

ВЕСТНИК

ДОНБАССКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ



Выпуск 2021-6(152)

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

ГОУ ВПО “Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры”

ВЕСТНИК

**Донбасской национальной академии
строительства и архитектуры**

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

Выпуск 2021-6(152)

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

Макеевка 2021

ДООУ ВПО “Донбаська національна академія
будівництва і архітектури”

ВІСНИК

**Донбаської національної академії
будівництва і архітектури**

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

Випуск 2021-6(152)

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

Макіївка 2021

Основатель и издатель

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Свидетельство о регистрации средства массовой информации серия AAA № 000094

выдано 17.01.2017 г. Министерством информации ДНР

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

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

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

Выпускается по решению ученого совета

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Протокол № 4 от 29.11.2021 г.

Редакционный совет:

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

Муцанов 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., д. т. н., профессор;

Лобов М. И., д. т. н., профессор;

Муцанов В. Ф., д. т. н., профессор;

Пенчук В. А., д. т. н., профессор;

Петраков А. А., д. т. н., профессор;

Шаленный В. Т., д. т. н., профессор;

Югов А. М., д. т. н., профессор.

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

Программное обеспечение С. В. Гавенко

Компьютерная верстка Е. А. Солодкова

Подписано к выпуску 27.12.2021

Адрес редакции и издателя

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

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

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

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

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

Выпущено в полиграфическом центре

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

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

© ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 2021

Засновник і видавець

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

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

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

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

Випускається за рішенням Вченої ради
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»
Протокол № 4 від 29.11.2021 р.

Редакційна рада:

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

Редакційна колегія:

Горожанкін С. А., д. т. н., професор;	Мушанов В. П., д. т. н., професор;
Горохов Є. В., д. т. н., професор;	Пенчук В. О., д. т. н., професор;
Кожемяка С. В., к. т. н., доцент;	Петраков О. О., д. т. н., професор;
Левченко В. М., д. т. н., професор;	Шалений В. Т., д. т. н., професор;
Лобов М. І., д. т. н., професор;	Югов А. М., д. т. н., професор.

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

Підписано до випуску 27.12.2021

Адреса редакції і видавця

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

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

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

© ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», 2021

УДК 69.059.3

С. В. КОЖЕМЯКА, А. В. КРУПЕНЧЕНКО

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ

Аннотация. Для усиления конструкций применяют методы, разработанные исходя из технической целесообразности и экономичности и обеспечивающие безопасную эксплуатацию. В статье рассмотрены наиболее распространенные методы усиления многпустотных и монолитных железобетонных плит перекрытия. Представлен альтернативный метод усиления плит железобетонных перекрытий, его преимущества и недостатки. Описаны технология, преимущества и недостатки метода внешнего армирования на основе композитных материалов. В ходе исследования проводилось сравнение вариантов усиления по следующим показателям локальных смет: трудоемкость устройства усиления, сметная стоимость, заработная плата рабочих, стоимость материалов, изделий и конструкций. На основании технико-экономических показателей в результате сравнения вариантов усиления плит перекрытия (при равных условиях) сделан вывод о наиболее экономичном виде усиления.

Ключевые слова: усиление, торкретирование, композитные материалы, углеродное волокно, холст, ламинаты, адгезив, армирование железобетонных конструкций.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Усиление конструкций зданий является одной из наиболее актуальных задач в строительстве. Причем усиления могут требовать как эксплуатируемые здания (по причине естественного износа), так и совершенно новые. Наиболее распространенными причинами усиления зданий из железобетона являются [1]:

- реконструкция и/или перепланировка зданий;
- ошибки проектирования;
- нарушения технологии строительства;
- снижение фактической прочности бетона;
- разрушение бетона, вызванное пожаром;
- повышение несущих нагрузок;
- усадочные и силовые трещины;
- ранняя распалубка и другие.

Главными требованиями, предъявляемые к разрабатываемым техническим решениям по усилению строительных конструкций, являются требования надежного восстановления или увеличения несущей способности конструкций, безопасной эксплуатации, минимизации стоимости, трудоемкости и продолжительности работ по усилению конструкций, использования наиболее доступных материалов, возможности продолжения эксплуатации здания в период производства работ и т. д.

Поэтому для усиления строительных конструкций следует применять методы, разработанные исходя из технической целесообразности и экономичности, обеспечивающие безопасную эксплуатацию [2]. **Целью** данного исследования является выбор технологии усиления железобетонных плит перекрытия с учетом вышеизложенных требований.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Для усиления многпустотных железобетонных плит наиболее часто применяются следующие варианты усиления:

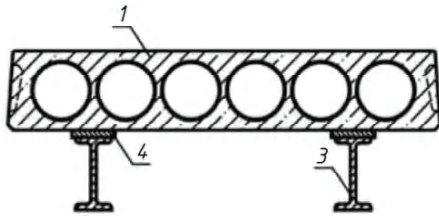


Рисунок 1 – Подведение металлических разгружающих балок снизу: 1 – усиливаемая плита; 3 – разгружающая балка; 4 – зачеканка шва раствором.

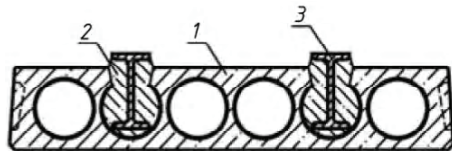


Рисунок 2 – Подведение металлических разгружающих балок сверху: 1 – усиливаемая плита; 2 – монолитный бетон; 3 – разгружающая балка.

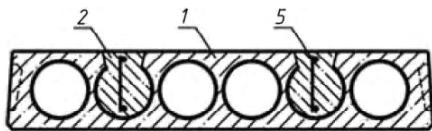


Рисунок 3 – Замоноличивание в пустотных каналах дополнительных арматурных каркасов: 1 – усиливаемая плита; 2 – монолитный бетон; 5 – дополнительный арматурный каркас.

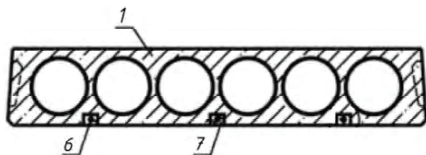


Рисунок 4 – Установка дополнительных арматурных стержней в пазах на полимеррастворе: 1 – усиливаемая плита; 6 – дополнительный арматурный стержень; 7 – полимерраствор.

росшей нагрузке, но с одновременным увеличением высоты сечения. Минимальную толщину набетонки в плитах принимают равной 30 мм. Если качество поверхности бетона под набетонкой установить невозможно вследствие загрязнения, промасливания и т. д., то плиту набетонки рассчитывают и конструируют как работающую самостоятельно, а не монолитно с усиливаемой плитой.

2. Усиление плит наращиванием снизу (рис. 6). Способ подрачивания заключается в нанесении на потолочную поверхность плиты слоя бетона, армированного сеткой. При этом наращивание выполняется обычно путем торкретирования с постановкой дополнительной арматуры, которую приваривают к существующей арматуре плиты, для чего через 500...700 мм вырубает поперечные борозды до существующей арматуры, обнажая ее.

3. Устройство железобетонного наращивания снизу или сверху плиты при недостаточном сцеплении нового бетона со старым. При недостаточном сцеплении нового бетона со старым возможно устройство железобетонного наращивания снизу (рис. 7) и сверху (рис. 8) плиты с установкой анкеров в заранее просверленные отверстия.

1. Подведение металлических разгружающих балок снизу (рис. 1). К достоинствам данного вида усиления относятся простота изготовления и надежность. При выполнении работ не нарушается целостность конструкции. Недостатком является высокая металлоемкость. Подведенные балки имеют значительную высоту и нарушают эстетические требования, предъявляемые к нижележащим помещениям. Данный вид усиления пригоден только для плит, опирающихся на стены. При опирании плит на балки или ригеля данный вид усиления трудновыполним.

2. Подведение металлических разгружающих балок сверху (рис. 2). Металлические балки устанавливаются в пустоты плиты сверху. При этом не нарушаются эстетические требования нижележащих помещений. Однако при сохранении такой же высокой металлоемкости (как в варианте 1) возрастает трудоемкость изготовления. При выполнении работ разрушается сжатая (рабочая) полка плиты. Вес плиты значительно увеличивается за счет бетона, замоноличивающего металлические балки в пустоте плиты.

3. Замоноличивание в пустотных каналах дополнительных арматурных каркасов сохраняет все преимущества и недостатки варианта 2 (рис. 3), кроме металлоемкости, которая при этом значительно сокращается. Также данный вариант позволяет устанавливать дополнительные каркасы не на всю длину плиты, а только в расчетных сечениях.

4. Установка дополнительных арматурных стержней в пазах на полимеррастворе в ребрах плит (рис. 4). Преимущества: не увеличение габаритов усиливаемой конструкции, небольшая металлоемкость, возможность установки стержней усиления только в расчетных сечениях. Недостатки: значительная стоимость полимерраствора, высокая трудоемкость при прорезании пазов, невозможность применения в плитах с большим пролетом, где в ребрах в местах установки дополнительных стержней уже по проекту стоят рабочие стержни.

Для усиления монолитных железобетонных плит наиболее часто применяются следующие варианты усиления:

1. Усиление наращиванием сверху (рис. 5). Дополнительную арматуру устанавливают сверху как надпорную арматуру неразрезных плит, сечение пролетной арматуры можно не увеличивать, так как толщину наращивания выбирают такой, чтобы пролетной арматуры было достаточно при воз-

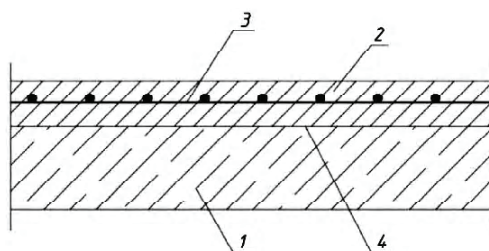


Рисунок 5 – Нарастивание монолитного слоя сверху: 1 – усиваемая плита; 2 – монолитный слой бетона; 3 – арматурная сетка; 4 – поверхность сцепления монолитного бетона с плитой.

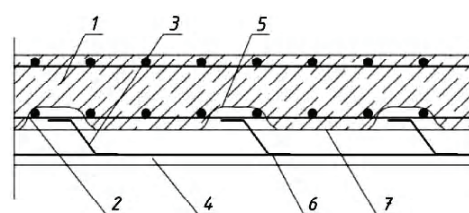


Рисунок 6 – Нарастивание монолитного слоя снизу: 1 – усиваемая плита; 2 – рабочая арматура усиления; 3 – арматурные отгибы; 4 – торкретбетон; 5 – вырубленный защитный слой бетона; 6 – сварка; 7 – нижняя поверхность плиты, подготовленная к бетонированию.

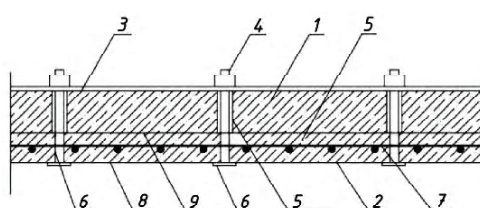


Рисунок 7 – Устройство железобетонного нарастивания снизу плиты при недостаточном сцеплении нового бетона со старым: 1 – усиваемая железобетонная плита; 2 – железобетонное нарастивание; 3 – стальная полоса, прикрепленная к плите анкерными болтами; 4 – анкерные болты, установленные в просверленные в плите отверстия; 5 – отверстия, просверленные в плите; 6 – шайбы; 7 – арматурная сетка, приваренная к стальным полосам; 8 – бетон нарастивания, наносимый методом торкретирования; 9 – поверхность усиваемой плиты, подготовленная к бетонированию).

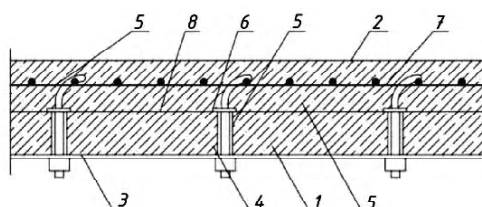


Рисунок 8 – Устройство железобетонного нарастивания сверху плиты при недостаточном сцеплении нового бетона со старым: 1 – усиваемая железобетонная плита; 2 – железобетонное нарастивание; 3 – стальная полоса, прикрепленная к плите анкерными стержнями; 4 – анкерные стержни с крюками, установленные в просверленные отверстия; 5 – отверстия, просверленные в плите; 6 – шайбы; 7 – арматурная сетка, прикрепленная к плите анкерными стержнями; 8 – поверхность усиваемой плиты, подготовленная к бетонированию.

