоек углового профиля, соединительных планок и опорных подкладок. В местах установки подкладок арматуру колонны очищают от защитного слоя бетона и приваривают к подкладке и стойке обоймы. Эффект усиления колонн достигается после монтажа и сварки соединительных планок. В ряде случаев планки нагревают до 120 °С и затем приваривают к вертикальным уголкам с последующим торкретированием, создавая напряженную металлическую обойму. Такой способ позволяет незначительно или вовсе не увеличивать поперечное сечение конструкции.

При усилении колонн и пилонов стальными распорками сверху и внизу каждой распорки крепятся опорные уголки, через которые усилие распора передается на консоли. Распорки состоят из двух уголков (швеллеров), связанных между собой соединительными планками (рис. 6). Распорки с перегибом устанавливаются в середине их высоты. Для создания предварительного напряжения сжатия распорки с помощью натяжных болтов выпрямляются, принимая вертикальное положение. При этом распорки надежно включаются в совместную работу с колонной, частично разгружая ее.

Усиление колонн предварительно напряженными распорками целесообразно при длине распорок не более 5 м, когда не требуется большого расхода металла для обеспечения их устойчивости.



Рисунок 1 – Фрагмент аварийного монолитного железобетонного пилона.



Рисунок 2 – Фрагмент монолитного железобетонного пилона с повреждением бетона и арматуры в узле опирания плиты перекрытия.

Процесс устройства железобетонных обойм подразумевает создание дополнительных железобетонных оболочек (обойм) вокруг существующей колонны, пилона с целью укрепления и восстановления её структуры.

Самым надёжным способом увеличения несущей способности колонны является применение железобетонной обоймы, состоящей из бетонного слоя, продольной арматуры и замкнутых хомутов. Наиболее простым типом таких обойм являются обоймы с обычной продольной и поперечной арматурой без связи арматуры обоймы с арматурой усиливаемой колонны (рис. 7). При таком способе усиления важно обеспечить совместную работу «старого» и «нового» бетона, что достигается тщательной очисткой поверхности бетона усиливаемой конструкции пескоструйным аппаратом, насечкой или обработкой металлическими щётками, а также промывкой под давлением непосредственно перед бетонированием. Для улучшения адгезии и защиты бетона и арматуры в агрессивных условиях эксплуатации рекомендуется применение полимербетонов.

Толщина обоймы колонн определяется расчетом и конструктивными требованиями. Как правило, она не превышает 300 мм. Площадь рабочей продольной арматуры также определяют расчетом,



Рисунок 3 – Вид аварийного участка в опирании пилона.



Рисунок 4 – Вид поврежденного ребра монолитного железобетонного пилона.

ее диаметр принимают не менее 16 мм для стержней, работающих на сжатие, и 12 мм для стержней, работающих на растяжение. Поперечную арматуру диаметром не менее 6 мм для вязаных каркасов и 8 мм для сварных устанавливают с шагом 15 диаметров продольной арматуры и не более трехкратной толщины обоймы, но не более 200 мм. В местах концентрации напряжений шаг хомутов уменьшается [7, 8].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Восстановление колонн и пилонов с использованием железобетонных обойм является наиболее рациональным методом и способно значительно увеличить структурную прочность и продлить срок

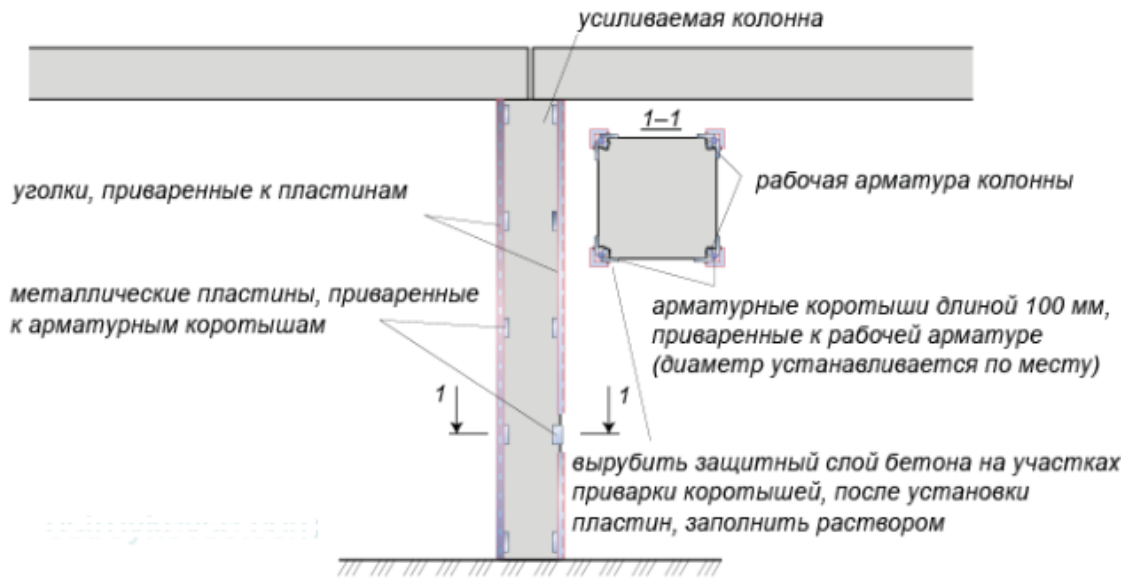


Рисунок 5 – Устройство металлической обоймы при усилении колонн.

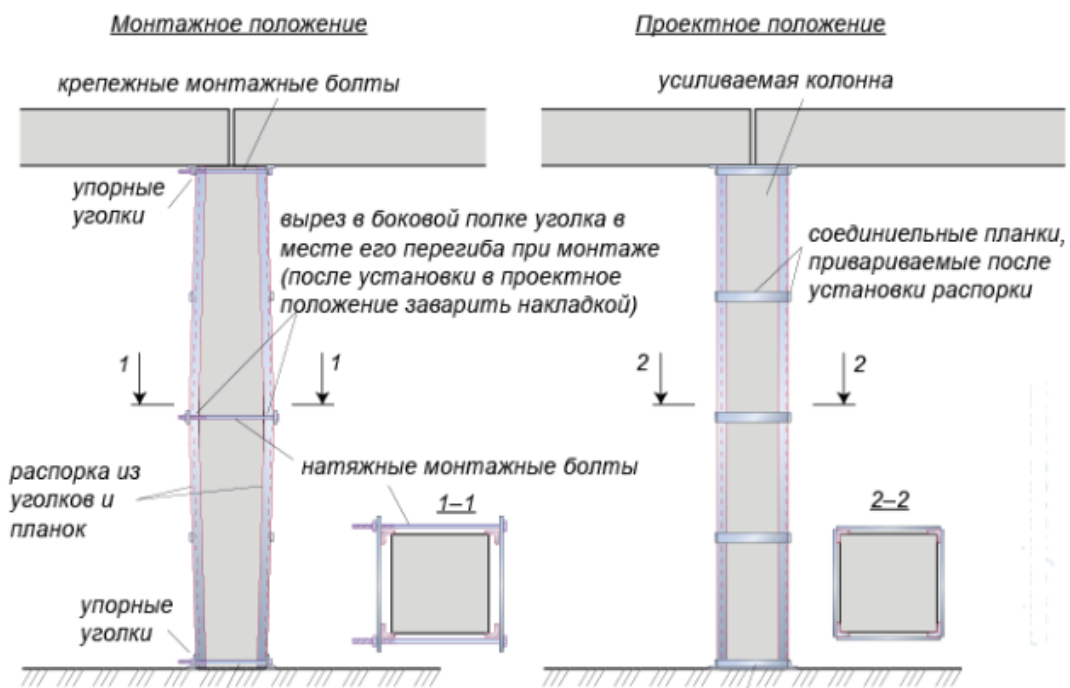


Рисунок 6 – Устройство металлических распорок при усилении колонн.

службы конструкций. Такой метод усиления при сравнительно небольшом расходе металла позволяют значительно увеличить несущую способность усиливаемых конструкций и, кроме того, обеспечить устойчивость к воздействию агрессивной среды и, следовательно, наибольшую надежность в эксплуатации.

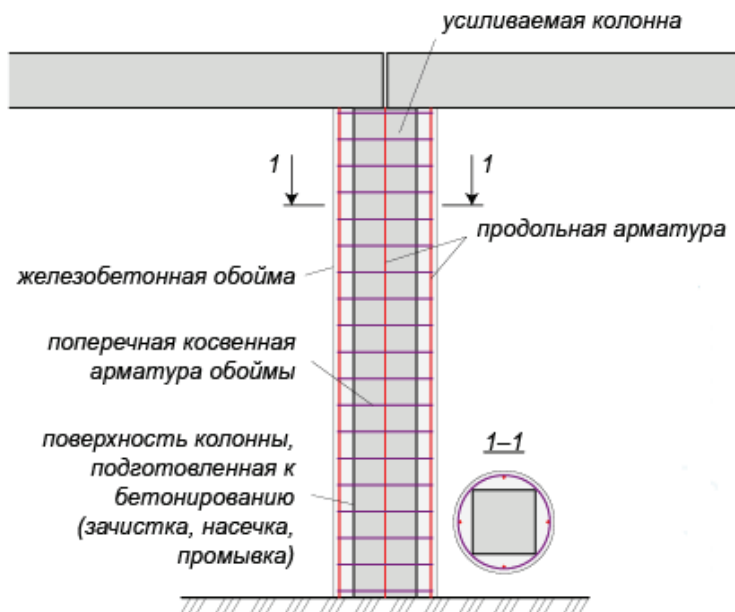


Рисунок 7 – Устройство железобетонных обойм при усилении колонн.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения : издание официальное : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 29 декабря 2011 г. № 635/8 и введен в действие с 01 января 2013 г. : актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 (с Изменением N 1) Конструкции бетонные. Правила изготовления : дата введения 2015-06-13 / исполнитель НИИЖБ им. А.А. Гвоздева – институт ОАО «НИЦ "Строительство"». Изменение № 1 к СП 63.13330.2012 – НИИЖБ им. А. А. Гвоздева – институт АО «НИЦ "Строительство"». – Москва : ООО «Аналитик», 2015. – 168 с. – Текст : непосредственный.
2. ГОСТ Р 57359-2016/EN 13670:2009. Изделия бетонные и железобетонные для строительства = Concrete structures. Execution rules : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 декабря 2016 г. № 2029-ст : идентичен европейскому стандарту EN 13670:2009* «Возведение бетонных конструкций» : дата введения 2017-07-01 / подготовлен АО «НИЦ "Строительство"», НИИЖБ им. А. А. Гвоздева, ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ». – Москва : ФГУП Стандартинформ, 2017. – 52 с. – Текст : непосредственный.
3. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих конструкций зданий и сооружений : : издание официальное : принят и рекомендован к применению в качестве нормативного документа в Системе нормативных документов в строительстве постановлением Госстроя России от 21 августа 2003 г. № 153 : введен впервые : дата введения 2003-08-21 / разработан Федеральным государственным унитарным предприятием – Конструкторско-технологическое бюро бетона и железобетона (ФГУП «КТБ ЖБ»), Государственным унитарным предприятием – Научно-исследовательский проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона (ГУП «НИИЖБ»), 26-м Центральным научно-исследовательским институтом Минобороны России [и др.]. – Москва : Госстрой России, 2003. – 27 с. – Текст : непосредственный.
4. Дефекты бетонных конструкций / Г. Руфферт ; перевод с немецкого И. Г. Зеленцова ; под редакцией В. Б. Семёнова. – Москва : Стройиздат, 1987. – 111 с. – Текст : непосредственный.
5. Аклендер, А. Д. Методы усиления железобетонных колонн / А. Д. Аклендер. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2020. – № 19 (309). – С. 2–5.
6. Козачек, В. Г. Обследование и испытание зданий и сооружений : учебное издание / В. Г. Козачек, Н. В. Нечаев. – Москва : Издательство «Высшая школа», 2004. – 444 с. – Текст : непосредственный.
7. Шилин, А. А. Ремонт железобетонных конструкций : учебное пособие / А. А. Шилин. – Москва, 2010. – 520 с. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229005>. – ISBN 978-5-98672-245-0. – Текст : электронный.
8. Афанасьев, А. А. Реконструкция жилых зданий. Часть I. Технологии восстановления эксплуатационной надежности жилых зданий : учебное пособие / А. А. Афанасьев, Е. П. Матвеев. – Москва : [б. и.], 2008. – 380 с. – Текст : непосредственный.
9. Хаютин, Ю. Г. Ремонт и усиление железобетонных конструкций в зданиях из монолитного железобетона / Ю. Г. Хаютин, В. Л. Чернявский, Е. З. Аксельрод. – Текст : непосредственный // Проектирование и строительство

монолитных многоэтажных жилых и общественных зданий, мостов и тоннелей, Ассоциация «Железобетон» : сборник докладов, Москва, 28–29 октября 2004 г. – Москва : [б. и.], 2004. – С. 195–199.