Усиления железобетонных плит, выполняемые согласно вышеописанным техническим решениям, не всегда эффективны, т. к. могут требовать увеличения объема строительных элементов (уменьшение объема помещения) и отселения жильцов.

Альтернативный метод усиления плит железобетонных перекрытий, его преимущества и недостатки.

Усиление железобетонных конструкций методом внешнего армирования композитными материалами – это установка наклеиванием на железобетонную конструкцию изделий заводского изготовления из композитных материалов (ламинатов) или послойное наклеивание термореактивными адгезивами изделий из непрерывного углеродного или стеклянного волокна (холстов, сеток и других тканых материалов) с последующим отверждением и образованием однослойного или многослойного композитного материала [3].

Композитный материал – это изделие в виде ламинатов, холстов, сеток и других тканых материалов, состоящее из углеродных, арамидных или стеклянных волокон, объединенных полимерной матрицей [4].

Композиционные материалы обладают рядом существенных преимуществ по сравнению с традиционным стальным прокатом [5]:

- 1) высокой прочностью на растяжение и модулем упругости, сопоставимыми или даже превосходящими аналогичные показатели стали;
- 2) плотностью в 3–5 раз меньшей, чем у стали, в результате масса усиливаемой конструкции увеличивается незначительно;
- 3) не подвержены агрессивному воздействию внешней среды, в том числе коррозии;
- 4) позволяют производить работы по ремонту и усилению строительных конструкций с минимальными перерывами в эксплуатации сооружения.

Для усиления железобетонных конструкций наиболее подходят композитные материалы на основе углеродных волокон. Они обладают высокой прочностью на растяжение и сжатие, близким к стали модулем упругости. Аналогичные материалы на основе арамидных волокон имеют меньшую прочность на сжатие, а стеклопластики – низкий модуль упругости [5].

Композиционные материалы можно подразделить на две группы: формируемые непосредственно при производстве работ на строительном объекте и заводского изготовления.

Первая группа основывается на использовании тканей (холстов) с расположением волокон в одном (однонаправленные) либо в нескольких направлениях. Холсты наклеиваются на поверхность усиливаемой конструкции послойно с помощью специальных эпоксидных смол с пропиткой смолами каждого слоя. Композит формируется при отверждении смолы в естественных условиях.

Композиты второй группы (ламинаты) – жесткие. Они производятся в заводских условиях путем пропитки тканей полимерными составами с последующим формированием пакета из необходимого количества слоев ткани и протяжкой через систему валиков с прессованием и термообработкой до полного отверждения смолы. В результате получаются жесткие композиционные ленты (ламинаты) [6].

Стоимость ламинатов значительно выше стоимости холстов, однако трудоемкость работ при их использовании может быть ниже. Возможности применения холстов шире, чем при использовании ламинатов, т. к. с помощью мягкой ткани можно легко выполнять работы по ремонту и усилению строительных конструкций со сложными пространственными формами [5].

Эффективность усиления композиционными материалами во многом зависит от прочности адгезива, его сцепления с бетоном. Отслаивание композиционного материала от бетона из-за недостаточной прочности адгезива или слабого сцепления с бетоном, а также разрушение от сдвига по непрочному поверхностному слою бетона могут снизить эффективность усиления.

При усилении железобетонных плит перекрытия внешнее армирование осуществляется путем приклеивания на нижнюю поверхность плит элементов с направлением армирующих волокон вдоль оси конструкции и поверх них – поперечных элементов с направлением армирующих волокон перпендикулярно продольной оси конструкции (рис. 9). Для создания элементов внешнего армирования могут быть использованы ламинаты или однонаправленные холсты [7].

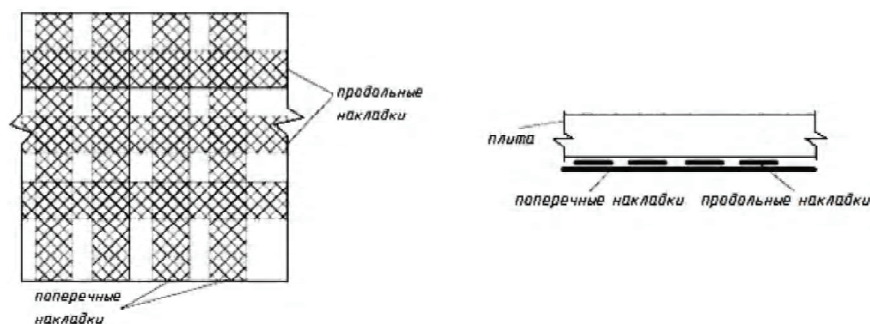


Рисунок 9 – Схема расположения элементов усиления железобетонной плиты перекрытия.

Для выявления наиболее рационального подхода по усилению плиты перекрытия, составлены локальные сметы на основные строительные работы по следующим методам:

- 1) многпустотной плиты 1ПК60.15-8 замоноличиванием в пустотных каналах дополнительных арматурных каркасов (вариант 1);
- 2) монолитной плиты площадью равной плите 1ПК60.15-8 наращиванием монолитного слоя снизу (вариант 2);

3) внешним армированием углеродной лентой-полотном 300-12К-230 [10] (эпоксидный состав CarbonWrap Resin 230+ [11]) плит по вариантам 1, 2 (вариант 3).

Стоимость строительных работ рассчитана на программном комплексе «Смета-Профи», разработанном Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства ДНР в соответствии с положениями государственных строительных норм: ДСТУ Б.Д.1.1-1:2013 «Правила определения стоимости строительства», введенные в действие с 1 января 2014 года, с утвержденными дополнениями и изменениями, в договорных ценах.

Сравнение вариантов усиления проводилось по следующим показателям локальных смет: трудоемкость устройства усиления, сметная стоимость, заработная плата рабочих, стоимость материалов, изделий и конструкций (таблица, рис. 10).

Таблица – Сравнение вариантов усиления плиты перекрытия

Наименования показателя	Ед. измерения	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Сметная трудоемкость	чел-ч	34,95	38,74	10,96
Сметная стоимость	росс. руб.	9 252	8 051	35 148
Сметная заработная плата	росс. руб.	3 570	3 585	741
Стоимость материалов, изделий и конструкций	росс. руб.	3 216	2 676	34 137

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

При выборе варианта усиления необходимо учитывать все достоинства и недостатки выбранного варианта с учетом конкретных условий.

Наименее продолжительным по устройству является вариант усиления углеродной лентой-полотном, при этом заработная плата рабочих минимальная. Однако при таком варианте усиления стоимость материалов является достаточно высокой.

Усиление железобетонных многпустотных плит перекрытия композитными материалами является современным и перспективным методом ремонта. Результатом его применения является повышение прочностных характеристик конструкции, увеличение срока эксплуатации и надежности здания без применения металлических конструкций, существенное сокращение расходов на работы, сокращение срока их выполнения, что делает его применение одним из наиболее практичных способов. Однако существенным недостатком такого метода усиления является высокая стоимость используемых материалов.

Из всех технико-экономических показателей наиболее значимым является сметная стоимость. В результате сравнения вариантов усиления плит перекрытия (при равных условиях) можно сделать вывод, что наиболее экономичным видом усиления является усиление замоноличиванием в пустотных каналах дополнительных арматурных каркасов (для многпустотных плит) и наращивание монолитного слоя снизу (для монолитных плит).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Акимов, С. Ф. Экономическое обоснование выбора способа усиления железобетонных элементов конструкций / С. Ф. Акимов, Э. Ш. Акимова. – Текст : непосредственный // Экономика строительства и природопользования ; редакция Академии строительства и архитектуры (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского». – 2018. – № 1(66). – С. 31–41.
- Достоинства и недостатки различных вариантов усиления многпустотных железобетонных плит / А. В. Сербиновский, С. С. Пиневич, П. А. Сербиновский, Е. А. Песоцкий. – Текст : электронный // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». – 2015. – № 1. – (10 с). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dostoinstva-i-nedostatki-razlichnyh-variantov-usileniya-mnogopustotnyh-zhelezobetonnyh-plit/viewer> (дата обращения 25.10.2021).
- СП 164.1325800.2014. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования = Strengthening of reinforced concrete structures by FRP composites. Regulation of design : издание официальное : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 08.08.2014 г. № 452/пр : введен впервые : дата введения 2014-09-01. – Москва : Росстандарт, 2014. – 67 с. – Текст : непосредственный.
- СТО НОСТРОЙ/НОП 2.7.141-2014. Восстановление и повышение несущей способности железобетонных плит перекрытий и покрытий. Проектирование и строительство. Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ = Recoving and increasing of bearing capacity of reinforced concrete slabs ceiling and roofs. Engineering design and building. The rules, the monitoring of implementation and the demands to the results of the work : стандарт организации : утвержден и введен в действие решением Совета Национального объединения строителей,

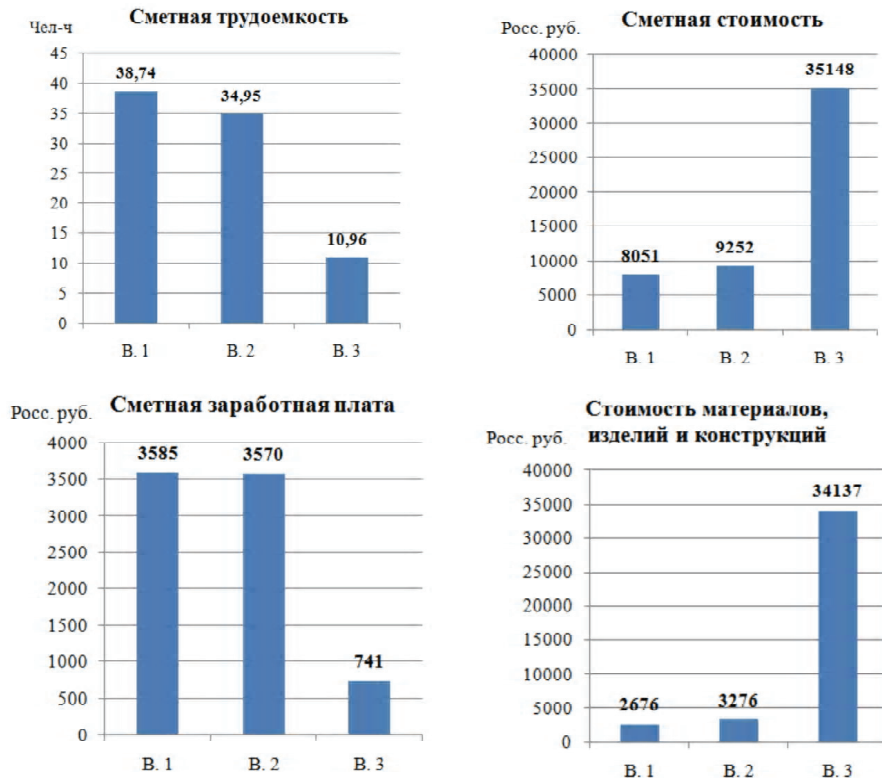


Рисунок 10 – Сравнение вариантов усиления плиты перекрытия.

протокол от 13.12.2013 г. № 49, решением Совета Национального объединения проектировщиков, протокол от 09.04.2014 г. № 58 : введен впервые : дата введения 2014-04-09 / разработан ОАО Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений. – Москва : АО ЦИТП им. Г. К. Орджоникидзе, 2016. – 101 с. – Текст : непосредственный.

5. Халтурин, Ю. В. Использование композитных материалов при реконструкции зданий и сооружений / Ю. В. Халтурин, А. В. Кузовенко. – Текст : непосредственный // Вестник Алтайского ГТУ им. И. И. Ползунова. – 2014. – № 1–2. – С. 51–54.
6. Вопросы усиления железобетонных конструкций композитами: экспериментальные исследования особенностей усиления композитами изгибаемых железобетонных конструкций / И. Г. Овчинников, Ш. Н. Валиев, И. И. Овчинников [и др.]. – Текст : электронный // Интернет-журнал Науковедение. – 2012. – № 4 (13). – С. 89 (22 с.). – URL: cyberleninka.ru/article/n/voprosy-usileniya-zhelezobetonnyh-konstruktsiy-kompozitami-1-eksperimentalnye-issledovaniya-osobennostey-usileniya-kompozitami/viewer (дата обращения: 07.10.2021).
7. Ремонт и усиление железобетонных конструкций : методическое пособие / А. А. Шилин, М. В. Зайцев, В. А. Пшеничный, Д. В. Каргузов ; [рецензенты : В. В. Козлов, Т. А. Мухамедиев]. – Москва : Стройиздат, 2007. – 181 с. – ISBN 978-5-274-01972-9. – Текст : непосредственный.

Получена 01.11.2021.

С. В. КОЖЕМЯКА, Г. В. КРУПЕНЧЕНКО ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ПОСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Для посилення конструкцій застосовують методи, які розроблені виходячи з технічної доцільності та економічності та забезпечують безпечну експлуатацію. У статті розглянуто найпоширеніші методи посилення багатопустотних та монолітних залізобетонних плит перекриття. Представлено альтернативний метод посилення плит залізобетонних перекриттів, його переваги та недоліки. Описано технологію, переваги та недоліки методу зовнішнього армування на основі композитних матеріалів. Впродовж дослідження проводилося порівняння варіантів посилення за такими показниками локальних кошторисів: трудомісткість пристрою посилення, кошторисна вартість, заробітна плата робочих, вартість матеріалів, виробів і конструкцій. На підставі техніко-економічних показників в

результаті порівняння варіантів посилення плит перекриття (за рівних умов) зроблено висновок про найбільш економічний вид посилення.

Ключові слова: посилення, торкретування, композитні матеріали, вуглецеве волокно, полотно, ламінати, адгезив, армування залізобетонних конструкцій.

SERGEI KOZHEMYAKA, ANNA KRUPENCHENKO
SELECTION OF REINFORCED CONCRETE SLABS REINFORCEMENT
TECHNOLOGY

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Methods developed on the basis of technical feasibility and cost-effectiveness and ensuring safe operation are used to strengthen structures. The article discusses the most common methods of reinforcing hollow-core and monolithic reinforced concrete floor slabs. Alternative method of reinforcing reinforced concrete slabs is presented, its advantages and disadvantages are also presented. The technology, advantages and disadvantages of the method of external reinforcement based on composite materials are described. In the course of the study, the reinforcement options were compared according to the following indicators of local estimates: the labor intensity of the reinforcement device, the estimated cost, the wages of workers, the cost of materials, products and structures. Based on technical and economic indicators, as a result of comparing the options for strengthening the floor slabs (under equal conditions), a conclusion was made about the most economical type of reinforcement.

Key words: reinforcement, shotcrete, composite materials, carbon fiber, canvas, laminates, adhesive, reinforcement of reinforced concrete structures.

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

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

Кожемяка Сергій Вікторович – кандидат технічних наук; професор кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: технологія і організація робіт при реконструкції будівель і споруд, автоматизація технологічного проектування.

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

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

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

УДК 624.042

Д. В. БЕЛОВ, М. А. КЛЕЩЁВ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНИРОВАНИЯ САМОУПЛОТНЯЮЩИМСЯ БЕТОНОМ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН

Аннотация. В данной статье предложена новая технология бетонирования сталежелезобетонных колонн с использованием самоуплотняющегося бетона, которая позволяет сократить трудоемкость бетонирования при возведении монолитных сталежелезобетонных вертикальных конструкций. Показано устройство применяемой опалубочной системы, принцип её работы и технология бетонирования сталежелезобетонных колонн. Приводится описание оборудования для выполнения работ с помощью предложенного метода. Освещены технология выполнения работ и преимущества нового технологического решения возведения монолитных сталежелезобетонных колонн. Приводятся перечень работ и мероприятий, необходимых для возведения монолитных колонн. Детально освещаются стадии устройства колонн с применением данной технологии и средств механизации. Представлено необходимое оборудование и специальные вспомогательные средства для производства работ. Даются варианты типовых поперечных сечений сталежелезобетонных колонн. Выполняется анализ технико-экономических показателей для выявления оптимального решения по устройству сталежелезобетонных вертикальных конструкций различного функционального назначения.

Ключевые слова: колонны, конструкции сталежелезобетонные, жесткая наружная арматура, самоуплотняющийся бетон, роторный насос.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Сталежелезобетонные конструкции в мировой строительной практике относятся к стандартным решениям. Они объединяют в себе ряд преимуществ, среди которых высокая скорость возведения и снижение ресурсоемкости, что позволяет значительно повысить экономическую эффективность в целых сегментах строительства [1].

В таких конструкциях обеспечивается совместная работа стальной и железобетонной частей с помощью специальной арматуры или изделий (рис. 1). Удачное сочетание конструктивных материалов обеспечивает компактность, большую несущую способность и высокую огнестойкость. Применение сталежелезобетонных конструкций позволяет снизить металлоемкость конструкций до 26 %.

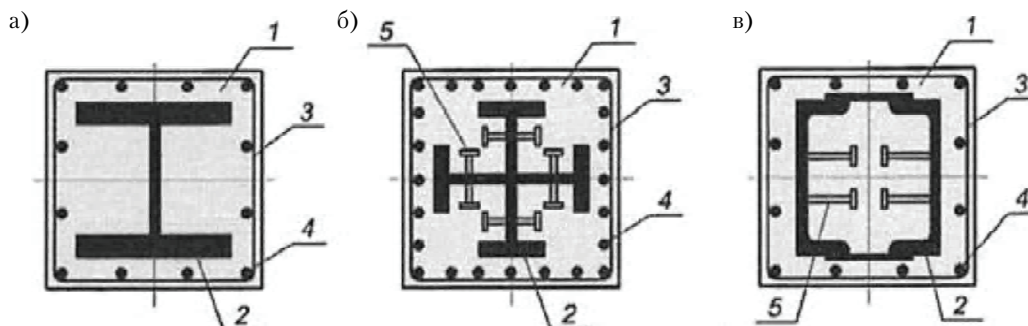


Рисунок 1 – Типовые поперечные сечения сталежелезобетонных конструкций: а) жесткая арматура в форме двутавра; б) жесткая арматура в форме крестообразного сечения; в) жесткая арматура коробчатого сечения; 1 – бетон; 2 – жесткая внутренняя арматура; 3 – жесткая наружная арматура; 4 – продольная гибкая арматура; 5 – упор.

© Д. В. Белов, М. А. Клещёв, 2021

Сталежелезобетонные колонны позволяют при сохранении или незначительном увеличении габаритов стального профиля повысить его несущую способность в несколько раз. При помощи бетонного заполнения можно уменьшить габариты колонн на 30 % с сохранением равнозначной несущей способности железобетонной колонны [2].

Сталежелезобетонные конструкции являются оптимальным видом конструкций при проектировании и возведении конструкций зрелищных и общественных зданий, где требуется повышенная прочность конструкций и малые габариты в плане для колонн.

Это особенно важно для коммерческой недвижимости, где увеличение габаритов колонн и их количество негативно сказывается на планировке и привлекательности помещений. Ведь, кроме собственного габарита, каждая колонна делает малоэффективными 1...2 м² вокруг себя [3].

Самоуплотняющийся бетон в настоящее время становится очень популярным строительным материалом. Его использование ограничивалось возможностями поставщиков и производителей монолитного железобетона. Тем не менее возможности, открытые применением нового материала, еще не используются в полной мере. Только благодаря использованию новых технологий и современных строительных материалов, а также благодаря постоянному контролю качества исходного сырья и материалов можно обеспечить в современных условиях высокое качество строительства [4].

Эффективная работа сталежелезобетонных конструкций находится в зависимости от разных факторов, формы и размеров железобетонного и стального элемента, деформационных и прочностных характеристик используемых материалов, последовательности производства работ и прочих условий.

Поэтому **целью** исследования является разработка новой технологии бетонирования монолитных сталежелезобетонных колонн с использованием самоуплотняющегося бетона.

Последовательность бетонирования колонн

Технология бетонирования сталежелезобетонных колонн основана на использовании самоуплотняющегося бетона в комбинации с закачиванием смеси в опалубку снизу вверх [5].

После установки наружной стальной арматуры-опалубки 1 выполняется армирование колонны продольной гибкой арматурой 3 на всю высоту конструкции. По окончании армирования монтируется вторая сторона опалубки-арматуры, производится сварка её двух частей, в плане образуется

квадратный замкнутый профиль. Для совместной работы наружной арматуры-опалубки 1 и бетона на её внутренней стороне предварительно привариваются анкерные упоры 2. В нижней части арматуры-опалубки 1 устроен штуцер 4 для подачи бетона, который оборудован задвижкой (рис. 2).

Подача бетонной смеси в опалубку осуществляется под давлением выше атмосферного. Использование самоуплотняющихся видов бетона с предварительной деаэрацией упрощает процесс, благодаря чему самые нестандартные формы могут быть полностью заполнены. Смесь заливается в опалубку снизу вверх. Самоуплотняющийся бетон (СУБ) подается через штуцер 4 одновременно на всю захватку, т. е. в десять-двенадцать колонн, процесс подачи бетонной смеси осуществлялся непрерывно на всю высоту конструкций (рис. 3).

Бетон подается без технологических перерывов, после зачки бетона задвижки штуцеров перекрываются. Вытесняемый из опалубки бетонной смесью воздух выходит в открытую верхнюю часть опалубки (рис. 4).

Роторный насос 6 представляет собой необходимое технологическое оборудование для данного метода бетонирования [6].

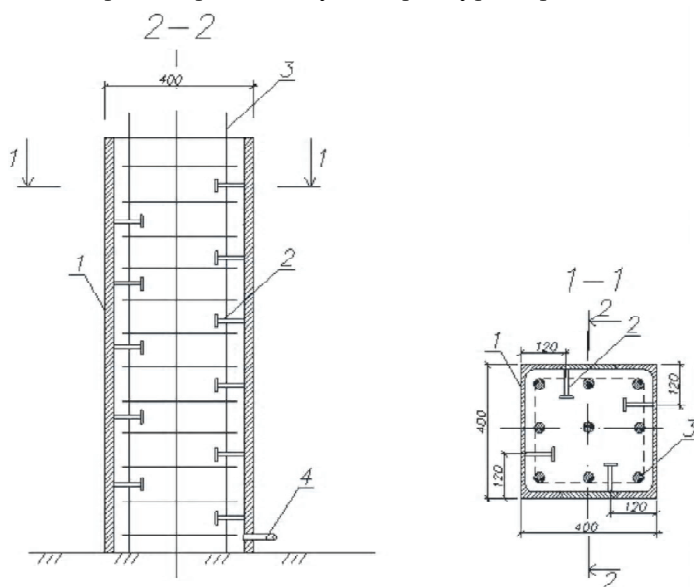


Рисунок 2 – Монтаж опалубки сталежелезобетонной колонны:
1 – арматура-опалубка; 2 – анкерный упор; 3 – продольная гибкая арматура; 4 – штуцер.