Получена 06.11.2023

Принята 24.11.2023

ANATOLIY YUGOV, ANASTASIA TOMCHIK
TECHNOLOGY AND ORGANIZATION OF WORK IN STRENGTHENING
MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE PYLONS

FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian Federation, Makeevka

Abstract. In the last decades the development and implementation of projects of capital repairs, reconstruction and restoration of structures of buildings and constructions after destructions as a result of fighting became one of the main activities of the construction industry. The solution of the specified tasks demands development of effective constructive and technology solutions taking into account real conditions of performance of work. This article considers poles as vertical structural elements of buildings, marks out advantages of poles before wall designs. The need for restoration and strengthening of designs resulting from contributing factors is considered. Article provides practical information on diagnostics and reconstruction of the damaged reinforced concrete poles that is important aspect in the field of construction and reconstruction and also considers ways of strengthening and restoration of vertical reinforced concrete structures.

Keywords: reinforcement, restoration, column, pylon, vertical reinforced concrete structures, cladding, bracing, concrete overlay.

Югов Анатолий Михайлович – доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой технологии и организации строительства ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технология и организация работ при реконструкции зданий и сооружений.

Томчик Анастасия Сергеевна – бакалавр ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технология и организация работ при реконструкции зданий и сооружений.

Yugov Anatoliy – D. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Department Technology and Management in Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: technology and organization of works in renovation of buildings and structures.

Tomchik Anastasia – a bachelor's degree, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: technology and organization of works in renovation of buildings and structures.

EDN: EQKQJ1

УДК 528.48

П. И. СОЛОВЕЙ, А. Н. ПЕРЕВАРЮХА, А. А. БЕЛОВАФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевский, г. Макеевка

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОЛОНН И ПОДКРАНОВЫХ ПУТЕЙ МОСТОВЫХ КРАНОВ

Аннотация. В статье приведена методика комплексного геодезического мониторинга геометрических параметров подкрановых путей, в том числе крена колонн в сложных условиях эксплуатации промышленных предприятий. Установлено, что деформационный процесс в единой взаимозависимой системе «колонны – балки – подкрановые пути – краны – фермы» требует проведения комплексного геодезического мониторинга геометрических параметров всех элементов системы. Это позволит заблаговременно выявить недопустимые оседания и крены колонн, смещения балок, плановые и высотные деформации подкрановых путей, горизонтальные и вертикальные перекосы ходовых колес кранов и принять меры по предупреждению возможных разрушений путем своевременного ремонта каждого элемента системы. Приведены формулы вычисления продольных и поперечных кренов колонн, расстояний между осями рельсов, эксцентриситетов рельса и балки, а также отклонений рельсов от прямой линии.

Ключевые слова: подкрановые пути, колонны, геометрические параметры, комплексный мониторинг.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Высокая эффективность работы промышленных предприятий во-многом зависит от нормальной и бесперебойной работы внутрицехового транспорта и в первую очередь от состояния подкрановых путей мостовых электрических кранов. Технологический процесс современных металлургических, машиностроительных, авиастроительных, судостроительных и других заводов, а также других промышленных предприятий неразрывно связан с работой мостовых кранов, преимущество которых состоит в том, что они позволяют обслуживать почти весь цех, обеспечивая перемещение всех грузов в любом направлении.

Различные возмущающие факторы (неравномерная осадка фундаментов, крен колонн, смещение балок, температурные деформации и другие) нарушают геометрические параметры подкрановых путей и кранов. В результате этого возникает сужение или уширение колеи, преждевременный износ рельсов, перекося ходовых колес кранов, что требует остановки технологического процесса цеха для выполнения незапланированного ремонта по замене рельсов и ходовых колес кранов.

Учитывая важность подкрановых путей и кранов в технологическом процессе промышленных предприятий выполняют регулярный геодезический мониторинг геометрических параметров колонн, балок, подкрановых путей и кранов с целью обнаружения недопустимых деформаций и принятия мер по предупреждению возможных аварий. Поэтому разработка новых эффективных методов геодезического контроля геометрических параметров подкрановых путей и кранов является актуальной задачей.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В советское время накоплен большой опыт проведения мониторинга геометрических параметров подкрановых путей мостовых электрических кранов. Одной из первых работ, посвященных геодезическим работам при строительстве и эксплуатации подкрановых путей, была монография советских ученых В. Н. Ганьшина и И. М. Репалова [1].

© П. И. Соловей, А. Н. Переварюха, А. А. Белова, 2023



Затем появились обширные работы, написанные Н. Е. Ламбиным [5], Е. В. Гороховым [2], Г. А. Шеховцовым [6] и др. авторами.

В последнее время с появлением безотражательных тахеометров, лазерных сканеров и других современных геодезических приборов появились исследования, посвященные частичной или полной автоматизации геодезического мониторинга геометрических параметров подкрановых путей, находящихся в сложных условиях эксплуатации. Среди таких исследований можно отметить работу А. В. Живогляда [3].

К сожалению такие разработки не нашли широкого применения на производстве из-за их дороговизны и сложности в наладке в условиях эксплуатации, поэтому разработка новых и совершенствование существующих методов геодезического мониторинга геометрических параметров подкрановых путей является актуальной.

ЦЕЛИ

Разработать методику геодезического мониторинга геометрических параметров подкрановых путей и колонн в сложных условиях промышленных предприятий.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Подкрановые пути, балки, колонны, краны, фермы промышленных предприятий представляют собой единую взаимосвязанную систему. Нарушение геометрических параметров любого из элементов системы может привести к статическим или динамическим деформациям других элементов системы.

Рассмотрим более детально деформационный процесс системы «подкрановые пути – балки – колонны – краны – фермы».

Под воздействием неравномерных осадок оснований фундаментов возникают крены колонн. В условиях Донбасса наибольшее влияние на деформации колонн оказывают разработки угольных пластов, которые приводят к значительным деформациям земной поверхности и расположенных на ней фундаментов. Особую опасность при разработке крутопадающих пластов представляют собой деформации земной поверхности в виде уступов, достигающих несколько десятков сантиметров. Уступы, проходящие через здания или сооружения, вызывают появление недопустимых кренов колонн, возникновению трещин, а иногда к разрушениям.

Деформации колонн приводят к деформациям подкрановых балок, которые в свою очередь приводят к значительным плановым и высотным деформациям подкрановых путей. Нарушение геометрических параметров подкрановых путей приводит к преждевременному износу реборд ходовых колес кранов и рельсов, что требует остановки технологического процесса для их замены.

Силовые воздействия кранов приводят к значительным деформациям рельсов, что также приводит к износу рельсов и перекосам ходовых колес, что требует их ремонта.

Неравномерный солнечный нагрев металлических стен и кровли вызывает значительные температурные деформации колонн, которые изменяют геометрические параметры подкрановых балок и рельсов, что отрицательно влияет на геометрические параметры подкрановых путей и кранов.

Таким образом для предупреждения возникновения недопустимых деформаций подкрановых путей и кранов необходимо проведение комплексного мониторинга геометрических параметров всех элементов системы «колонны – подкрановые балки – подкрановые пути – краны – фермы».

Рассмотрим методику комплексного мониторинга планово-высотных параметров подкрановых путей и крена колонн в условиях промышленного цеха, насыщенного крупногабаритным технологическим оборудованием. Для перемещения технического персонала в цехе использованы узкие проходы вдоль рядов MN и FG колонн (рисунок), а также проходы вдоль поперечных осей 1 и n в начале и в конце цеха.

На полу цеха разбивают прямоугольник $ADCD$ (рисунок, а) таким образом, чтобы длинные стороны были параллельны продольным осям колонн и по возможности на минимальном расстоянии от них. Измеряют расстояния $L = AD = BC$.

Устанавливают электронный безотражательный тахеометр в точке A , визируют зрительную трубу на точку D и способом наклонного проектирования на уровне подкрановых рельсов закрепляют точку F на минимальном расстоянии от ряда колонн.

Визируют на точку B и измеряют безотражательно расстояния $S_1, S_2, \dots, S_3, \dots, S_n$ до поверхности колонн, для чего используют выдвижную пластину 1 (рисунок, а).

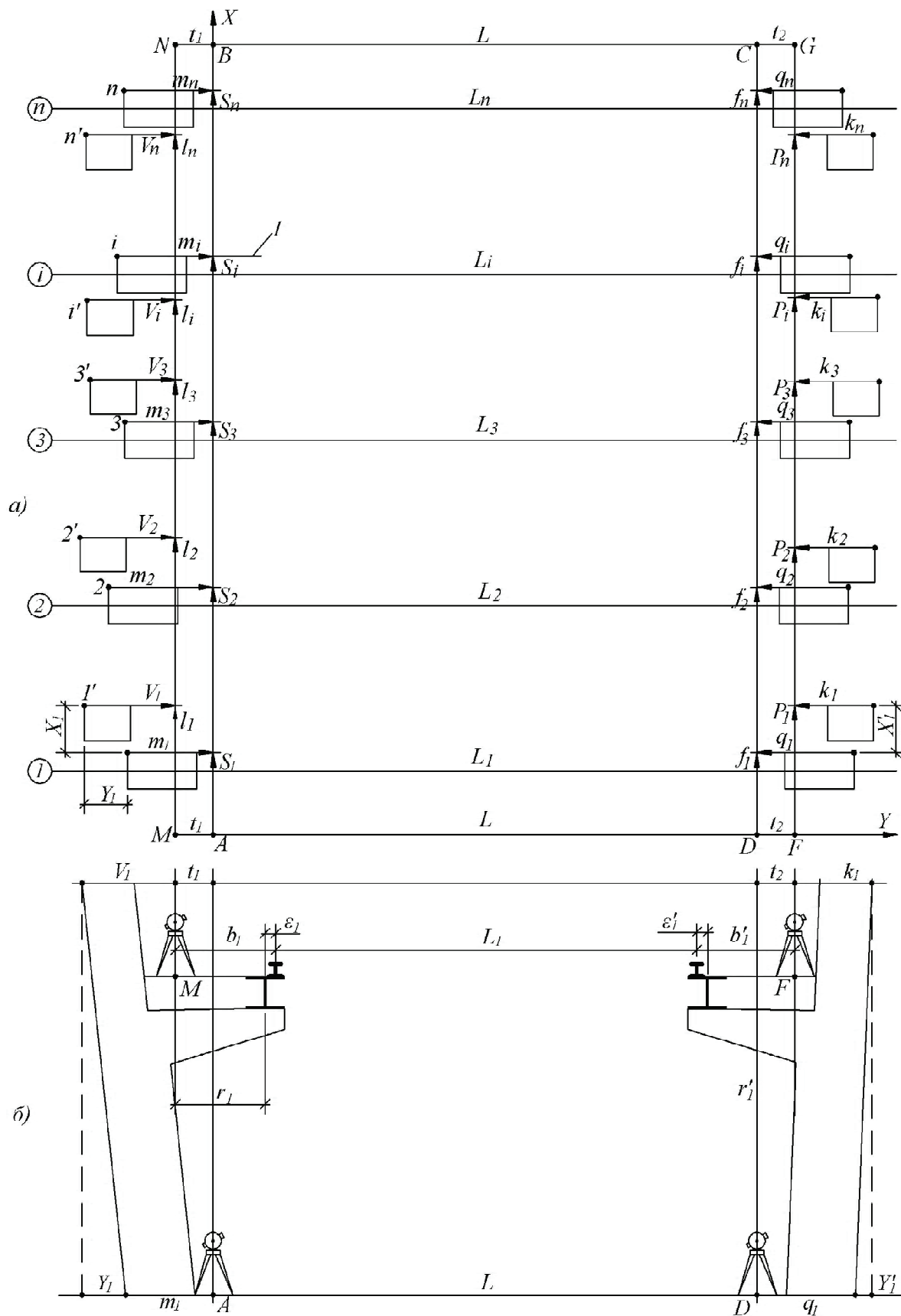


Рисунок – Положение колонн промышленного цеха (а) и на профиле (б).

Одновременно способом бокового нивелирования производят отсчеты $m_1, m_2, m_3, \dots, m_i, \dots, m_n$ по нивелирной горизонтальной рейке, ноль которой прижимают к ребрам колонн в точках 1, 2, 3, ..., i , ..., n .

Устанавливают тахеометр в точке D , визируют на точку A и наклонным проектированием выносят точку M на уровень подкрановых путей таким образом, чтобы она расположилась на минимальном расстоянии от ряда колонн. Затем визируют на точку C и измеряют расстояния $f_1, f_2, f_3, \dots, f_i, \dots, f_n$, а также берут отсчеты $q_1, q_2, q_3, \dots, q_i, \dots, q_n$ по нивелирной горизонтальной рейке, прикладываемой нулем к ребрам колонн.

После этого наклонным проектированием из точек B и C выносят на уровень подкрановых путей точки G и N . При этом расстояния $t_1 = AM$ и $t_1 = BN$ должны быть одинаковыми. Кроме этого расстояния $t_2 = DF$ и $t_2 = CG$ также должны быть одинаковыми. Эти требования легко достигают с применением электронного безотражательного тахеометра.

Вынесенный на уровень подкрановых путей прямоугольник $MNGF$ будет подобным прямоугольнику $ABCD$, вынесенному на полу цеха. Стороны прямоугольников будут параллельны.

Электронный тахеометр переносят в точку M и от оптического створа MN измеряют отрезки $l_1, l_2, l_3, \dots, l_i, \dots, l_n$ и боковым нивелированием определяют расстояния $V_1, V_2, V_3, \dots, V_i, \dots, V_n$.

Затем тахеометр устанавливают в точке F и от оптического створа FG измеряют $P_1, P_2, P_3, \dots, P_i, \dots, P_n$ и боковым нивелированием определяют расстояния $k_1, k_2, k_3, \dots, k_i, \dots, k_n$.

На этом измерения с применением электронного тахеометра заканчивают и вычисляют крены колонн и основные плановые параметры (ширина колеи, эксцентриситет рельса и балки, а также отклонения рельсов от прямой линии) подкрановых путей.

Продольные и поперечные крены колонн по ряду MN вычисляют по формулам соответственно:

$$\left. \begin{aligned} X_i &= S_i - l_i; \\ Y_i &= V_i + t_1 - m_i. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Продольные и поперечные крены колонн по ряду FG вычисляют из выражений:

$$\left. \begin{aligned} X'_i &= f_i - P_i; \\ Y'_i &= k_i + t_2 - q_i. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Расстояния между осями рельсов (ширина колеи) вычисляют по формуле:

$$L_i = L + t_1 + t_2 - (b_i + b'_i), \quad (3)$$

где $L = AD = BC$ – расстояния, измеренные электронным тахеометром на полу цеха;
 b_i и b'_i – расстояния от створов MN и FG до оси рельса в каждом поперечном сечении, измеряемые боковым нивелированием.

Вычисляют эксцентриситет рельса и балки по рядам MN и FG в каждом поперечном сечении по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_i &= b_i - r_i; \\ \varepsilon'_i &= b'_i - r'_i. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где r_i и r'_i – расстояния от створов MN и FG до оси балки, измеряемые боковым нивелированием в каждом поперечном сечении.

Прямолинейность рельсовых путей вычисляют по отклонениям оси рельса от створов и из выражений:

$$\left. \begin{aligned} \Delta_i &= b_i - b'_i; \\ \Delta'_i &= b'_i - b''_i. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где b_i и b'_i измеряют боковым нивелированием [4].

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Предложенная методика позволяет определять крены колонн и геометрические параметры подкрановых путей мостовых кранов, расположенных в сложных условиях эксплуатации. Для получения полной информации о состоянии единой взаимосвязанной системы «колонны – балки – подкрановые пути – краны – фермы» необходим комплексный мониторинг геометрических параметров каждого элемента системы. Это позволит оперативно принимать меры по своевременной замене рельсов и ходовых колес, устранению возможных перекосов колес и разработки проекта рихтовки подкрановых путей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ганьшин, В. Н. Геодезические работы при строительстве и эксплуатации подкрановых путей : монография / В. Н. Ганьшин, И. М. Репалов. – Москва : Недра, 1980. – 120 с. – Текст : непосредственный.
2. Горохов, Е. В. Методы и средства измерений при строительстве и эксплуатации подкрановых путей : монография / Е. В. Горохов, Н. Е. Ламбин, В. Н. Ламбин. – Макеевка : Графити, 1977. – 234 с. – Текст : непосредственный.
3. Живогляд, А. В. Разработка методов дистанционного геодезического мониторинга технологических направляющих с использованием электронных технологий : специальность : 05.24.01 «Геодезия, фотограмметрия и картография» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Живогляд Артур Васильевич ; Донбасская национальная академия строительства и архитектуры. – Макеевка, 2012. – 18 с. – Место защиты : Киевский национальный университет строительства и архитектуры. – Текст : непосредственный.
4. Инженерная геодезия : учебное пособие / М. И. Лобов, П. И. Соловей, А. Н. Переварюха, А. С. Чирва. – Макеевка : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, 2019. – 200 с. – Текст : непосредственный.
5. Ламбин, Н. Е. Геодезические работы при монтаже и эксплуатации подкрановых путей : учебное пособие / Н. Е. Ламбин. – Макеевка : МакКИСИ, 1993. – 187 с. – Текст : непосредственный.
6. Шеховцов, Г. А. Современные методы геодезического контроля ходовой части и путей мостовых кранов : монография / Г. А. Шеховцов. – Нижний Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 1999. – 164 с. – Текст : непосредственный.

Получена 01.11.2023

Принята 24.11.2023

PAVEL SOLOVEJ, ANATOLY PEREVARJUHA, ALINA BELOVA
 FEATURES OF GEODETIC MONITORING OF DEFORMATIONS OF HIGH-RISE STRUCTURES UNDER TEST CONDITIONS
 FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian Federation, Makeevka

Abstract. The article presents a methodology for complex geodetic monitoring of the geometric parameters of crane tracks, including the tilt of columns in difficult operating conditions of industrial enterprises. It has been established that the deformation process in a single interdependent system «columns – beams – crane tracks – cranes – trusses» requires comprehensive geodetic monitoring of the geometric parameters of all elements of the system. This will allow early identification of unacceptable subsidence and tilting of columns, displacement of beams, horizontal and vertical deformations of crane tracks, horizontal and vertical distortions of crane running wheels and take measures to prevent possible damage through timely repair of each element of the system. Formulas are given for calculating the longitudinal and transverse rolls of columns, the distances between the axes of the rails, the eccentricities of the rail and beam, as well as the deviations of the rails from a straight line.

Keywords: crane tracks, columns, geometric parameters, comprehensive monitoring.

Соловей Павел Илларионович – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии ФГБОУ ВО «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 ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций колеблющихся и вращающихся объектов.

Белова Алина Александровна – старший преподаватель кафедры инженерной геодезии ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: геодезический мониторинг металлических высотных сооружений башенного типа.

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

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

Belova Alina – Senior Lecturer, Engineering Geodesy Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: geodetic monitoring of metal high-rise tower-type structures.

EDN: COSDCR

УДК 628.48:69.03

М. И. ЛОБОВ, Т. В. МОРОЗОВА, О. В. ВОЛОЩУКФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевский, г. Макеевка

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПРОЕКЦИРОВАНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ И БАШЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Аннотация. Строительство сложных и уникальных зданий и сооружений требует надежного геодезического обеспечения. Многоэтажные сборные и монолитные здания характеризуются повышенными требованиями к точности строительно-монтажных работ. Одним из развивающихся направлений геодезического мониторинга является диагностика высотных зданий и башенных сооружений, как на этапе строительства, так и в процессе последующей эксплуатации. Исследуются известные и разрабатываются новые методы и методики мониторинга, основанные на возможностях современных геодезических приборов. В статье приведен анализ зарубежного опыта геодезического мониторинга и исследования точности вертикального проектирования при строительстве и эксплуатации высотных зданий и башенных сооружений. Предложена методика определения крена возводимого здания. Рассмотрен алгоритм расчета точности передачи базисного расстояния на монтажный горизонт и выполнен анализ надежности предложенного метода вертикального проектирования в стесненных условиях строительных площадок.

Ключевые слова: вертикальное проектирование, неvertикальность монолитных зданий, расчет точности геодезических работ, методика определения крена сооружения.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Вертикальность высотных зданий и башенных сооружений, является одним из основных условий обеспечения их устойчивости, прочности и долговечности. Она характеризуется отклонением точек пересечения главных или основных осей на монтажных горизонтах от вертикальных осей зданий или башенных сооружений.

В последние десятилетия в связи с сокращением свободных земельных территорий в крупных городах активно производится точечная застройка высотными зданиями до 20 и более этажей, спортивными сооружениями, промышленными башенными сооружениями, высоковольтными линиями электропередач, эксплуатирующихся в различных климатических условиях, требующих повышения эксплуатационной надежности особенно при воздействии ветровой нагрузки. В таких условиях при эксплуатации высотных объектов для повышения прочности и надежности необходимо учитывать воздействие различных факторов. Динамические воздействия требуют особого изучения. Подобные здания и сооружения возводятся в Донецке и других городах Донбасса, где более 70 % территорий подвержены влиянию подземных горных работ, связанных с добычей каменного угля в разные периоды времени. Строительство высотных зданий и башенных сооружений на ограниченных площадях накладывает определенные условия на технологию геодезических разбивочных работ и обеспечение вертикальности высотных объектов. В процессе строительства вследствие подработок и под воздействием климатических факторов (ветер, гололед, неравномерный тепловой нагрев) могут происходить неравномерные осадки, наклоны, крены. Большинство таких зданий и сооружений могут иметь криволинейную или сложную форму в плане, поэтому требуется применять нестандартные технологические решения по обеспечению геометрической точности и особенности их вертикальности.

© М. И. Лобов, Т. В. Морозова, О. В. Волощук, 2023



Целью данной работы является обобщение, анализ и разработка оптимальной методики геодезического контроля при возведении высотных зданий и сооружений в условиях точечной застройки в стесненных условиях.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросам геодезического мониторинга при строительстве уникальных зданий и башенных сооружений посвящены многолетние исследовательские работы, проводимые на кафедре «Инженерная геодезия» ФГБОУ ВО «ДОННАСА». Непосредственно геодезическому обеспечению строительства объектов посвящены следующие работы [1, 2, 3, 4].

Наиболее жесткие допуски к обеспечению точностных параметров предъявляются к монолитным зданиям и металлическим башенным сооружениям, возводимым в сочетании со сборными конструктивными элементами [5, 6].

Такие конструктивные решения применяют для многих зданий башенного типа со стальным каркасом и крупноразмерными элементами наружных стен. Во Франции, Германии, Швеции точность изготовления и монтажа сборных конструкций ограничивается допусками на невертикальность монтажного ядра жесткости, возводимого с использованием опалубки, до 25 мм [6]. Исследования, выполненные в Германии, показали, что невертикальность монолитных зданий, выражается эмпирической зависимостью от высоты

$$\Delta = 4,55\sqrt[3]{H^2} \text{ мм} \quad (1)$$

где Δ – допустимое отклонение от вертикали,
 H – высота здания.

Для 18 этажного здания, высотой 60 м, допустимое отклонение от вертикали составляет 74 мм или $1/800 H$.

В США не вертикальность монолитных высотных объектов не должно превышать величины

$$\Delta = 0,167H \text{ мм} \quad (2)$$

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В СНиП 3.01.03-91 «Геодезические работы в строительстве» для зданий, возводимых в опалубке предельное отклонение от вертикали принято равным $\Delta = 0,001H$, но не более ± 50 мм.

Исследования проводились в г. Макеевка при возведении двух монолитных 14-этажных зданий в скользящей опалубке (м-н «Зеленый» и м-н «Солнечный»), позволили получить эмпирические зависимости, выраженные уравнениями:

$$\Delta_{\text{зел.}} = 10,4 + 2,46H - 0,028H^2, \quad (3)$$

$$\Delta_{\text{сол.}} = 8,8 + 2,74H - 0,036H^2. \quad (4)$$

При высоте зданий 50 м отклонения от вертикали составили: в м-не «Зеленый» – 63 мм, в м-не «Солнечный» – 56 мм.