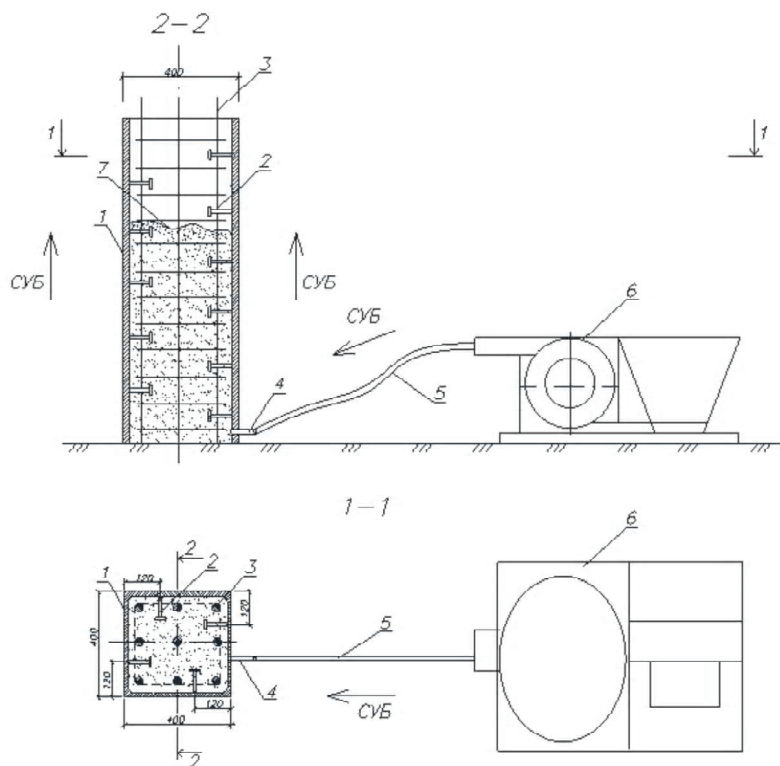


Рисунок 3 – Бетонирование сталежелезобетонной колонны: 1 – арматура-опалубка; 2 – анкерный упор; 3 – продольная гибкая арматура; 4 – штуцер; 5 – шланг для подачи бетона; 6 – роторный насос; 7 – самоуплотняющийся бетон.

Длина насоса со встроенной очистной системой составляет 3 000 мм, ширина 1 500 мм, высота 1 700 мм. Он весит 2,3 тонны, транспортируется при помощи крана и автопогрузчика, управляется одним оператором при помощи двунаправленного прибора радиодистанционного управления. Насос способен прокачивать смесь с крупностью заполнителя до 16 мм, расход смеси постоянно контролируется, что позволяет достичь объема подачи смеси до 18 м³/ч [7].

При использовании нескольких насосов технология позволяет достичь высочайшей габаритной точности конструкции и обеспечивает крайне высокую производительность (до 300 л/мин.). Насос снабжен датчиками, сигнализирующими о разрывах шланга или закупорке (рис. 4).

Использование самоуплотняющегося бетона позволяет существенно сократить время бетонирования сталежелезобетонных колонн из-за отсутствия операции уплотнения бетонной смеси, а удобство укладки бетона снизу вверх позволяет добиться отличного распределения смеси в опалубке [8].

Для сравнительного анализа методов бетонирования приняты сталежелезобетонные колонны торгового центра, с поперечным сечением 400×400 мм, высота колонны 4,2 м.

Анализ показал, что бетонирование самоуплотняющимся бетоном позволяет сократить трудозатраты – от 19,1 до 22,2 % (рис. 5а). Снижение продолжительности производства работ составляет – 8,4...16,7 % (рис. 5в). Однако стоимость устройства сталежелезобетонных колонн с помощью СУБ выше в среднем на 44 % в сравнении с использованием уплотняемых бетонов, что вызвано стоимостью самоуплотняющегося бетона (рис. 5б).

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Основными преимуществами технологии бетонирования сталежелезобетонных колонн с использованием самоуплотняющегося бетона является: снижение трудозатрат за счет высокой технологичности процесса бетонирования и отсутствия операции виброуплотнения бетонной смеси; снижение сроков возведения; безопасное ведение строительных работ и сокращение работ на высоте; исключение или уменьшение человеческого фактора в процессе формирования; исключение вредного влияния вибрации и шума.

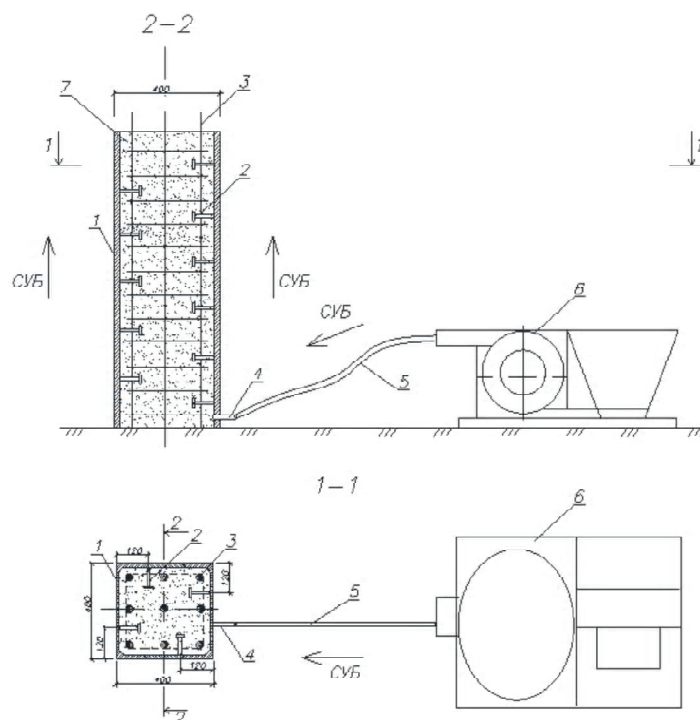


Рисунок 4 – Окончание бетонирования сталежелезобетонной колонны: 1 – арматура-опалубка; 2 – анкерный упор; 3 – продольная гибкая арматура; 4 – штуцер; 5 – шланг для подачи бетона; 6 – роторный насос; 7 – самоуплотняющийся бетон.

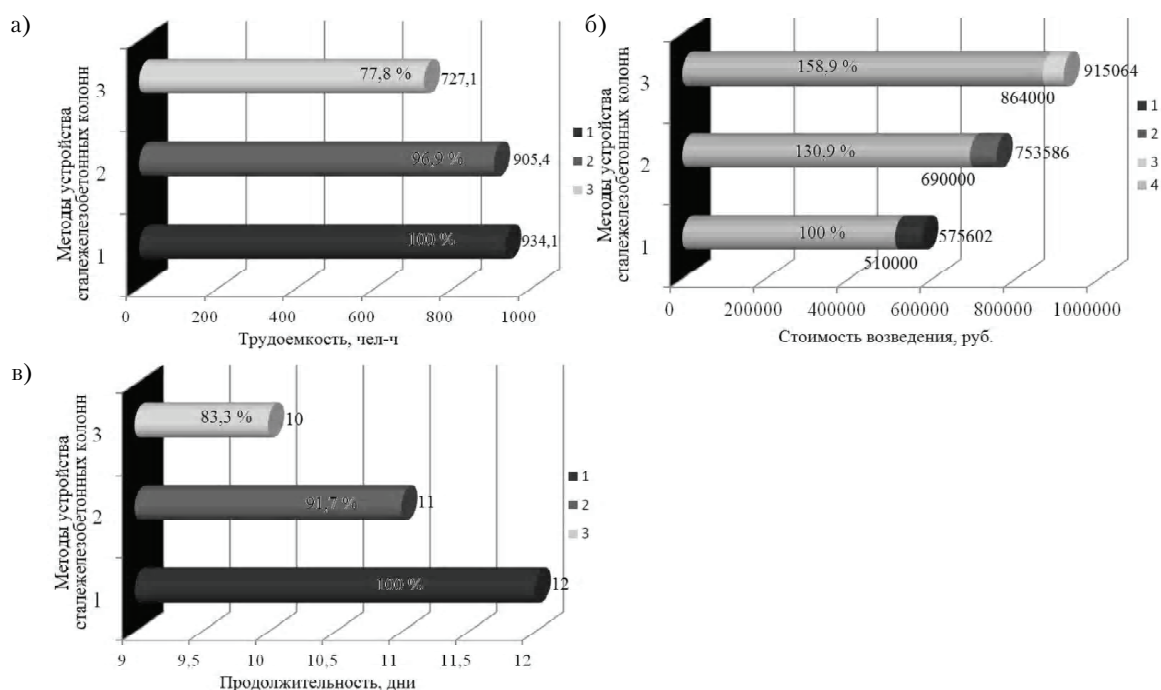


Рисунок 5 – Сравнительные гистограммы при возведении сталежелезобетонных колонн, на объем 100 м³ монолитного бетона: а) трудоемкости работ; б) стоимости работ; в) продолжительности работ; 1 – устройство сталежелезобетонных колонн из уплотняемого бетона с внутренним армированием; 2 – устройство сталежелезобетонных колонн из уплотняемого фибробетона; 3 – устройство сталежелезобетонных колонн из СУБ бетона с внутренним армированием; 4 – стоимость бетона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов, Ю. М. Модифицированные и высококачественные бетоны : учебное пособие / Ю. М. Баженов, В. С. Демьянова, В. И. Калашников. – Москва : Ассоциация строительных вузов, 2007. – 368 с. – Текст : непосредственный.
2. Плевков, В. С. Оценка технического состояния, восстановление и усиление строительных конструкций инженерных сооружений : учебное пособие / В. С. Плевков, А. И. Мальганов, И. А. Балдин. – Москва : АСВ, 2011. – 314 с. – Текст : непосредственный.
3. Кикин, А. И. Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном : учебное пособие / А. И. Кикин, Р. С. Санжаровский, В. А. Труль. – Москва : Стройиздат, 1974. – 144 с. – Текст : непосредственный.
4. Стороженко, Л. И. Трубобетонные конструкции : учебное пособие / Л. И. Стороженко. – Киев : Будивельник, 1978. – 81 с. – Текст : непосредственный.
5. СП 266.1325800.2016. Правила проектирования. Конструкции сталежелезобетонные = Planning rules. Constructions steel reinforce-concrete : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства от 30 декабря 2016 г. № 1030/пр : введен впервые : дата введения 2016-12-31 / разработан АО «НИЦ». – Москва : Строительство, 2016 – 26 с. – Текст : непосредственный.
6. СТО АРСС 1 1251254.001-018-4. Руководство по проектированию сталежелезобетонных конструкций (в развитие СП 266.1325800.2016 Конструкции сталежелезобетонные Правила проектирования) : издание официальное : [утвержден приказом генерального директора № 10/02 от 25 августа 2018 г.] : введен впервые : дата введения 2018-11-01 / разработан АО «НИЦ "Строительство"». – Москва : Аксиом Графикс Юнион, 2018. – 105 с. – Текст : непосредственный.

Получена 28.09.2021

Д. В. БЕЛОВ, М. О. КЛЕЩОВ
ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ БЕТОНУВАННЯ
САМОУЩІЛЬНЮВАЛЬНИМ БЕТОНОМ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ
КОЛОН
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У цій статті запропонована нова технологія бетонування сталезалізобетонних колон з використанням самоущільнювального бетону, яка дозволяє скоротити трудомісткість бетонування при зведенні монолітних сталезалізобетонних вертикальних конструкцій. Показано облаштування вживаної опалубної системи, принцип її роботи і технологію бетонування сталезалізобетонних колон. Наведено опис устаткування для виконання робіт за допомогою запропонованого методу. Освітлені технологія виконання робіт і переваги нового технологічного рішення зведення монолітних сталезалізобетонних колон. Наведено перелік робіт і заходів, необхідних для зведення монолітних колон. Детально освітлено стадії облаштування колон із застосуванням цієї технології і засобів механізації. Представлено необхідне устаткування і спеціальні допоміжні засоби для виробництва робіт. Надано варіанти типових поперечних перерізів сталезалізобетонних колон. Виконується аналіз техніко-економічних показників для виявлення оптимального рішення щодо облаштування сталезалізобетонних вертикальних конструкцій різного функціонального призначення.

Ключові слова: колони, конструкції сталезалізобетонні, жорстка зовнішня арматура, самоущільнювальний бетон, роторний насос.