Учитывая стесненные условия строительных площадок при точечной застройке высотных зданий основным методом контроля вертикальности, являлось вертикальное проектирование, осуществляемое оптическим прибором ПОВП. Так, для возведения 23 – этажных зданий по проспекту Панфилова в г. Донецке, было предусмотрено создание внутренней плановой сети в каждом здании в виде треугольников. При использовании методики принудительного центрирования, средняя квадратическая погрешность передачи базисного расстояния на монтажный горизонт может быть предвычисленное по формуле:

$$m_{\text{М.Г.}} = \sqrt{2(m_{x_0}^2 + m_{y_0}^2 + m_h^2)}; \quad (5)$$

где m_{x_0}, m_{y_0} – погрешности построения точек базисной сети на исходном горизонте;
 m_h – погрешность вертикального проектирования. При сквозном методе проектирования для $H = 50$ м, $m_{x_0} = m_{y_0} = 1$ мм при расчете точности по формуле:
 $m_h = 0,3 + 0,0142H = 0,3 + 0,71 = 1$ мм получим:

$$m_{М.Г.} = \sqrt{2(1^2 + 1^2 + 1^2)} = 2,45 \text{ мм},$$

т. е. погрешность измеренного базиса на монтажном горизонте не будет превышать 2,5 мм при высоте проектирования 50 м, что позволяет контролировать любую точку монтажного горизонта или опалубки.

Расчеты точности и практика возведения зданий повышенной этажности показывает, что для монтажа опалубки с проектной точностью достаточно основные оси здания выносить с точностью полигонометрии 2 разряда.

Предложенная методика определения крена возводимого высотного здания предусматривает выполнение геодезических измерений по двум противоположным сторонам (в 4-х точках). Для этого на исходном монтажном горизонте должны быть забетонированы 4 кронштейна снаружи здания для установки ПОВП методом принудительного центрирования по которому берут отсчеты по координатной сетке, установленной на любом монтажном горизонте (рисунок).

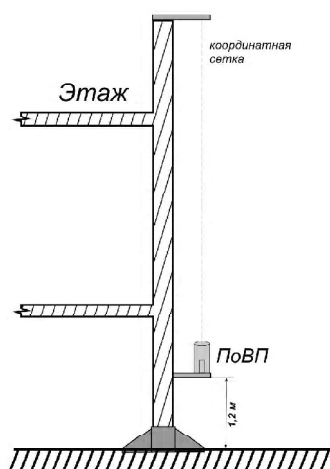


Рисунок – Схема определения крена здания.

Получив результаты измерений с помощью ПОВП на 4-х точках, вычисляют их смещение по отношению к точкам исходного горизонта, а затем и общий крен здания.

Абсолютное смещение вычисляют по формуле:

$$\left. \begin{aligned} U_{X_i} &= X_0 - X_i \\ U_{Y_i} &= Y_0 - Y_i \end{aligned} \right\}, \quad (6)$$

где X_0, Y_0 – координаты точек исходного горизонта,
 X_i, Y_i – координаты определяемого горизонта.

Величину среднего смещения находят по измерениям на каждом этаже

$$U_{Cpч} = \frac{\sum_1^n U_{X_i}}{n}, \quad U_{Cpн} = \frac{\sum_1^n U_{Y_i}}{n}. \quad (7)$$

Разность смещений по осям получают по формулам:

$$\left. \begin{aligned} (\Delta U_{nm})_{X_i} &= (U_n)_{X_i} - (U_m)_{X_i} \\ (\Delta U_{nm})_{Y_i} &= (U_n)_{Y_i} - (U_m)_{Y_i} \end{aligned} \right\}, \quad (8)$$

где n, m – номера точек, на которых устанавливают ПОВП и координаты которых определялись в начальный период строительства высотного здания.

Величина крена по каждой стороне здания определяется в линейной U_{nm} и относительной мере $U = U_{nm} / L$, где L – расстояние между точками n и m ; U_{nm} – смещение данных точек на определяемом этаже. Направление крена определяется по формуле:

$$\alpha = \arctg i. \quad (9)$$

Периодичность определения крена зависит от величины происходящих деформаций. Независимо от величины крена его определение обязательно требуется выполнять при достижении нагрузки на основание 25, 50, 75 и 100 %. Одновременно с определением крена выполняются наблюдения за осадками зданий. Неравномерные осадки здания существенно влияют на вертикальность, устойчивость и качество строительства.

При контроле вертикальности здания в зависимости от его высоты (этажности), условий наблюдений можно применять как оптические, так и лазерные приборы вертикального проектирования. Для сооружений башенного типа возможно применение теодолитов или тахеометров, если позволяют размеры площадок для наблюдательных станций во взаимно перпендикулярных направлениях.

Технические характеристики приборов вертикального проектирования приведены в таблице.

Таблица – Технические характеристики приборов вертикального проектирования

Показатели	Приборы		
	ПОВП (МИИГАИК)	PZL (Цейсс)	ЛВП (лазерный)
Увеличение зрительной трубы, крат	20	31	31
Пределы визирования, м	2,5–60	3–300	3–250
Пределы работы компенсатора	± 10'	± 8'	± 10'
Относительная погрешность проектирования точек	1	1	1
	30 000	50 000	40 000
Масса прибора, кг	1,5	5,0	6,0
Погрешность проектирования на 50 м, мм	1,7–2,0	1,5	2,5
Необходимые проёмы в перекрытии, мм	250	250	250–300

ВЫВОДЫ

Геодезические измерения вертикальности зданий и сооружений при строительстве и эксплуатации представляют сложный процесс, включающий измерения, оценку точности, оптимальный выбор приборов, анализ результатов измерений, определение составляющих величин общего отклонения вертикальной оси от проекта, определения способа движения опалубки и контроль ее движения для монолитных зданий и сооружений. Предложенная методика определения крена высотных зданий и башенных сооружений может эффективно применяться в стесненных условиях городской застройки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инженерная геодезия : учебное пособие / М. И. Лобов, П. И. Соловей, А. Н. Переварюха, А. С. Чирва. – Макеевка : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, 2019. – 200 с. – Текст : непосредственный.
2. Исследование точности передачи осей на монтажный горизонт GPS-методом / П. И. Соловей, А. Н. Переварюха, С. В. Лазарев [и др.]. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2021. – Выпуск 2021-4(150) Научно-технические достижения студентов строительной отрасли. – С. 33–37. – 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: 28.06.2021).
3. Соловей, П. И. Особенности геодезического мониторинга деформаций высотных сооружений в условиях испытаний / П. И. Соловей, А. Н. Переварюха, Т. В. Морозова. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2022. – Выпуск 2022-6(158) Технология, организация, механизация и геодезическое обеспечение строительства. – С. 55–62. – URL: [http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2022/vestnik_2022-6\(158\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2022/vestnik_2022-6(158).pdf) (дата публикации: 26.12.2022).
4. Лобов, М. И. Методика расчета точности геодезических работ при возведении сложных и уникальных сооружений / М. И. Лобов, Т. В. Морозова, О. В. Волощук. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2021. – Выпуск 2021-6(152) Технология, организация, механизация и

- геодезическое обеспечение строительства. – С. 62–68. – URL: [http:// donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2021/vestnik_2021-6\(152\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2021/vestnik_2021-6(152).pdf) (дата публикации: 27.12.2021).
- Сытник, В. С. Геодезический контроль точности возведения монолитных зданий и сооружений / В. С. Сытник, А. Б. Ключин. – Москва : Стройиздат. – 1981. – 115 с. – Текст : непосредственный.
 - СП 126.13330-2012. Геодезические работы в строительстве = Geodetic works in building : издание официальное : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 29 декабря 2011 г. № 635/1 : актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84 : дата введения 2013-01-01 / исполнители ООО «Тектоплан», ГУП «Мосгоргеотрест», МГУГиК (МИИГАиК), ОАО «ГСПИ». – Москва : Минрегион России, 2011. – 84 с. – Текст : непосредственный.

Получена 01.11.2023

Принята 24.11.2023

MICHAIL LOBOV, TATYANA MOROZOVA, OKSANA VOLOSHCHUK
INVESTIGATION OF THE ACCURACY OF VERTICAL PROJECTION DURING
THE CONSTRUCTION AND OPERATION OF HIGH-RISE BUILDINGS AND
TOWER STRUCTURES

FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian Federation, Makeevka

Abstract. The construction of complex and unique buildings and structures requires reliable geodetic support. Multi-storey prefabricated and monolithic buildings are characterized by increased requirements for the accuracy of construction and installation work. One of the developing areas of geodetic monitoring is diagnostics of high-rise buildings and tower structures, both at the construction stage and during subsequent operation. The well-known and developed new methods and techniques of monitoring based on the capabilities of modern geodetic instruments. The article provides an analysis of the foreign experience of geodetic monitoring and research of the accuracy of vertical projection in the construction and operation of high-rise buildings and tower structures. A method for determining the roll of a building under construction is proposed. The algorithm for calculating the accuracy of the transmission of the reference distance to the installation horizon is considered and the reliability of the proposed method of vertical projection in cramped conditions of construction sites is analyzed.

Keywords: vertical projection, non-verticality of monolithic buildings, calculation of the accuracy of geodetic works, the method of determining the roll of the structure.

Лобов Михаил Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры инженерной геодезии ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: комплексные геодезические исследования деформаций высотных сооружений башенного типа.

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

Волочук Оксана Владимировна – старший преподаватель кафедры инженерной геодезии ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: геодезический мониторинг проводов и опор ЛЭП при воздействии различных факторов.

Lobov Michail – D. Sc. (Eng.), Professor, Engineering Geodesy Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: complex geodetic researches of deformations of high-altitude constructions of tower type.

Morozova Tatyana – Senior Lecturer, Engineering Geodesy Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: research movement a terrestrial surface and deformations of buildings and constructions under the influence of underground mountain works.

Voloshchuk Oksana – Senior Lecturer, Engineering Geodesy Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: geodetic monitoring of wires and power transmission line supports under the influence of various factors.

EDN: ASPDYU

УДК 621.874:65.012.12

Т. В. ЛУЦКО, Е. В. ПАВЛОВ, О. Ю. БЛИНДОВСКАЯ, К. Д. ДРАНЕВ, Д. А. ТЕЛЕГИНФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевский, г. Макеевка

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОСТОВЫХ КРАНОВ

Аннотация. В статье проанализировано влияние различных факторов на экономическую эффективность мостовых кранов. Для оценки стоимости мостовых кранов применялся метод корреляционного моделирования. Определены аналитические зависимости, описывающие теоретические линии регрессии стоимости мостовых кранов от их грузоподъемности в виде линейной, степенной и квадратичной функций, а также параболического многочлена 3-й степени. Установлено, что квадратный трехчлен описывает статистическую связь стоимости и грузоподъемности кранов с достаточно высоким приближением. Проанализированы годовые экономические эффекты для мостовых кранов КМ-12,5, КМ-16, КМ-20/5, КМ-32/5 и КМ-50/12,5. Наибольший экономический эффект составил у крана КМ-50/12,5. Установлено, что наиболее значимое влияние оказывает на повышение экономического эффекта крана его производительность, а также не менее важное влияние имеют текущие затраты.

Ключевые слова: корреляция, кран мостовой, метод, оценка, параметр, производительность, стоимость, эффективность.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Технико-экономический анализ проектируемых грузоподъемных кранов является актуальным в настоящее время, поскольку именно на нем базируется обоснование эффективности разрабатываемой новой техники.

Себестоимость проектируемых грузоподъемных кранов является главным этапом технико-экономического анализа. Именно себестоимость определяет стоимость машины.

Методы определения себестоимости (затрат) делятся на два класса [1]:

- 1) методы целостной оценки показателей объекта (параметрические методы – корреляционного моделирования, удельных экономических показателей и экспертных оценок);
- 2) методы оценки расчленения объекта анализа (методы прямой калькуляции).

В настоящей работе в качестве метода целостной оценки стоимости мостовых кранов применяется метод корреляционного моделирования.

В настоящих исследованиях также рассматривается влияние на годовой экономический эффект мостового крана стоимости, производительности и текущих затрат.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Суть метода прямой калькуляции определения себестоимости оцениваемого объекта состоит в анализе всех норм экономических показателей и сравнении с реально осуществленными затратами на производство оцениваемого объекта. Суть параметрических методов заключается в установлении связи между себестоимостью объекта оценки, его техническими параметрами и характеристиками [2].

Обоснование экономической эффективности и анализ технических параметров проектируемого мостового крана осуществляются путем установления взаимосвязи параметров проектируемого крана с показателями эффективности его функционирования [3].