DENIS BELOV, MAKSYM KLESHCHEV
FEATURES OF TECHNOLOGY OF CONCRETING BY THE SELF-PACKING
CONCRETE OF STEEL REINFORCE-CONCRETE COLUMNS
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. In this article new technology of concreting of steel reinforce-concrete columns is offered with the use of self-packing concrete, that allows to shorten lab our intensiveness of concreting at erection of monolithic steel reinforce-concrete of vertical constructions. The device of the applied framework system, principle of its work and technology of concreting of steel reinforce-concrete columns, is shown. Description over of equipment is brought for implementation of works by means of the offered method. The technology of work and the advantages of a new technological solution for the construction of monolithic steel-reinforced concrete columns are highlighted. A list over of works and measures, necessary for erection of monolithic columns, is brought. The stages of device of columns are illuminated in detail with the use of this technology and facilities of mechanization. The necessary equipment and special auxiliary means for the production of works are presented. The variants of model cross runners of steel reinforce-concrete

columns are given. The analysis of technical and economic indicators is carried out to identify the optimal solution for the construction of steel-reinforced concrete vertical structures of various functional purposes.

Key words: columns, steel-reinforced concrete structures, rigid external reinforcement, self-sealing concrete, rotary pump.

Белов Денис Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технология и организация работ при строительстве монолитных сооружений.

Клещёв Максим Александрович – магистрант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технология и организация работ при строительстве монолитных сооружений.

Белов Денис Вікторович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: технологія і організація робіт при будівництві монолітних споруд.

Клещов Максим Олександрович – магістрант кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: технологія і організація робіт при будівництві монолітних споруд.

Belov Denis – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: technology and organization of work in the construction of monolithic structures.

Kleshchev Maksim – Master's student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: technology and organization of work in the construction of monolithic structures.

УДК 69.057.44

А. М. ЮГОВ, Е. В. ГРИГОРЕНКО

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ТРАВЕРСА ДЛЯ МОНТАЖА ВЕРХНИХ БЛОКОВ СТАЛЬНОЙ ВЫТЯЖНОЙ БАШНИ ВЫСОТОЙ 150 М

Аннотация. Вопрос выбора и расчета такелажной оснастки, применяемой при монтаже металлических конструкций, можно решить с помощью графического и аналитического методов определения усилий. Это позволит использовать технические характеристики заданного подъемно-транспортного оборудования и избежать ошибок при его использовании. Подъем и безопасное перемещение крупногабаритных грузов при помощи одного крюка мостового крана либо кран-балки во многих случаях опасно из-за возможного соскальзывания стропы или захвата с гнезда крюка. В этих ситуациях используются различные грузоподъемные траверсы, являющиеся промежуточным приспособлением между крюком и грузом. Разнообразие строительных конструкций по габаритным размерам, формам и массам обусловило изготовление грузозахватных траверс непосредственно отдельными строительномонтажными организациями, что привело к их различному конструктивному выполнению. С помощью траверсы можно значительно расширить возможности подъемного крана. Они позволяют сэкономить средства, ресурсы и время, что делает работу более эффективной.

Ключевые слова: такелажная оснастка, монтаж, траверса, канат, стропы.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

При монтаже металлоконструкций наравне с монтажными кранами применяется такелажное приспособление. Технически грамотное использование этого многообразного оборудования и оснастки, при условии безопасного ведения монтажных работ, связано с их расчетом.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Известно, что траверсы часто применяются для монтажа высотных сооружений, поскольку они обеспечивают проектное положение монтажного блока при подъеме и наведении на проектные отметки, и также сокращают время строповки, особенно при оснащении автоматическими грузозахватными приспособлениями, когда не требуется присутствие на проектной отметке стропальщика и ручная проверка надежности креплений. В зависимости от типов монтируемых элементов применяются захваты за рамные узлы или такелажные крюки. Траверсы позволяют распределить нагрузки на элемент, избежав его деформации [2], [3].

ЦЕЛИ

Подобрать траверсу для монтажа двух верхних блоков стальной вытяжной башни с учетом максимальных расчетных усилий, возникающих в различных элементах такелажных средств в процессе подъема и перемещения оборудования и конструкций.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Башня высотой 150,000 м представляет собой пространственную стержневую конструкцию, имеющую внешнюю форму в виде четырехгранной усеченной пирамиды до отм. +59,500, в виде четырехгранной призмы между отметками +59,500 и +150,000 (рис. 1). В местах пересечения граней башни расположены пояса. В плоскости каждой грани расположены элементы решетки-распорки, раско-

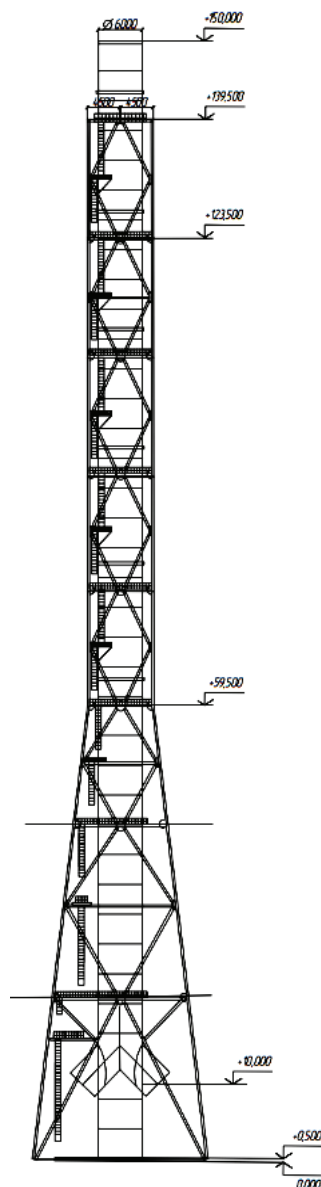


Рисунок 1 – Вытяжная башня 150 м.

сы, шпренгели. Пояса соединены между собой перекрестной решеткой в плоскости каждой грани и горизонтальными диафрагмами – в сечениях. Диафрагмы обеспечивают поперечную жесткость башни в горизонтальных плоскостях, сохраняя неизменяемым ее контур [4].

В процессе монтажа вытяжной башни используется кран Liebherr LR1500 SL2DB (длина основной стрелы – 132 м, грузоподъемность – 62,3 т, вылет 24 м). В соответствии с техническими характеристиками крана, он не имеет возможности смонтировать два верхних блока конструкции, расположенных на высоте +139,500 и +123,500 (масса блоков 10,26 и 11,33 т соответственно). С целью решения данной проблемы было принято использовать вспомогательную траверсу с противовесом для монтажа данных элементов конструкции.

При использовании технологического оборудования для монтажа существует вероятность его опрокидывания с грузом при приложении боковой силы. Наибольшая вероятность опрокидывания возможна в максимально поднятом состоянии рабочего стола тележки. Проведем расчет противовеса для исключения возможности опрокидывания груза:

1. Определим места строповки (рис. 2):

$$X_{\text{цт}} = h_{\text{ол}} / 2 = 16 / 2 = 8 \text{ м.} \quad (1)$$

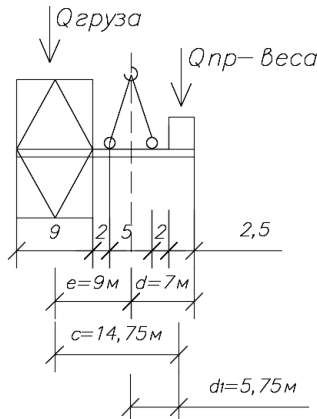


Рисунок 2 – Схематическое расположение груза и противовеса на удерживающей траверсе.

2. Определим массу противовеса:

$$M_{\text{груза}} = M_{\text{противовеса}}, \quad (2)$$

$$M_{\text{гр}} = Q_{\text{гр}} \cdot e = 21,59 \cdot 9 = 194,31 \text{ тм}, \quad (3)$$

$$M_{\text{пр-в}} = Q_{\text{пр-в}} \cdot d \cdot Q_{\text{пр-в}} = M_{\text{гр}} / d = 194,31 / 7 = 27,76 \text{ т}. \quad (4)$$

Т. к. $21,59 + 27,76 = 49,35 \text{ т}$, можно сделать вывод о том, что кран выдержит данную конструкцию.

Рассчитаем траверсу, работающую на изгиб:

1. Подсчитаем нагрузку, действующую на траверсу:

$$P = Q \cdot k_{\text{н}} \cdot k_{\text{д}} = 49,35 \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 59,71 \text{ тс} = 59\,710 \text{ кгс}. \quad (5)$$

2. Рассчитаем стальной канат

$$(\cos \alpha = 75^\circ) \quad (6)$$

Натяжение:

$$S = P / (m \cdot \cos \alpha) = 59\,710 / (2 \cdot 0,866) = 34\,475 \text{ кгс}. \quad (7)$$

Разрывное усилие ($k_3 = 6$ – коэффициент запаса прочности):

$$R = S \cdot k_3 = 34\,475 \cdot 6 = 206\,847 \text{ кгс}. \quad (8)$$

По найденному разрывному усилию подбираем канат со следующими данными:

Тип каната ЛК-РО (6×36 + 1ос),

Разрывное усилие 209 500 кгс.

Временное сопротивление разрыву 160 кгс/мм².

3. Определим максимальный изгибающий момент в траверсе:

$$M_{\text{макс}} = (P \cdot e \cdot d_1) / c = (59\,710 \cdot 9 \cdot 5,75) / 14,75 = 209\,455,932 \text{ кгс·м} = 2\,094\,593,2 \text{ кгс·см}. \quad (9)$$

4. Вычисляем требуемый момент сопротивления:

$$W_{\text{тр}} \geq M_{\text{макс}} / (m \cdot R) = 2\,094\,593,2 / (2 \cdot 209\,500) = 49,99 \text{ см}^3. \quad (10)$$

5. Выбираем конструкцию балки траверсы сквозного сечения, состоящую из двух двутавров, соединенных стальными пластинами.

6. Подобрав две двутавровые балки № 20а с $W_x^{\text{н}} = 41,60 \text{ см}^3$, определяем момент сопротивления сечения траверсы в целом:

$$W_x = 2 \cdot 2 \cdot 41,60 = 83,20 \text{ см}^3 > W_{\text{тр}} = 49,99 \text{ см}^3, \quad (11)$$

что удовлетворяет условию прочности сечения траверсы [1].

7. Проверим напряжение в сечениях балки:

Масса 1 м – 29,40 кг = 0,288 кН.

$$Q = 2 \cdot 0,288 = 0,576 \text{ кН}. \quad (12)$$

Воспользовавшись расчетными программами, построим эпюры напряжений в балке (рис. 3).

Напряжение в сечении:

$$\sigma = M_{\text{макс}} / (2 \cdot W_x) = 1\,386\,800 / 2 \cdot 634 = 219 \text{ МПа} < R_y = 230 \text{ МПа} [5]. \quad (13)$$

ВЫВОДЫ

Все грузоподъемные устройства рассчитываются с учетом следующих нагрузок и воздействий: масс поднимаемого груза и самого грузоподъемного устройства вместе со всеми монтажными приспособлениями; усилий в оттяжках и расчалках; нагрузок, вызываемых устройства от вертикали; отклонением грузоподъемного динамических воздействий, учитываемых коэффициентом, равным 1,1.

Все захватные приспособления рассчитываются с учетом следующих нагрузок: масс поднимаемых грузов и захватных приспособлений; усилий оттяжек; динамических воздействий, учитываемых коэффициентом, равным 1,1.