В настоящее время существуют различные подходы по оценке и прогнозированию эффективности строительной техники. Наиболее общим критерием эффективности для грузоподъемных



кранов является критерий удельных приведенных затрат. Удельные приведенные затраты определяются годовыми приведенными затратами и годовой эксплуатационной производительностью.

В комплексе с экономическими критериями используются экологические, эргономические, технические (надежность) критерии [4].

Поскольку связь себестоимости крана от конструктивных и производственно-технологических параметров является корреляционной, то в настоящих исследованиях будем опираться на метод корреляционного моделирования.

Целью настоящего исследования является обоснование и оценка экономической эффективности мостовых кранов.

Задачами являются:

1. Установление аналитической зависимости, описывающей теоретическую линию регрессии зависимости стоимости мостовых кранов от их грузоподъемности.
2. Определение и анализ экономической эффективности мостовых кранов.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Вначале технико-экономического анализа мостовых кранов необходимо найти сходства и различия сравниваемых конструкций машин. Различают три уровня установления сходства [1]:

- первый уровень – функциональное сходство;
- второй уровень – конструктивное сходство;
- третий уровень – параметрическое сходство.

На основании рассмотренных уровней сходства мостовых кранов составлена таблица 1, в которой приведены основные технические параметры конструктивно подобных мостовых кранов [5].

Таблица 1 – Основные технические параметры мостовых кранов

№ п/п	Параметр	Модели кранов				
		КМ-12,5	КМ-16	КМ-20/5	КМ-32/5	КМ-50/12,5
1	Грузоподъемность, т	12,5	16	20	32	50
	– главного подъема	–	–	5	5	12,5
	– вспомогательного подъема	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
2	Пролет, м	16	16	16	16	16
3	Высота подъема, м	–	–	15,7	15,7	15,7
	– главного	0,16	0,16	0,1	0,1	0,1
	– вспомогательного	–	–	0,32	0,2	0,16
4	Скорость подъема, м/с	0,63	0,63	0,77	0,63	0,32
5	Скорость передвижения грузовой тележки, м/с	1,25	1,25	1,13	1,25	0,5
	Скорость передвижения крана, м/с	3	3,7	6,3	8,7	13,5
	Масса крана, т	20,5	21,7	25,5	35	48,5

Примечание. Группа режима работы у всех кранов А5.

Зависимости экономических показателей от параметров изделий и производственного процесса имеют нелинейный характер и вполне точно описываются степенной, гиперболической или параболической функциями.

Самой простой в построении и использовании является линейная математическая модель, однако она может применяться для аппроксимации зависимости на небольших диапазонах изменения параметра. При расширении этих диапазонов увеличиваются ошибки расчетных оценок.

Рассмотрим построение кривых регрессий зависимости стоимости мостовых кранов от их грузоподъемности.

В таблице 2 приведены исходные данные о грузоподъемности и стоимости пяти мостовых кранов, принадлежащих одному параметрическому ряду.

Обработка данных позволила получить следующие выражения для линейной, степенной и квадратичной функций:

Таблица 2 – Стоимость и грузоподъемность мостовых кранов

Номер крана	1	2	3	4	5
Грузоподъемность x , т	12,5	16	20	32	50
Стоимость y , тыс. руб.	2 169,8	2 432,9	3 299,9	5 300	6 360

$$y = 117,25x + 852,38; \quad (1)$$

$$y = 260,36x^{0,8361}; \quad (2)$$

$$y = -2,5478x^2 + 277,86x - 1130,1. \quad (3)$$

Параметры интерполяционного многочлена 3-й степени получены с помощью формулы Лагранжа, многочлен имеет вид:

$$y = -0,147x^3 + 11,066x^2 - 95,983x + 1873,9. \quad (4)$$

На рисунке 1 представлены кривые регрессии для линейной, степенной, квадратичной функций, а на рисунке 2 – для параболического многочлена 3-й степени [6].

В результате проведенного анализа выбор был остановлен на квадратном трехчлене формула (3), которая наилучшим образом выполняет аппроксимирующую роль для рассмотренного ряда мостовых кранов.

Вне статистически определенного интервала $x = 1...5$ интерполяционная функция обнаруживает аномальные отклонения: при $x > 1$ получаются резко заниженные значения y . Таким образом, для решения задачи приближенной экстраполяции параболический многочлен 3-й степени непригоден.

В выборе типа кривой большую роль играет также оценка тесноты связи, которая измеряется коэффициентом корреляции, дисперсией, коэффициентом вариации и другими статистическими показателями [7]. Чем большую тесноту связи обнаруживает кривая, тем более она предпочтительна при прочих равных условиях.

Общая дисперсия σ^2 рассчитывается по формуле:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}, \quad (5)$$

где \bar{y} – среднее арифметическое значение.

Дисперсия выравненных (с помощью корреляционного уравнения) значений показателя относительно его фактических значений составит:

$$\sigma_{B,\Phi}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{B,\Phi} - y_i)^2}{n}. \quad (6)$$

Значения $y_{B,\Phi}$ определяются по линейной функции (1).

Дисперсия измеряет степень рассеяния данных относительно линии регрессии. Очевидно, при строгой функциональной связи $\sigma_{B,\Phi}^2 = 0$. Теснота связи между показателями y и x оценивается коэффициентом корреляции, показывающим, какая часть общей колеблемости y обусловлена изменчивостью аргумента x :

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sigma_{B,\Phi}^2}{\sigma^2}}. \quad (7)$$

Однако при небольшом числе исходных данных (объектов) $n < 30$, рассчитанное по формуле (7), значение коэффициента корреляции оказывается существенно завышенным [1].

Теория корреляционного анализа [1] рекомендует корректировать рассчитанное по формуле (7) значение коэффициента корреляции следующим образом:

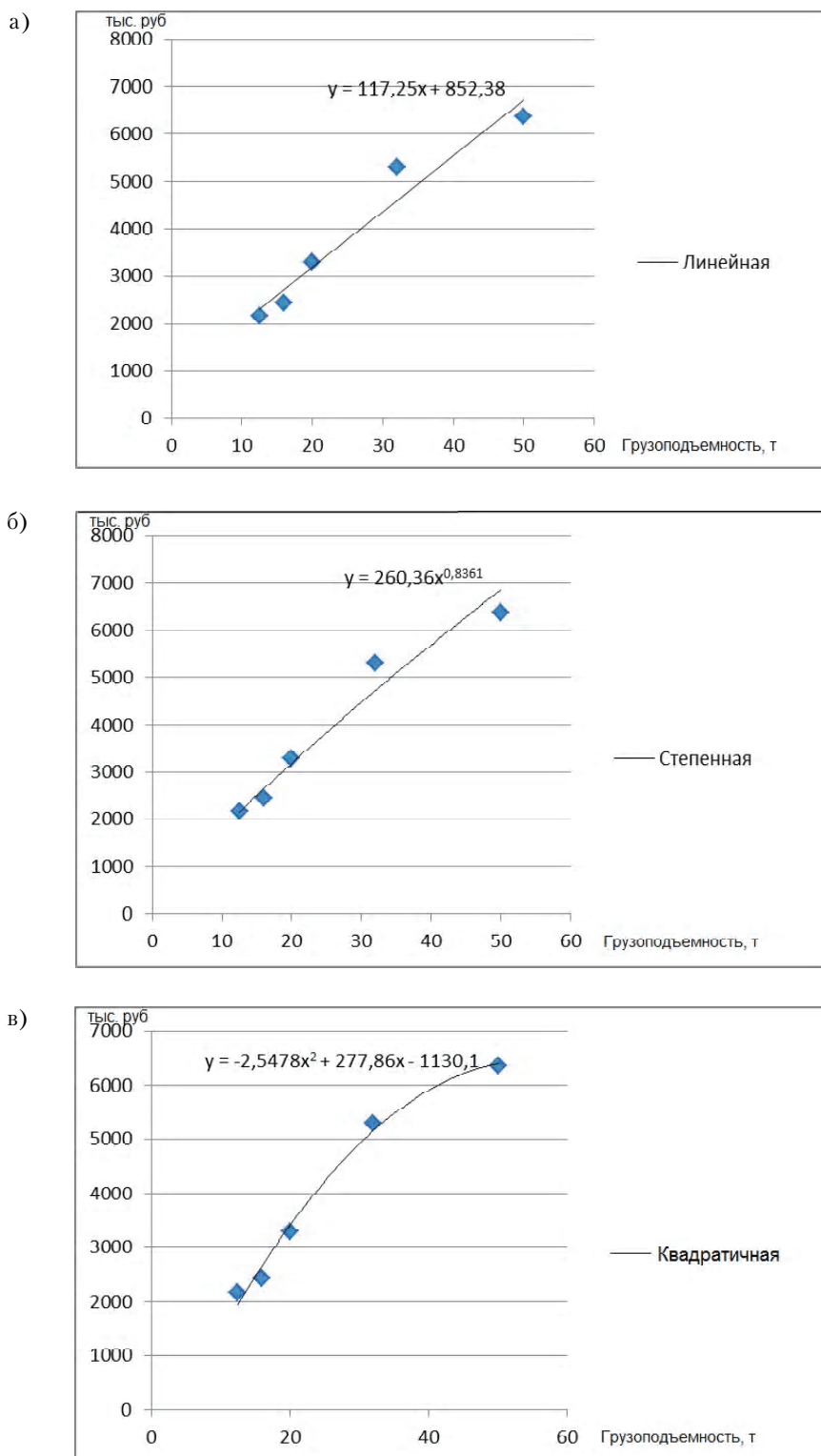


Рисунок 1 – Кривые регрессии стоимости кранов от грузоподъемности: а) линейная; б) степенная; в) квадратичная.

$$R_{КОР} = \sqrt{1 - (1 - R^2) \cdot \frac{n-1}{n-k}} \quad (8)$$

где $R_{КОР}$ – скорректированный коэффициент парной корреляции;
 $k = m + 1$ – число параметров в уравнении регрессии.

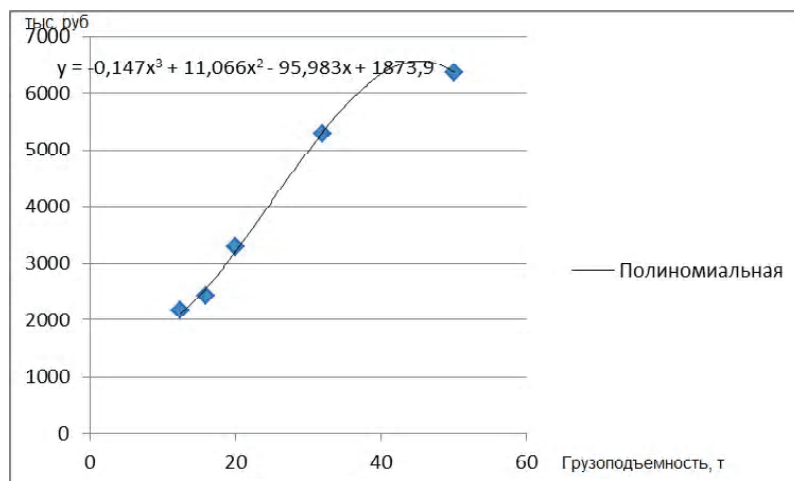


Рисунок 2 – Кривая регрессии полиномиальная 3-й степени стоимости кранов от грузоподъемности.

Обратимся к рассмотрению зависимости стоимости крана от его грузоподъемности. Рассчитаем коэффициент корреляции для случая, когда эта зависимость описывается квадратным трехчленом формулы (3). Данные для расчета коэффициента корреляции берутся из таблицы 3.

Таблица 3 – Данные для определения коэффициента корреляции

x	y	y_B	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	$y_B - y$	$(y_B - y)^2$
12,5	2 169,8	2 318	-1742,7	$3,037 \cdot 10^6$	148,2	$2,2 \cdot 10^4$
16	2 432,9	2 728,4	-1479,6	$2,189 \cdot 10^6$	295,5	$8,73 \cdot 10^4$
20	3 299,9	3 197,4	-612,6	$3,753 \cdot 10^5$	-102,5	$1,05 \cdot 10^4$
32	5 300	4 604,4	1 387,5	$1,925 \cdot 10^6$	-695,6	$4,84 \cdot 10^5$
50	6 360	6 714,9	2 447,5	$5,99 \cdot 10^6$	354,9	$1,26 \cdot 10^5$
$\Sigma x = 130,5$	$\Sigma y = 19562,6$ $\bar{y} = 3912,5$			$\Sigma (y - \bar{y})^2 =$ $= 1,352 \cdot 10^7$		$\Sigma (y_B - y)^2 =$ $= 7,3 \cdot 10^5$

Подставим полученные данные из таблицы 3 в уравнения (5) – (8). В итоге получим коэффициент корреляции:

Таким образом, квадратный трехчлен (3) описывает статистическую связь с достаточно высоким приближением.