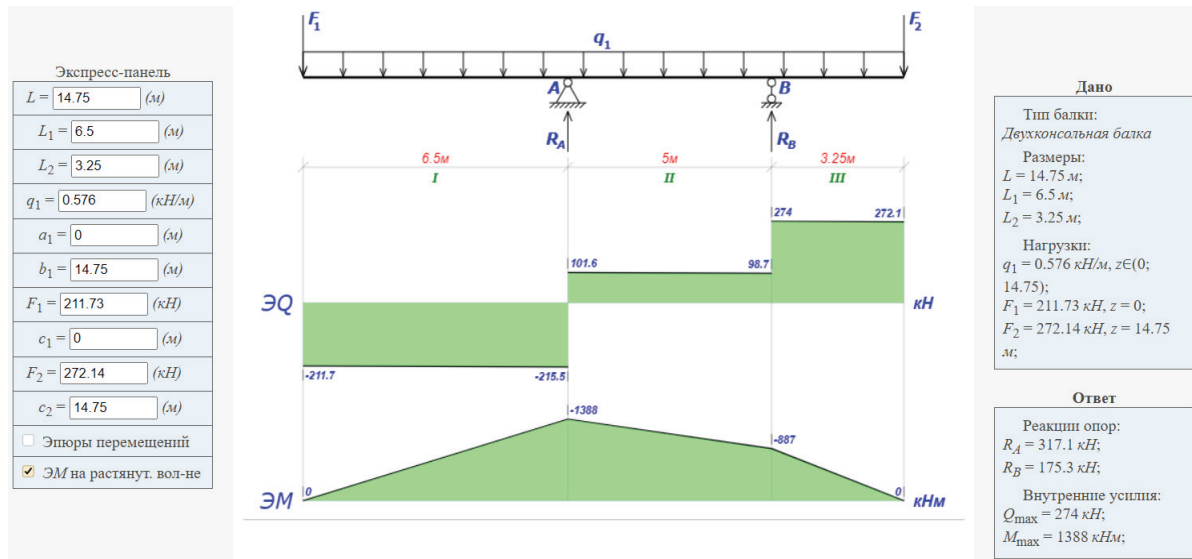


Рисунок 3 – Расчет балки.

При определении усилий в грузоподъемных устройствах и траверсах масса поднимаемого груза и самого грузоподъемного устройства умножается на коэффициент надежности по нагрузке, равный 1,1. При определении усилий в грузовых полиспадах, расчалках, оттяжках, тягах и стропях коэффициенты надежности по нагрузке и динамичности не учитываются.

На основе данных из учебных пособий был произведен расчет и подбор траверсы для монтажа двух верхних блоков стальной вытяжной башни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матвеев, В. В. Примеры расчета такелажной оснастки : учебное пособие для учащихся монтажных техникумов / В. В. Матвеев ; издание 3-е, перераб. и доп. – Ленинград : Стройиздат, Ленинградское отделение, 1975. – 236 с. – Текст : непосредственный.
2. Васильев, А. А. Металлические конструкции / А. А. Васильев. – Москва : Стройиздат, 1975. – 138 с. – Текст : непосредственный.
3. Васильев, М. И. Монтаж вертикальных тяжеловесных аппаратов и конструкций / М. И. Васильев. – Москва : Стройиздат, 1973. – 195 с. – Текст : непосредственный.
4. Михайлов, А. М. Металлические конструкции в примерах / А. М. Михайлов. – Москва : Стройиздат, 1976. – 216 с. – Текст : непосредственный.
5. СП 16.13330.2010. Стальные конструкции = Steelstructures : издание официальное : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 27 декабря № 791 : взамен СНиП 2-23-81* : дата введения 2011-05-20 / исполнители ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко – институт ОАО «НИЦ "Строительство"», ЦНИИПСК им. Мельникова и др. – Москва : ОАО «ЦПП», 2011. – 155 с. – Текст : непосредственный.

Получена 11.11.2021

А. М. ЮГОВ, О. В. ГРИГОРЕНКО
ТРАВЕРСА ДЛЯ МОНТАЖУ ВЕРХНІХ БЛОКІВ СТАЛЕВОЇ ВИТЯЖНОЇ
ВЕЖІ ВИСОТОЮ 150 М
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Питання вибору і розрахунку такелажної оснастки, що застосовується при монтажі металевих конструкцій, можна вирішити за допомогою графічного та аналітичного методів визначення зусиль. Це дозволить використовувати технічні характеристики заданого підйомно-транспортного обладнання і уникнути помилок при його використанні. Підйом і безпечне переміщення великогабаритних вантажів за допомогою одного гака мостового крана або кран-балки в багатьох випадках небезпечно через можливе зісковзування стропи або захоплення з гнізда гака. У цих ситуаціях використовуються різні вантажопідйомні траверси, які є проміжним пристосуванням між гаком і вантажем. Різноманітність будівельних конструкцій за габаритними розмірами, формам і масами зумовило виготовлення вантажозахисувальних

траверс безпосередньо окремими будівельно-монтажними організаціями, що призвело до їх різного конструктивного виконання. За допомогою траверса можна значно розширити можливості підйомного крана. Вони дозволяють заощадити кошти, ресурси і час, що робить роботу більш ефективною.

Ключові слова: такелажне оснащення, монтаж, траверса, канат, стропи.

ANATOLIY YUGOV, ELENA GRIGORENKO
TRAVERSE FOR MOUNTING THE UPPER BLOCKS OF THE 150 M HIGH
STEEL EXHAUST TOWER

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The issue of choosing and calculating the rigging equipment used in the installation of metal structures can be solved using graphical and analytical methods for determining forces. This will allow you to use the technical characteristics of the specified lifting and transport equipment and avoid mistakes when using it. Lifting and safe movement of bulky loads using a single hook of an overhead crane or a crane beam is dangerous in many cases due to possible slipping of the sling or grabbing from the hook socket. In these situations, various lifting traverses are used, which are an intermediate device between the hook and the load. The variety of building structures in overall dimensions, shapes and weights led to the manufacture of load-lifting traverse directly by individual construction and installation organizations, which led to their different constructive implementation. With the help of a traverse, you can significantly expand the capabilities of a crane. They allow you to save money, resources and time, which makes the work more efficient.

Key words: rigging equipment, installation, traverse, rope, slings.

Югов Анатолий Михайлович – доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: эксплуатационная надежность строительных металлических конструкций, техническая диагностика строительных конструкций, технология и организация монтажа металлических конструкций, работа металлических конструкций с учетом монтажных состояний.

Григоренко Елена Викторовна – магистрант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: влияние метода монтажа на напряженно деформированное состояние конструкции.

Югов Анатолий Михайлович – доктор технічних наук, професор; завідувач кафедри технології і організації будівництва ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: експлуатаційна надійність будівельних металевих конструкцій, технічна діагностика будівельних конструкцій, технологія і організація монтажу металевих конструкцій, робота металевих конструкцій з урахуванням монтажних станів.

Григоренко Олена Вікторівна – магістрант кафедри технології і організації будівництва ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вплив методу монтажу на напружено-деформований стан конструкції.

Yugov Anatoliy – D. Sc. (Eng.), Professor; Head of the Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: operational reliability of building metal structures, technical diagnostics of building structures, technology and organization of installation of metal structures, work of metal structures taking into account installation conditions.

Grigorenko Elena – Master's student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the influence of the mounting method on the stress-strain state of the structure.

УДК 692.42/.47

В. А. МАЗУР^а, М. А. ЧАЙКА^а, А. А. БАРМОТИН^б, О. А. ПРОФАТИЛО^а^а ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», ^б «Донецкий проектно-исследовательский институт железнодорожного транспорта "ДОНЖЕЛДОРПРОЕКТ"»

АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ БЕСКАРКАСНЫХ АРОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ОКРУГЛОЙ ФОРМЫ

Аннотация. Рациональным вариантом утепления бескаркасных арочных покрытий является вариант, состоящий из двух слоев холодногнутого арочного профиля, теплоизоляционного слоя и вентилируемой воздушной прослойки, расположенных между ними. Для получения нормативной скорости воздушного потока в вентилируемой прослойке необходимо определить скорость внешнего ветрового потока на входе в вентиляционное отверстие. В работе выполняется численное моделирование давления ветрового потока на бескаркасные арочные покрытия, действующего под разными углами атаки. В результате получены траектории обтекания потока арочных покрытий и картины распределения относительного давления ветра по их поверхности. На основании полученных данных установлены закономерности изменения аэродинамических коэффициентов с учетом изменения конструктивных параметров бескаркасных арочных покрытий и углов атаки набегающего ветрового потока. Построены схемы распределения аэродинамических коэффициентов. Полученные значения аэродинамических коэффициентов превышают рекомендуемые нормативами значения, выбираемые для сводчатых зданий и близких к ним по очертанию покрытий. Необходимы дальнейшие исследования для уточнения полученных данных.

Ключевые слова: бескаркасное арочное покрытие, ветровой поток, угол атаки, численное моделирование, аэродинамические коэффициенты.

ВВЕДЕНИЕ

Широкое распространение технологии бескаркасного строительства обусловлено технологичностью и экономичностью решений, так как используемые стальные холодногнутые арочные профили выполняют несущие и ограждающие функции не только кровельного покрытия зданий и сооружений, но и позволяют возводить целые объекты различного назначения с разнообразной геометрической формой. Основные линейные размеры бескаркасных арочных покрытий зависят от нагрузок, принятых конструктивных решений и варьируются в диапазоне: пролет от 6 до 36 м, высота подъема стрелы должна быть не менее 0,3 и не более 0,5 пролета, длина – кратна ширине холодногнутого арочного профиля [1].

Одной из важных задач с использованием подобных конструкций является повышение сопротивления теплопередаче и герметичности ограждающих конструкции для повышения общей тепловой эффективности и увеличения дальнейшего срока эксплуатации зданий и сооружений.

Для поддержания требуемых внутренних эксплуатационных характеристик, зависящих от функционального назначения объекта с бескаркасным арочным покрытием, используют конструктивные решения с теплоизоляционным слоем.

Анализ нормативных требований и научных исследований показал, что рациональнее для утепления бескаркасных арочных покрытий использовать конструктивный вариант, состоящий из двух слоев холодногнутого арочного профиля, теплоизоляционного слоя и вентилируемой воздушной прослойки, расположенных между ними [2, 3]. Установлено, что скорость воздушного потока в вентилируемой прослойке влияет на интенсивность теплопередачи и влагопереноса и зависит как от внутренних параметров прослойки, так и от внешних условий обтекания здания или сооружения ветровым потоком [4, 5].

Поэтому **целью работы** является уточнение аэродинамических коэффициентов при определении ветровой нагрузки на бескаркасное покрытие из арочных профилей под разными углами атаки.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В работе рассматриваются бескаркасные арочные покрытия полукруглого сечения как наиболее распространенная конструктивная форма покрытия.

Необходимая информация о распределении ветрового потока по поверхности объекта может быть получена с помощью физического (экспериментальное исследование в аэродинамической трубе) или численного (компьютерного) моделирования [6, 7].

В работе используется метод численного моделирования в программном комплексе Solid Work – Flow Simulation, основанном на конечно-объемном методе (МКО) решения систем уравнений отражающих общие законы механики сплошной среды с применением двухслойной k-ε модели турбулентности Ментера (Shear-Stress Transport) [8].

Для определения параметров ветрового потока на поверхности арочного покрытия был принят внешний тип задач проекта.

В CAD-среде Solid Works построены (3D) геометрические модели арочного покрытия округлой формы со следующими вирируемыми линейными параметрами:

- 1 модель: пролет $L = 36,0$ м, высота $H = 0,3 \cdot L = 10,8$ м, длина $B = 2 \cdot L = 72,0$ м;
- 2 модель: пролет $L = 36,0$ м, высота $H = 0,5 \cdot L = 10,8$ м, длина $B = 2 \cdot L = 72,0$ м.

Каждая модель арочного покрытия помещается в расчетную область, представляющую собой численный аналог аэродинамической трубы. Размер расчетной области выбирается из условия ламинарного движения ветрового потока у границ расчетной области. Боковая, верхняя границы области (высота расчетной области) и передняя граница области («вход», расположенная по потоку перед моделируемой моделью) располагаются на расстоянии не менее $5H$ от грани модели (где H – высота модели). Задняя граница области («выход», расположена по потоку за моделируемой моделью) – не менее $15H$ (рис. 1) [9].

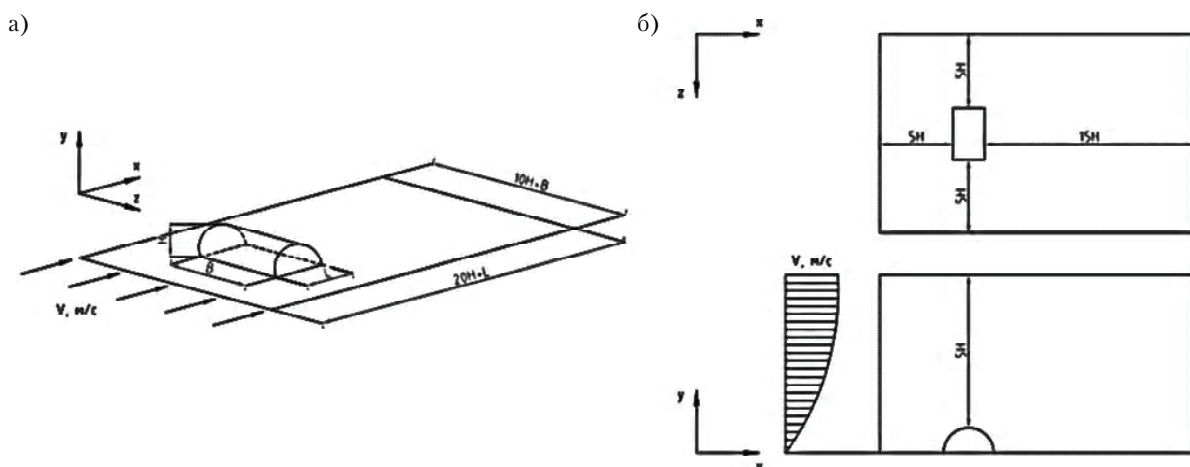


Рисунок 1 – Размеры расчетной области: а) геометрия задачи; б) расчетная область в плане; в) расчетная область в разрезе.

Для определения влияния ветра на теплофизические свойства ограждающей конструкции применяются слабые квазистационарные ветра, со скоростью потока на уровне 5 м/с.

Расчет производится для набегающего ветрового потока, действующего под углом атаки $\beta_1 = 0^\circ$ (вдоль образующей), под углом $\beta_2 = 45^\circ$ и под углом $\beta_3 = 90^\circ$ перпендикулярно к образующей покрытия.

В качестве характеристик набегающего потока (граничные условия на входе) задавались:

- Профиль скорости, выраженный в виде степенного закона [10]:

$$v_y = v_{10} \times \left(\frac{y}{10} \right)^\alpha, \quad (1)$$

где v_y – средняя скорость ветра на высоте y , м/с;

v_{10} – средняя скорость ветра на высоте 10 м, м/с. Согласно требованию нормативного документа «Строительная климатология» для города Ростов-на-Дону, в зимний период времени скорость набегающего потока – 4,8 м/с.

α – коэффициент, зависящий от типа местности, принимаемый равным 0,2 – для местности типа В [11].

- Интенсивность турбулентности [12]:

$$\gamma_y = 2,45 \cdot k_0^{0,5} \left(\frac{y}{10} \right)^{-\alpha}, \quad (2)$$

где γ_y – интенсивность турбулентности;

k_0 – коэффициент лобового сопротивления подстилающей поверхности равный 0,01 – для лесных массивов и окраин городов.

- Масштаб турбулентности равен постоянному значению $L = 1\,200$ м, так как энергия пульсаций скорости, описываемая спектром Давенпорта, не учитывает зависимость энергии турбулентных пульсаций ветра от высоты [12].

В результате численного моделирования получены траектории обтекания потока арочных покрытий и картины распределения относительного давления ветра по их поверхности (рис. 2).

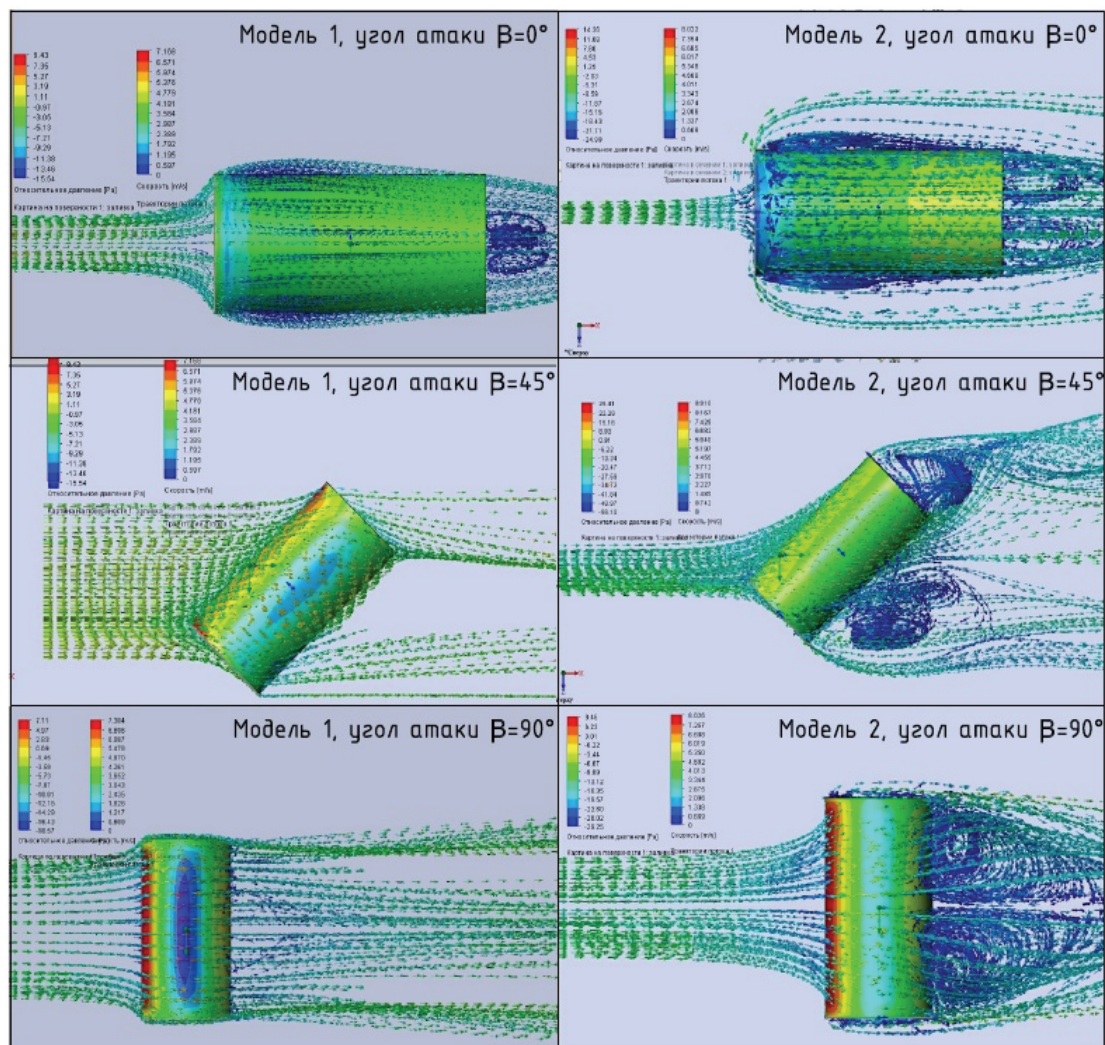


Рисунок 2 – Траектории течения воздушного потока и картины распределения давления по поверхностям арочных покрытий.

В результате анализа полученных картин установлено значительное влияние угла атаки ветрового воздействия на арочное покрытие (рис. 2). При угле атаки $\beta_1 = 0^\circ$ набегающий ветровой поток разделяется и, стекая с торца покрытия, срывается с боковых кромок, образуя отрывные зоны на поверхности покрытия с максимальным отрицательным давлением. Это характерно и для ветрового потока, действующего при двух других углах атаки, только отрывные зоны наблюдаются с торца покрытия, т. е. с подветренной стороны. При действии ветра вдоль образующей арочного покрытия (угол атаки $\beta_1 = 0^\circ$) в зонах, близких к поверхности, наблюдается значительное снижение скорости ветрового, а при угле атаки $\beta_1 = 45^\circ$ и $\beta_1 = 90^\circ$ (перпендикулярно к образующей покрытия) скорость ветра в коньковой зоне увеличивается. Полученные схемы отражают не только направление ветрового потока, но и его давление, что позволяет определить аэродинамические коэффициенты.

Для уточнения аэродинамических коэффициентов принята традиционная схема расположения точек на поверхности арочного покрытия (рис. 3). Контрольные точки были найдены в трех сечениях образующей покрытия с шагом по дуге 15° : в двух угловых зонах и центральной зоне. Для покрытий с высотой $H = 0,3 \cdot L$ количество точек в сечении составило 9 точек, для $H = 0,5 \cdot L$ соответственно 13 точек. Отчет направлен от наветренной к подветренной стороне.

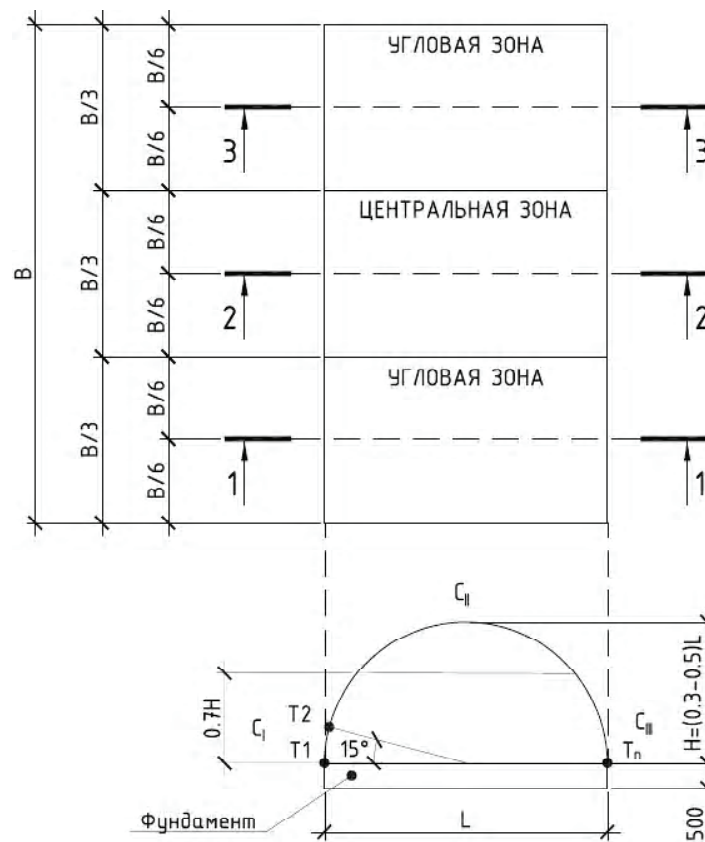


Рисунок 3 – Схема расположения контрольных точек и сечений.

Далее в контрольных точках определяются аэродинамические коэффициенты по формуле [13]:

$$C_i = \frac{2 \cdot P_i}{\rho \cdot v^2}, \quad (3)$$

где C_i – аэродинамический коэффициент;
 P_i – избыточное давление (относительное) в точке замера, Па;
 ρ – плотность воздуха, кг/м³;
 v^2 – характерная скорость невозмущенного потока, м/с.