Оценку эффективности рассматриваемых мостовых кранов КМ-12,5, КМ-16, КМ-20/5, КМ-32/5 и КМ-50/12,5 проведем на основании расчета годового экономического эффекта.

Наибольший годовой экономический эффект получен для мостового крана с наибольшей грузоподъемностью 50/12,5 т (табл. 4).

Проанализируем, как изменяется экономический эффект при изменении производительности и стоимости крана. В качестве примера рассмотрим пару – краны с двумя подъемами КМ-32/5 и КМ-50/12,5.

Как видно из графика, представленного на рисунке 3, стоимость крана влияет не так существенно, как производительность. То есть более значимый вклад вносит именно производительность крана. А также стоит отметить, что только при производительности крана КМ-50/12,5 свыше 45 т/ч появляется экономический эффект от разработки крана.

Выполним сравнение экономического эффекта от производительности и текущих затрат. Анализ полученного на рисунке 4 графика показал, что наиболее значимое влияние оказывает производительность на повышение экономического эффекта. Текущие затраты также оказывают влияние, хотя не столь значительное в сравнении с производительностью.

Таблица 4 – Основные технико-экономические показатели мостовых кранов

Наименование показателей	Ед. изм.	Значение				
		КМ-12,5	КМ-16	КМ-20/5	КМ-32/5	КМ-50/12,5
Масса машины	т	20,5	21,7	25,5	35	48,5
Эксплуатационная часовая производительность	т/ч	33,2	42,5	23,1	31,8	49,4
Суммарная мощность двигателей крана	кВт	21,4	29	37	56,8	110,8
Инвентарно-расчетная стоимость машины	тыс. руб.	2 169,8	2 432,9	3 299,9	5 300	6 360
Годовые эксплуатационные издержки	тыс. руб.	3 467,2	3 835,7	4 383,8	5 667,9	8 119,7
Срок окупаемости	лет	–	0,4	12,7	8,2	1,1
Годовой экономический эффект	тыс. руб.	–	659	31,4	243,2	991,4

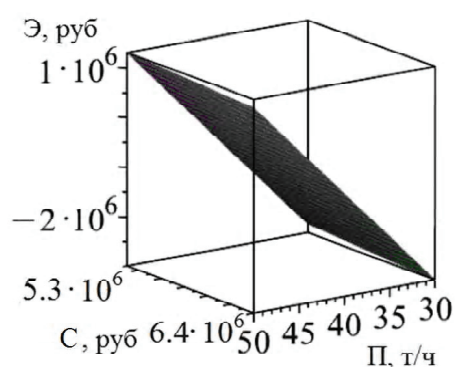


Рисунок 3 – Зависимость годового экономического эффекта от производительности и стоимости крана КМ-50/12,5.

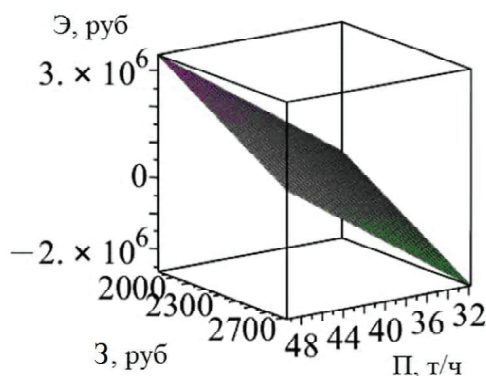


Рисунок 4 – Зависимость годового экономического эффекта от производительности и текущих затрат крана КМ-50/12,5.

ВЫВОДЫ

1. Связь стоимости и параметров мостовых кранов является корреляционной. Построены кривые регрессии стоимости мостовых кранов от грузоподъемности для линейной, степенной, квадратичной функций и для параболы 3-й степени. На основе этих выражений определяется стоимость крана с наибольшей грузоподъемностью. В результате проведенного анализа выбор был остановлен на квадратичной функции, которая наилучшим образом выполняет аппроксимирующую роль для рассмотренного ряда мостовых кранов.

2. Выполнена оценка тесноты связи для уравнений регрессии. Определен коэффициент корреляции для случая, когда эта зависимость описывается квадратным трехчленом. Установлено, что квадратный трехчлен описывает статистическую связь с достаточно высоким приближением $R_{КОР} = 0,887$.

3. Определены годовые экономические эффекты и сроки окупаемости для следующих кранов КМ-16, КМ-20/5, КМ-32/5 и КМ-50/12,5.

Наибольший эффект получен для крана КМ-50/12,5, который составляет 991,4 тыс. руб. Обусловлен он наибольшей производительностью.

4. Проанализированы зависимости годового экономического эффекта мостовых кранов при изменении производительности и стоимости крана, а также производительности и текущих затрат. Установлено, что наиболее значимое влияние оказывает на повышение экономического эффекта производительность, а также не менее важное влияние имеют текущие затраты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кац, Г. Б. Техничко-экономический анализ и оптимизация конструкций машин / Г. Б. Кац, А. П. Ковалев. – Москва : Машиностроение, 1981. – 214 с. – Текст : непосредственный.
2. Оценка машин, оборудования и транспортных средств : учебное пособие для вузов / А. Н. Асаул, В. Н. Старинский, М. А. Асаул, А. Г. Бездудная ; под редакцией А. Н. Асаула. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 183 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-04966-4. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/492942> (дата обращения: 03.10.2023).
3. Галдин, Н. С. Техничко-экономическое обоснование проектирования мостовых кранов / Н. С. Галдин, О. В. Абдулаева, С. В. Еремина. – Текст : непосредственный // Вестник СибАДИ. – Омск : СибАДИ, 2015. – Выпуск 5 (45). – С. 17–21.
4. Гончаров, К. А. Комплексная математическая модель функциональной эффективности грузоподъемного крана / К. А. Гончаров, И. А. Денисов. – Текст : непосредственный // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2017. – № 4. – С. 389–399.
5. Справочник по кранам : в 2 т., том 2. Характеристики и конструктивные схемы кранов. Крановые механизмы, их детали и узлы. Техническая эксплуатация кранов / под общей редакцией М. М. Гохберга. – Москва : Машиностроение, 1988. – 559 с. – Текст : непосредственный.
6. Использование Microsoft Excel 2000 : учебное пособие. Специальное издание ; перевод с английского / Патрик Блатнер, Лори Ульрих, Кен Кук, Тимоти Дик. – Москва : Издательский дом «Вильямс», 2000. – 1024 с. – Текст : непосредственный.
7. Математическая статистика : учебник для вузов / В. Б. Горяинов, И. В. Павлов, Г. М. Цветкова [и др.] ; под редакцией В. С. Зарубина, А. П. Крищенко. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 424 с. – Текст : непосредственный.

Получена 14.11.2023

Принята 24.11.2023

TATYANA LUTSKO, EVGENY PAVLOV, OKSANA BLINDOVSKAYA,
KIRILL DRANEV, DANIL TELEGIN
EVALUATION OF THE ECONOMIC EFFICIENCY OF BRIDGE CRANES
FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian
Federation, Makeevka

Abstract. The article analyzes the influence of various indicators on the economic efficiency of bridge cranes. The correlation modeling method was used to estimate the cost of bridge cranes. Analytical dependences describing the theoretical regression lines of the cost of bridge cranes on their load capacity in the form of linear, power and quadratic functions, as well as a parabolic polynomial of the 3rd degree are determined. It is established that the square trinomial describes the statistical relationship between the cost and the lifting capacity of cranes with a sufficiently high approximation. Annual economic effects for bridge cranes КМ-12.5, КМ-16, КМ-20/5, КМ-32/5 and КМ-50/12.5 are analyzed. The greatest economic effect was at the crane КМ-50/12.5. It is established that the most significant impact on the increase in the economic effect of the crane is its productivity, as well as current costs have an equally important impact.

Keywords: correlation, bridge crane, method, evaluation, parameter, performance, cost, efficiency.

Луцко Татьяна Васильевна – кандидат технических наук, доцент кафедры наземных транспортно-технологических комплексов и средств ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: статика и динамика грузоподъемных кранов.

Павлов Евгений Викторович – магистрант кафедры наземных транспортно-технологических комплексов и средств ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: анализ и оценка эффективности грузоподъемных кранов.

Блиндовская Оксана Юрьевна – магистрант кафедры наземных транспортно-технологических комплексов и средств ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: анализ и оценка эффективности грузоподъемных кранов.

Дранев Кирилл Дмитриевич – магистрант кафедры наземных транспортно-технологических комплексов и средств ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: анализ и оценка эффективности грузоподъемных кранов.

Телегин Данил Александрович – магистрант кафедры наземных транспортно-технологических комплексов и средств ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: анализ и оценка эффективности грузоподъемных кранов.

Lutsko Tatyana – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Land Transport and Technological Complexes and Facilities Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: static's and dynamics of lifting cranes.

Pavlov Evgeny – master's student, Land Transport and Technological Complexes and Facilities Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: analysis and evaluation of the efficiency of lifting cranes.

Blindovskaya Oksana – master's student, Land Transport and Technological Complexes and Facilities Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: analysis and evaluation of the efficiency of lifting cranes.

Dranev Kirill – master's student, Land Transport and Technological Complexes and Facilities Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: analysis and evaluation of the efficiency of lifting cranes.

Telegin Danil – master's student, Land Transport and Technological Complexes and Facilities Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: analysis and evaluation of the efficiency of lifting cranes.

EDN: LGXDDP

УДК 624.012.4:725.4

В. Н. ЛЕВЧЕНКО, А. С. ВОЛКОВ, Е. А. ДМИТРЕНКО, А. А. ХРАМОГИН
ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевский, г. Макеевка

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Аннотация. В современных условиях типология зданий и сооружений, их объемно-планировочные решения непосредственно связываются с особенностями конструктивного решения и методами строительства. В связи с этим особое значение для развития промышленного строительства приобретает комплекс проблем, связанных с синтезом архитектурных и конструктивных решений промышленных зданий. Проектирование железобетонных конструкций традиционно базируется на трех составляющих: конструировании, оптимизации стоимости строительства и начальном качестве. По данным научно-исследовательских институтов из общего количества конструкций, выполненных в железобетоне, примерно 25 % эксплуатируются в агрессивных средах, а четверть из них - в слабоагрессивной среде, где как правило, не предусматривается защита от коррозии, т. е. долговечность конструкций должна обеспечиваться за счет собственной стоимости. В промышленном строительстве следует предусматривать приоритетную разработку планировочных и конструктивных решений зданий с большими пролетами и с укрупненными сетками колонн, крупноразмерными ограждающими конструкциями и агрегированным инженерным оборудованием. Новые типы зданий должны обеспечивать сокращение сроков, снижение стоимости и трудоемкости строительства, эксплуатационных затрат, повышение архитектурных качеств объектов, исполнение требований по охране окружающей среды.

Ключевые слова: эффективность, оптимизация, унификация, факторы.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Анализ проектных решений производственных зданий последних лет показывает, что факторы, способствующие снижению стоимости строительства, не компенсируют факторов, приводящих к повышению стоимости строительства. В связи с этим весьма острым остается вопрос скорейшего внедрения в практику эффективных конструктивных решений промышленных зданий и научно-технических достижений, направленных на повышение эффективности капитальных вложений в строительство.

ЦЕЛИ

Целями исследования являются анализ факторов, влияющих на эффективность конструктивных решений железобетонных промышленных зданий, и выявление наиболее рациональных путей обеспечения прироста производственных мощностей.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Важнейшие тенденции в развитии типов и архитектурно-строительных решений промышленных зданий промышленных зданий в современном строительстве:

- а) унификация объемно-планировочных и конструктивных решений;
- б) стремление к обеспечиванию максимальной универсальности строительных решений в целях наилучшего использования производственных площадей при изменении технологии;



в) создание гибких зданий комплексной поставки.

В результате широкого внедрения работ по межотраслевой унификации уровень типизации сборных железобетонных конструкций по промышленным зданиям в настоящее время достиг 86 %. Такие элементы конструкций, как плиты покрытий и перекрытий, а также панели наружных стен почти полностью типизированы. Уровень типизации ферм и балок покрытий, а также балок и ригелей перекрытий достиг соответственно 91...96 и 81 %, а уровень типизации колонн промышленных зданий – 84 %.

Количество типоразмеров изготавливаемых изделий промышленной номенклатуры в среднем составляет около 160, в то время как номенклатура типовых конструкций для промышленного строительства в российском каталоге насчитывает около 2 000 типоразмеров, из которых 38 % относятся к инженерным сооружениям, 28 % – к многоэтажным и 34 % – к одноэтажным зданиям.

Опыт проектирования и строительства подтверждает рациональность создания территориальных каталогов типовых конструкций, которые были созданы практически для всех промышленных районов. Опыт разработки таких каталогов отражает возможность существенного сокращения числа типоразмеров конструкций с сохранением лишь характерных для определенного региона.

В настоящее время на практике преимущественно используются конструкции, изготовленные из материалов относительно низкой прочности, что, как правило, приводит к перерасходу материальных ресурсов. Это указывает на необходимость освоения более прогрессивных конструкций из высокопрочных или повышенной прочности материалов, которые помимо снижения материалоемкости конструкций должны обеспечивать дальнейшее повышение индустриальности заводского изготовления конструкций и способность организации поточного производства на специализированных линиях.

Индустриализация производства конструктивных элементов и их монтаж – одно из наиболее актуальных направлений дальнейшего роста типизации.

Естественно, что при совершенствовании отдельных конструктивных элементов следует учитывать не только их повторяемость, но и удельный вес в общем наборе конструктивных элементов, формирующих промышленное здание. При этом наибольшее внимание обращается на элементы, удельная стоимость которых в общей стоимости всего здания небольшая. В табл. 1 приведены относительные стоимости элементов здания [2].

Таблица 1 – Относительная стоимость элементов здания

Конструктивные элементы здания	Относительная стоимость элементов в здании, %	
	одноэтажном	многоэтажном
Здание в целом	1	1
Фундаменты	0,07...0,09	0,04...0,13
Несущие конструкции каркаса	0,25...0,28	0,14...0,17
Стены и покрытия	0,24...0,23	0,18...0,24
Перекрытия	–	0,15...0,30
Внутренние ограждения	0,04...0,06	0,05...0,07
Кровля	0,09...0,11	0,02...0,04
Инженерное оборудование	0,02...0,15	0,11...0,20
Прочие	0,10...0,12	0,04...0,06

Процесс индустриализации строительства связан с постоянным совершенствованием номенклатуры продукции, смена которой осуществляется за счет модернизации технологии производства сборного железобетона и других конструкций.

В настоящее время в практике строительной индустрии при производстве сборных и монолитных бетонных и железобетонных конструкций шире применяются высокомарочные цементы, расширяется использование арматурной стали повышенной прочности и стойкости, также бетонов, пропитанных мономерами с последующей их полимеризацией. Реализация этих мероприятий позволит перейти на более широкое применение несущих железобетонных конструкций из бетонов высоких классов В60 и В80 [4].

В будущем должны широко применяться легкие бетоны на пористых заполнителях и ячеистые бетоны, использование которых должно составлять не менее половины общего применения сборных железобетонных конструкций в строительстве.

Использование легких бетонов на искусственных пористых заполнителях и прочих отходах промышленности способствует решению важной проблемы – утилизации отходов в защите окружающей среды.

В Донбассе с развитой металлургией приоритет принадлежит легким бетонам на шлаковой пемзе, изготавливаемой из расплавов доменных шлаков и не требующих практически расхода топлива при производстве.

Увеличение производства сборного железобетона должно быть достигнуто прежде всего за счет модернизации, реконструкции и расширения действующих предприятий и лишь частично – за счет строительства новых крупных предприятий.

Для конструкций покрытия производственных зданий взамен плит по фермам или балкам могут быть использованы крупнопанельные железобетонные плиты на пролет сводчатого типа КЖС и П-образного сечения с малоуклонными плоскими скатами. Эти плиты позволяют полностью заменить типовые железобетонные покрытия из плит размерами 3x6 и 3x12 м по фермам или по балкам и могут применяться в зданиях с пролетом до 24 м, с шагом колонн до 12 м, с мостовыми кранами грузоподъемностью до 32 т, в том числе в агрессивных средах. При этом по сравнению с плоскостными покрытиями сокращается трудоемкость монтажа до 60 %, экономия бетона достигает 35 % и стали 15...25 %.

Ежегодно такими плитами в странах СНГ [5] покрывается около 300 тыс. м² производственных площадей, в то время как целесообразный объем внедрения составляет не менее 5 млн м².

Плиты типа П характеризуются несколько большим расходом металла по сравнению с плитами КЖС, но в производстве они более технологичны благодаря плоской верхней поверхности.

Применение плит замкнутого коробчатого сечения, используемых одновременно и в качестве воздуховодов, обеспечивает снижение приведенных затрат на 30...35 % и расхода стали на 40...45 %.

Составная плита – оболочка для покрытий промышленных зданий пролетом 12...18 м таврового сечения – собирается из одного- и двухосно предварительно напряженных железобетонных пластин (ребра и полка), изготавливаемых на стендах методами непрерывного армирования и безопалубочного формования. Применение составных плит позволяет сократить на 1 м² покрытия расход бетона – на 35 %, стали – на 20 %, трудозатраты – на 20 %.

Разработка эффективных конструкций двухэтажных промышленных зданий с укрупненной сеткой колонн в верхнем этаже способствует расширению области применения таких зданий, а, следовательно, сокращению размеров территории предприятий, протяженности межцеховых коммуникаций, снижению трудоемкости и стоимости строительства.

Ряд усовершенствований внесен в решение отдельных элементов конструкций. Двухветвевые колонны высотой до 14,4 м заменяются колоннами прямоугольного сечения, которые при почти одном и том же расходе бетона требуют на 30 % меньше стали и менее трудоемки при изготовлении. Разработаны для ряда типов одноэтажных зданий предварительно напряженные колонны, при использовании которых может быть достигнуто снижение расхода стали на 20...30 %. Для многоэтажных зданий широко применяются колонны длиной на несколько этажей без стыков. Усовершенствованы конструкции балок покрытий пролетами 6,9 и 12,0 м, повышена несущая способность плит размерами 3x6 и 3x12 м, что позволяет отказаться в большинстве случаев от более материалоемких плит шириной 1,5 м.

Расширяется использование конструкционных бетонов на пористых заполнителях для несущих конструкций в районах, не имеющих местных заполнителей из естественных твердых пород. Развивается производство и применение высокоэффективных утеплителей для ограждающих конструкций зданий.

Предстоит внедрение в строительство двух- и многоэтажных промышленных зданий с укрупненной сеткой колонн повышенной этажности. Ведутся поиски эффективных решений конструкций междуэтажных перекрытий зданий с укрупненной квадратной сеткой колонн.

Наибольшая эффективность использования высокопрочных тяжелых бетонов достигается в конструкциях, несущая способность которых определяется, в основном, работой элементов на сжатие. К таким конструкциям относятся прежде всего колонны зданий и сжатые элементы раскосных ферм (при этом экономия бетона может достигать 40 %) и в определенной степени балки и ригели (экономия до 15...20 %).

Увеличение прочности бетона в конструкциях массового применения повышает качество изделий, а в ряде случаев и существенно снижает косвенное армирование и расход стали в целом.

Для одноэтажных производственных зданий разработаны конструкции колонн из высокопрочного бетона эффективных сечений (кольцевые, двутавровые, П-образные). Использование бетона класса

В45 вместо классов В25-В30 в сборных колоннах одноэтажных зданий при изменении прямоугольного сечения на кольцевое или двутавровое позволяет сократить объем бетона до 30 % и уменьшить расход стали до 25 %, хотя есть определенные технологические трудности при изготовлении колонн двутаврового сечения.

В колоннах многоэтажных зданий замена бетона классов В25-В30 бетоном классов В45-В55 без изменения опалубочных размеров сечения колонн нижних этажей способствует уменьшению расхода стали на 1 м³ конструкции до 200 кг.

Практика строительства подтверждает эффективность использования высокопрочных бетонов в каркасах многоэтажных зданий с укрупненной сеткой колонн (6×9, 9×8, 6×12 м) не только в колоннах, но и ригелях и ребристых плитах перекрытий при больших нагрузках.

Применение бетона класса В45 в колоннах двутаврового сечения одноэтажных промышленных зданий вместо бетона класса В25 в колоннах прямоугольного сечения снижает объем бетона и массу конструкции на 40...60 %, расход стали – на 50...60 %, трудоемкость и приведенные затраты на 35 %.

В некоторых случаях на практике отказываются от колонн двутаврового сечения из-за технологических особенностей их изготовления.

Также эффективно применение бетона классов В60 в колоннах кольцевого сечения по сравнению с двухветвевыми типовыми колоннами.

Применение бетонов высоких марок и высокопрочной стали с предварительным напряжением арматуры растянутого нижнего пояса позволяет весьма эффективно применять безраскосные фермы в зданиях с межфермерными этажами.

В многоэтажных зданиях с межфермерными этажами безраскосные фермы связаны с колоннами и, являясь составной частью каркаса этих зданий, работают как ригели многоярусных рам. В табл. 2 приведены технико-экономические показатели вариантов конструктивных решений межфермерных этажей [1, 3].

Таблица 2 – Технико-экономические показатели вариантов конструктивных решений

Вариант	Конструктивное решение	Расход железобетона на ячейку 18×12 м					
		Покрытие и перекрытие		Каркас		Итого	
		Всего м ³	Приведенная толщина, см	Всего м ³	Приведенная толщина, см	Всего м ³	Приведенная толщина, см
А	Шаг фермы 12 м, настил покрытия – ребристые панели 12×3 м, настил перекрытия пустотные панели 12×3 м	37,3	8,7	10	2,3	47,3	11
Б	Шаг ферм 12 м, настил покрытия – ребристые панели 12×3 м; перекрытие – 12 м прогоны с 6 м пустотным настилом	34,5	8	18,7	4,3	58,2	12,3
В	Шаг ферм 12 м, перекрытие – 12 м прогоны с 6 м ребристым настилом; покрытие – 12 м прогоны с 6 м пустотным настилом	31,7	7,3	21,3	5	53	12,3
Г	Шаг стропильных ферм 6 м подстропильная ферма пролетом 12 м; покрытие – настил из 6 м ребристых панелей; перекрытие из 6 м пустотных панелей	32,7	7,3	20,3	4,7	52	12

В табл. 3 приведен расход бетона на каркасы здания с межфермерными этажами и здания из типовых конструкций с сеткой колонн 6×6 м на ячейку 24×6 м и высотой в один ярус (один основной и один межфермерный этаж).

Применение зданий с межфермерными этажами позволяет снизить расход бетона на 20 %, стали – на 11 %. Кроме того, количество сборных элементов, а значит, и количество сварных стыков в каркасе

Таблица 3 – Расход бетона на каркасы зданий

Тип здания	Расход материалов на одну ячейку			
	бетона, м ³		стали, кг	
	Абсолютная величина	%	Абсолютная величина	%
Из типовых конструкций с межфермерными этажами	56,1	100	6 380	100
	44,8	80	5 998	89

многоэтажного здания с межфермерными этажами в 2,0...2,5 раза меньше, чем в типовом здании с пристройкой. Это позволяет значительно снизить трудоемкость и стоимость монтажа конструкций.

При объеме внедрения на 1 млн м³ конструкций из бетонов класса В40 и выше по наметившейся структуре применения и номенклатуре в промышленном и жилищно-гражданском строительстве достигается экономический эффект: экономия стали – 40 тыс. т, снижение объема бетона – 200 тыс. м³, массы конструкции – 500 тыс. т и трудовых затрат – около 250 тыс. чел.-дней.

Весьма актуальное направление повышения эффективности железобетонных конструкций – учет в работах их совместной и пространственной работы, что позволит в ряде случаев существенно снизить расход материалов. В наибольшей мере этот вопрос проработан применительно к плитам покрытия и строительным конструкциям промышленных зданий.

Существенного развития требуют методы расчета и проектирования сборно-монолитных и особенно монолитных конструкций, так как создаются новые эффективные формы и обеспечивается снижение расхода металла, цемента и сокращается трудоемкость.

Особое внимание следует уделить изучению влияния различных нарушений, приближенных к реальным условиям эксплуатации конструкций, оценке влияния нагрузок длительного воздействия в сочетании с кратковременными различной интенсивности и направленности, что позволит более обоснованно вести проектирование, обеспечивая эффективную безаварийную работу конструкций.

В настоящее время разработаны и внедрены несущие и навесные трехслойные стеновые панели с гибкими связями и эффективным утеплителем для каркасных зданий, навесные однослойные легкобетонные стеновые панели с пониженным процентом армирования, массовое внедрение которых позволит получить экономию стали в размере 1,6 тыс. т.

Разработанные, в том числе на основе опыта Финляндии и США, конструктивные решения армирования стыков многпустотных панелей позволяют применять их не только в качестве длинномерных плит перекрытий пролетом до 9...12 м, но и использовать в качестве панелей внутренних стен с вертикальными каналами и панелей наружных стен с утеплителем.

Таким образом, эффективность железобетонных конструкций зданий и сооружений достигается за счет следующих мероприятий:

- расширение области применения основных типов сборных железобетонных конструкций на основе межвидовой унификации;
- разработка конструкций с бессварными узлами сопряжения, укрупнения монтажных элементов;
- расширения использования высокомарочной арматуры и высокопрочных бетонов;
- новых конструктивных решений на основе передовой технологии изготовления;
- совершенствования методов расчетов конструкций с учетом их пространственной работы в зданиях и сооружениях, в том числе применения расчетных схем, наиболее близких к действительной работе;
- развития и более широкого использования программно-информационного обеспечения автоматизированных систем проектирования с выбором оптимальных по расходу материалов вариантов;
- совершенствование норм проектирования конструкций и норм нагрузок и воздействий.

Поиск оптимальных объемно-планировочных решений зданий связан с определением и анализом следующих технико-экономических показателей: объемно-планировочных решений, строительных затрат; эксплуатационных расходов.

При проектировании следует учитывать, что экономичность объемно-планировочных решений достаточно объективно отражается в значениях ТЭП.

В общих затратах на СМР по возведению промышленных зданий стоимость общестроительных работ составляет в среднем 80 %.

Уровень строительных и эксплуатационных затрат одноэтажных зданий во многом зависит от площади здания, его конфигурации в плане.

Выбор конкретного объемно-планировочного решения производственного здания следует всесторонне обосновать экономическим расчетом.

Повышение эффективности капитальных вложений за счет улучшения конструктивных решений промышленных зданий непосредственно связано с достижениями научно-технического прогресса в строительстве.

В целом экономичность конструктивных решений промышленных зданий связана с учетом таких факторов эффективности, как снижение трудоемкости, а также фондоемкости строительства и будущего промышленного производства, сокращение эксплуатационных расходов. Поиск оптимального конструктивного решения базируется на всестороннем анализе факторов и тщательном обосновании выбора тех или иных решений с учетом условий сопоставимости показателей конкретных условий проектирования и строительства.

ВЫВОДЫ

Анализ состояния промышленного строительства в России показывает, что доля строительно-монтажных работ все еще ниже по сравнению с другими государствами, что объясняется наличием используемых мощностей. Это, в свою очередь, позволяет направлять преобладающую часть капитальных вложений на реконструкцию и техническое перевооружение действующих предприятий без ввода новых площадей.

Обеспечение прироста производственных мощностей обеспечивается, в первую очередь, за счет технического перевооружения предприятий, модернизации оборудования и проведения организационно-технических мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Губій, М. М. Технічна експлуатація та реконструкція будівель і споруд : навчальний посібник / М. М. Губій, С. В. Клименко. – Полтава : ПолтНТУ, 2000. – 147 с. – Текст : непосредственный.
2. Шевченко, В. М. Удосконалення проектних рішень і оцінка ефективності проектів промислових будівель : навчальний посібник Міністерства освіти і науки України / В. М. Левченко, Д. В. Левченко. – Макіївка : [б. и.], 2004. – 310 с. – Текст : непосредственный.
3. Шевченко, В. Н. Эффективные конструктивные и технические инженерные решения и анализ факторов, влияющих на долговечность железобетонных конструкций, эксплуатируемых зданий и сооружений : учебное пособие / В. Н. Левченко, Д. В. Левченко, Н. А. Невгень. – Макеевка : [б. и.], 2018. – 243 с. – Текст : непосредственный.
4. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения = Concrete and reinforced concrete structures. General provisions : издание официальное : утвержден Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 19 декабря 2018 г. N 832/пр и введен в действие с 20 июня 2019 г. : актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 : дата введения 2019-06-20 / АО «НИЦ "Строительство"» – НИИЖБ им. А. А. Гвоздева. – Москва : [б. и.], 2019. – (Свод правил). – Текст : непосредственный.
5. Хромец, Ю. А. Современные конструкции промышленных зданий / Ю. А. Хромец. – Москва : Стройиздат, 1991. – 351 с. – Текст : непосредственный.

Получена 10.11.2023

Принята 24.11.2023

VICTOR LEVCHENKO, ANDREI VOLKOV, EVGENIY DMITRENKO,
ALEKSANDR KHRAMOGIN
ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING THE EFFICIENCY OF REINFORCED
CONCRETE STRUCTURES IN THE CONSTRUCTION OF INDUSTRIAL
FACILITIES
FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian
Federation, Makeevka

Abstract. In modern conditions, the typology of buildings and structures, their space-planning solutions are directly related to the features of the design solution and construction methods. In this regard, a set of problems are associated with the synthesis of architectural and structural solutions for industrial buildings are of particular importance for the development of industrial construction. The design of reinforced concrete

structures is traditionally based on three components: design, optimization of construction costs and initial quality. According to research institutes, approximately 25 % of the total number of structures made of reinforced concrete, are in aggressive environments and a quarter of those are operated in a slightly aggressive environment, where, as a rule, protection against corrosion is not provided, i.e. durability of the structures must be ensured at their own cost. The development of planning and design solutions for buildings with large spans and large grids of columns, large-sized enclosing structures and aggregated engineering equipment should be given as the priority in industrial construction. New types of buildings for various purposes should ensure a reduction in time of construction, in the cost and labor intensity, in the operating costs, and an increase in the architectural qualities and compliance with environmental protection requirements.

Keywords: efficiency, optimization, unification, factors.

Левченко Виктор Николаевич – кандидат технических наук; профессор; заведующий кафедрой железобетонных конструкций ФГБОУ ВО «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.

Волков Андрей Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: Исследование прочностных и деформативных свойств конструкций их модифицированного высокопрочного бетона, оценка технического состояния и проектирование железобетонных конструкций.

Дмитренко Евгений Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие методик определения характеристик напряженно-деформированного состояния железобетонных элементов при сложных режимах силового и температурного воздействий, оценка технического состояния и проектирование железобетонных конструкций.

Храмогин Александр Андреевич – ассистент кафедры железобетонных конструкций ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие методик определения характеристик напряженно-деформированного состояния железобетонных элементов при сложных режимах силового и температурного воздействий.

Levchenko Victor – Ph. D. (Eng.); Professor; Head of Reinforced Concrete Constructions Department, FSBEI HE «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.

Volkov Andrei – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Reinforced Concrete Constructions Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: determination of strength and strain properties of modified high strength concrete structures, estimation of technical state and design of reinforced concrete constructions.

Dmitrenko Evgeniy – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Reinforced Concrete Constructions Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: development of methods of estimation of characteristics of the stress-strain state of reinforced concrete elements under complex modes of power and temperature influences, estimation of technical state and design of reinforced concrete constructions.

Khramogin Aleksandr – assistant, Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Reinforced Concrete Constructions Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: development of methods of estimation of characteristics of the stress-strain state of reinforced concrete elements under complex modes of power and temperature influences.

СОДЕРЖАНИЕ

КОЖЕМЯКА С. В., КРУПЕНЧЕНКО А. В. Повышение эффективности устройства полов	5
МАЗУР В. А., КИСЕЛЁВА В. О. Определение рациональной толщины бетонного основания пола на каре резервуарных парков хранения нефти и нефтепродуктов на водонасыщенных грунтах	11
БЕЛОВ Д. В., АУЛОВ А. В. Анализ организационно-технологических решений при монтаже большепролетного мембранного покрытия	19
ЮГОВ А. М., ВЕТРОВ С. Д. Сравнительный анализ схем монтажа стальных каркасов многоэтажных зданий	26
МАЗУР В. А., ЧАЙКА М. А. Техничко-экономическое обоснование усовершенствованного конструктивного решения утепленного бескаркасного сводчатого покрытия из стальных тонкостенных холодногнутых арочных профилей	35
ТАРАН В. В., КУЦЕНКО Т. Н., БАТАРОН М. Г. Анализ конструктивно-технологических решений возведения монолитных перекрытий при реконструкции бескаркасных зданий	44
НОВИЦКАЯ Е. И., СВЯЩЕНКО А. А. Техничко-экономическое сравнение конструктивно- технологических решений устройства внутренней отделки стен многоэтажных жилых домов	55
ТАРАН В. В., ИХНО А. В., ВАЩЁНОК Н. Н. Возведение сталежелезобетонных колонн при строительстве каркасно-монолитных многоэтажных зданий	62
ЮГОВ А. М., ТОМЧИК А. С. Технология и организация работ при усилении монолитных железобетонных пилонов	70
СОЛОВЕЙ П. И., ПЕРЕВАРЮХА А. Н., БЕЛОВА А. А. Геодезический мониторинг геометрических параметров колонн и подкрановых путей мостовых кранов	77
ЛОБОВ М. И., МОРОЗОВА Т. В., ВОЛОЩУК О. В. Исследование точности вертикального проецирования при строительстве и эксплуатации высотных зданий и башенных сооружений	83
ЛУЦКО Т. В., ПАВЛОВ Е. В., БЛИНДОВСКАЯ О. Ю., ДРАНЕНВ К. Д., ТЕЛЕГИН Д. А. Оценка экономической эффективности мостовых кранов	88
ЛЕВЧЕНКО В. Н., ВОЛКОВ А. С., ДМИТРЕНКО Е. А., ХРАМОГИН А. А. Анализ факторов, влияющих на эффективность железобетонных конструкций в строительстве промышленных объектов	96

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.

CONTENTS

KOZHEMYAKA SERGEI, KRUPENCHENKO ANNA. Improving the Efficiency of the Floor Arrangement	5
MAZUR VICTORIA, KISELIOVA VICTORIA. Determination of the Rational Thickness of the Concrete Base of the Floor of the Tank Farms for the Storage of oil and Petroleum Products on Water-Saturated Soils	11
BELOV DENIS, AULOV ALEXANDER. Analysis of Organizational and Technological Solutions for the Installation of a Large-Span Membrane Coating	19
YUGOV ANATOLY, VETROV STANISLAV. Comparative Analysis of Multi-Storey Buildings Steel Frames Installation Schemes	26
MAZUR VICTORIA, CHAYKA MARIA. Feasibility Study of an Improved Design Solution of Insulated Frameless Vaulted Covering Made of Thin-Walled Cold-Curved Arched Steel Profiles	35
TARAN VALENTINA, KUTSENKO TATYANA, BATARON MAXIM. Analysis of Structural and Technological Solutions for the Construction of Monolithic Floors During the Reconstruction of Frameless Buildings	44
NOVITSKAYA ELENA, SVAYSHENKO ANNA. Technical and Economic Comparison of Structural and Technological Solutions for the Interior Wall Decoration of Multi-Storey Residential Buildings	55
TARAN VALENTINA, IHNO ANNA, VASHCHENOK NIKOLAY. Construction of Steel-Reinforced Concrete Columns in the Construction of Frame-Monolithic Multi-Storey Buildings	62
YUGOV ANATOLIY, TOMCHIK ANASTASIA. Technology and Organization of Work in Strengthening Monolithic Reinforced Concrete Pylons	70
SOLOVEJ PAVEL, PEREVARJUHA ANATOLY, BELOVA ALINA. Features of Geodetic Monitoring of Deformations of High-Rise Structures under Test Conditions	77
LOBOV MICHAIL, MORZOVA TATYANA, VOLOSHCHUK OKSANA. Investigation of the Accuracy of Vertical Projection During the Construction and Operation of High-Rise Buildings and Tower Structures	83
LUTSKO TATYANA, PAVLOV EVGENY, BLINDOVSKAYA OKSANA, DRANEV KIRILL, TELEGIN DANIL. Evaluation of the Economic Efficiency of Bridge Cranes	88
LEVCHENKO VICTOR, VOLKOV ANDREI, DMITRENKO EVGENIY, KHRAMOGIN ALEKSANDR. Analysis of Factors Influencing the Efficiency of Reinforced Concrete Structures in the Construction of Industrial Facilities	96

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.