Полученные аэродинамические коэффициенты представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1 – Аэродинамические коэффициенты в контрольных точках, $H = 0,3L$

Арочное покрытие с высотой равной $H = 0,3L$										
Угол атаки $\beta, ^\circ$	Номер сечения	Номер точки								
		T_1	T_2	T_3	T_4	T_5 – вершина покрытия	T_6	T_7	T_8	T_9
0	C_{1-1}	-0,94	-0,38	-0,32	-0,3	-0,29	-0,3	-0,32	-0,38	-0,93
	C_{2-2}	-0,46	-0,19	-0,17	-0,15	-0,15	-0,15	-0,17	-0,19	-0,46
	C_{3-3}	-0,23	-0,1	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,1	-0,23
45	C_{1-1}	0,87	0,39	0,03	-0,32	-0,5	-0,51	-0,32	-0,19	-0,69
	C_{2-2}	0,97	0,33	-0,07	-0,41	-0,63	-0,64	-0,44	-0,23	-0,28
	C_{3-3}	1,47	0,37	-0,02	-0,32	-0,5	-0,51	-0,38	-0,21	-0,25
90	C_{1-1}	1,52	0,31	-0,33	-0,78	-1	-0,88	-0,38	-0,14	-0,08
	C_{2-2}	1,55	0,27	-0,42	-0,91	-1,13	-0,89	-0,3	-0,09	-0,07
	C_{3-3}	1,52	0,31	-0,33	-0,78	-1	-0,88	-0,38	-0,14	-0,08

Таблица 2 – Аэродинамические коэффициенты в контрольных точках, $H = 0,5L$

Арочное покрытие с высотой равной $H = 0,5L$														
Угол атаки $\beta, ^\circ$	Номер сечения	Номер точки												
		T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7 – вершина покрытия	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T_{12}	T_{13}
0	C_{1-1}	-1,66	-0,69	-0,56	-0,49	-0,45	-0,44	-0,44	-0,44	-0,45	-0,49	-0,56	-0,69	-1,66
	C_{2-2}	-0,65	-0,27	-0,2	-0,18	-0,16	-0,15	-0,15	-0,15	-0,16	-0,18	-0,2	-0,27	-0,65
	C_{3-3}	-0,32	-0,13	-0,1	-0,09	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08	-0,09	-0,1	-0,13	-0,32
45	C_{1-1}	1,28	0,53	0,35	0,04	-0,28	-0,5	-0,56	-0,53	-0,47	-0,48	-0,55	-0,64	-1,47
	C_{2-2}	0,8	0,3	0,14	-0,15	-0,48	-0,76	-0,87	-0,86	-0,72	-0,55	-0,52	-0,61	-1,47
	C_{3-3}	0,34	0,13	0,03	-0,21	-0,49	-0,72	-0,84	-0,84	-0,7	-0,48	-0,38	-0,39	-0,83
90	C_{1-1}	1,85	0,77	0,49	0,06	-0,38	-0,85	-0,99	-0,85	-0,43	-0,3	-0,34	-0,39	-0,95
	C_{2-2}	1,97	0,79	0,5	0,01	-0,38	-0,84	-0,95	-0,71	-0,32	-0,25	-0,26	-0,31	-0,97
	C_{3-3}	1,85	0,76	0,49	0,06	-0,38	-0,86	-0,98	-0,83	-0,4	-0,29	-0,31	-0,4	-0,97

В результате анализа полученных данных установлено, что значения аэродинамических коэффициентов превосходят значения СП [11]. На покрытиях, находящихся под углом атаки набегающего ветрового потока $\beta_1 = 0^\circ$ (вдоль образующей) на поверхности, преобладает отрицательное давление, которое с увеличением длины покрытия (B) принимает меньшие значения, соответственно уменьшаются значения аэродинамических коэффициентов (рис. 2). Максимальные значения аэродинамических коэффициентов составляют для модели 1: $C_I = -0,94$, $C_{II} = -0,32$ и $C_{III} = -0,94$; для модели 2: $C_I = -1,66$, $C_{II} = -0,49$ и $C_{III} = -1,66$. Следовательно, чем больше высота покрытия, тем большее значение принимают аэродинамические коэффициенты.

При угле атаки β к образующей на покрытия с наветренной стороны действует активное давление на вершине покрытия, в коньковой зоне, и с подветренной стороны действует отрицательное давление.

Максимальные значения аэродинамических коэффициентов составляют для модели 1: $C_I = 1,47$, $C_{II} = -0,64$ и $C_{III} = -0,69$; для модели 2: $C_I = 1,28$, $C_{II} = -0,87$ и $C_{III} = -1,47$. Следовательно, в зоне C_I с увеличением высоты коэффициент понижается, в зоне C_{II} и C_{III} наоборот значение повышается.

При угле атаки $\beta_1 = 90^\circ$ распределение аэродинамических коэффициентов одинаково во всех трех сечениях. С наветренной стороны на покрытие действует активное давление, на вершине покрытия и с подветренной стороны – отрицательное давление. Максимальные положительные значения аэродинамических коэффициентов принимают с наветренной стороны в опорной зоне, максимальные отрицательные значения – в коньковой зоне и с подветренной стороны в опорной зоне.

Максимальные значения аэродинамических коэффициентов составляют для модели 1: $C_I = 1,52$, $C_{II} = -1,13$ и $C_{III} = -0,14$; для модели 2: $C_I = 1,97$, $C_{II} = -0,99$, $C_{III} = -0,97$. Следовательно, в зоне C_I с увеличением высоты значение коэффициента увеличивается, в зоне C_{II} – уменьшается, а в зоне C_{III} наоборот значение увеличивается.

На рисунке 4 представлены схемы распределения аэродинамических коэффициентов по поверхности бескаркасного арочного покрытия с учетом конструктивных параметров арки и углов атаки набегающего ветрового потока.

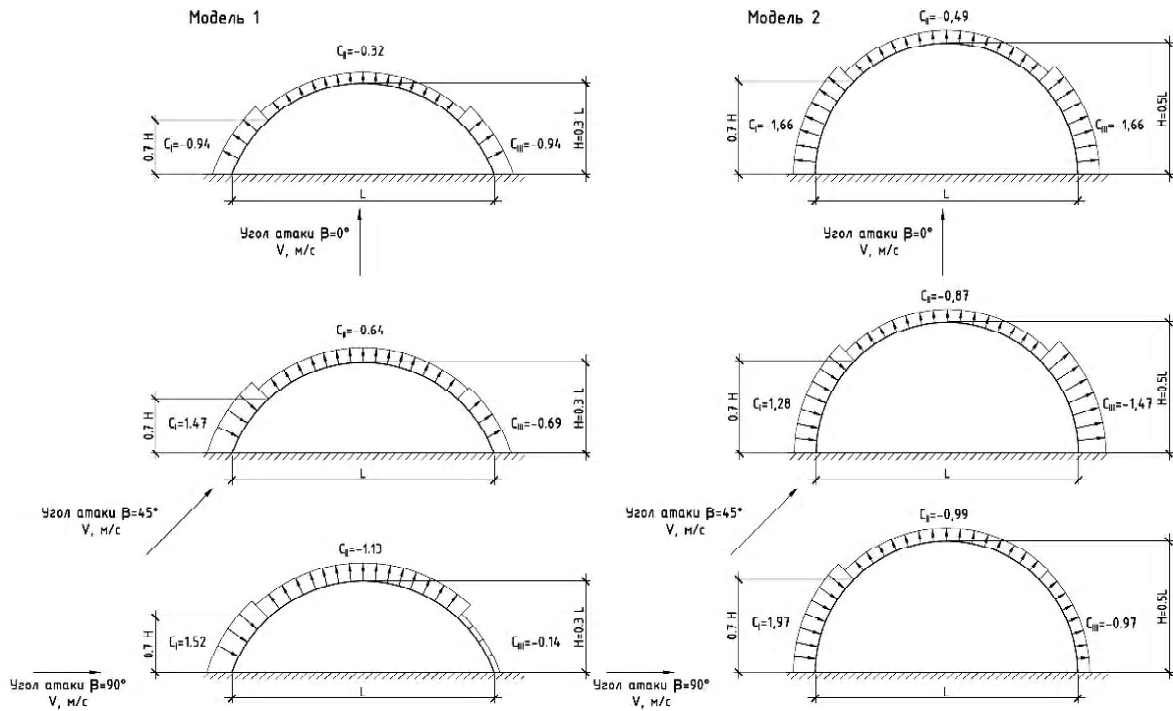


Рисунок 4 – Схема распределения максимальных ветровых нагрузок.

ВЫВОДЫ

На основе численного моделирования в работе определяются траектории ветровых потоков при обтекании арочных покрытий с трех углов атаки. Полученная аэродинамическая характеристика арочных покрытий в виде распределения аэродинамических коэффициентов на его поверхности в выбранных сечениях позволяет установить зависимость распределения аэродинамических коэффициентов от угла атаки набегающего потока и конструктивных параметров бескаркасных арочных покрытий.

Необходимы дальнейшие исследования для уточнения полученных данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Липленко, М. А. Несущая способность бескаркасных арочных покрытий из стальных холодногнутых профилей с поперечно-гофрированными гранями : специальность 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Липленко Максим Александрович ; Национальный исследовательский московский государственный строительный университет. – Москва, 2017. – 215 с. – Библиогр. : с. 193–206. – Текст : непосредственный.
2. Фокин, К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К. Ф. Фокин. – 5-е изд., пересмотр. – Москва : АВОК-Пресс, 2006 (Ярославль: Ярославский полиграфкомбинат). – 250, [1] с. – (Техническая библиотека НП «АВОК»); ISBN 5-98267-023-5. – Текст непосредственный.
3. Гагарин, В. Г. Расчет теплозащиты фасадов с вентилируемым воздушным зазором / В. Г. Гагарин, В. В. Козлов, Е. Ю. Цыкановский. – Текст : непосредственный // Журнал АВОК. – 2004. – № 2. – С. 20–26.
4. Машенков, А. Н. Общая система уравнений Буссинеска для одномерной свободной конвекции в плоском вертикальном слое / А. Н. Машенков, Е. А. Косолапов, Е. В. Чербуканова. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал. – 2012. – № 2. – С. 93–98.
5. Gagarin, V. G. Calculation of the velocity of air in the air gap facade systems, where natural ventilation / V. G. Gagarin, V. V. Kozlov, K. I. Lushin. – Текст : непосредственный // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – Vol. 10, No. 2. – P. 43438–43441.
6. Математическое моделирование аэродинамики городской застройки / В. А. Гутников, В. Ю. Кирякин, И. К. Лифанов, А. В. Сетуха. – Москва : Изд-во «ПАСЬБА», 2002. – 243 с. – ISBN 5944290048. – Текст : непосредственный.
7. American Society of Civil Engineers. Minimum design loads for buildings and other structures. ANSI/ASCE 7-95 ; Second Edition. – New York : [ASCE], 1998. – 408. – Текст : непосредственный.
8. Recommendations on the use of CFD in Wind Engineering / J. Franke, C. Hirsch, A. G. Jensen [et al.] // J.P.A.J. van Beek (Ed.) : Proc. Int. Conf. on Urban Wind Engineering and Building Aerodynamics : COST C14 – Impact of Wind

- and Storm on City life and Built Environment, Rhode-Saint-Genèse : [s. n.], 2004. – P. 1–11. – Текст : непосредственный.
9. Best practice guideline for the CFD simulation of flows in the urban environment / Edited by Jörg Franke, Antti Hellsten, Heinke Schlüter, Bertrand Carissimo. – Hamburg : Meteorological Inst., 2007. – 52 p. – ISBN 3-00-018312-4. – Текст : непосредственный.
 10. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / В. Н. Гордеев, А. И. Лаеух-Лященко, В. А. Пашинский [и др.] ; под общей редакцией А. В. Перельмутера. – Москва : Изд-во Ассоциация строительных вузов, 2006. – 478 с. – ISBN 5-93093-404-5. – Текст : непосредственный.
 11. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия = Loads and actions : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 3 декабря 2016 г. № 891/пр. : на замену СП 20.13330.2011 : дата введения 2017-06-04 / подготовлен Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва : ЦНИ ИСК им. В. А. Кучеренко АО Минстроя России, 2016. – 110 с. – Текст : непосредственный.
 12. Руководство по расчету зданий и сооружений на действие ветра / ЦНИИ строительных конструкций им. В. А. Кучеренко. – Москва : Стройиздат, 1978. – 216 с. – Текст : непосредственный.
 13. Реттер, Э. И. Архитектурно-строительная аэродинамика / Э. И. Реттер. – Москва : Стройиздат, 1984. – 294 с. – Текст : непосредственный.

Получена 12.11.2021

В. О. МАЗУР ^a, М. О. ЧАЙКА ^a, О. О. БАРМОТИН ^b, О. А. ПРОФАТИЛО ^a
АЕРОДИНАМІЧНІ КОЕФІЦІЄНТИ ДЛЯ БЕЗКАРКАСНИХ АРОЧНИХ
ПОКРИТТІВ ОКРУГЛОЇ ФОРМИ

^a ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,

^b Донецький проектно-вишукувальний інститут залізничного транспорту «Донецький проектно-вишукувальний інститут залізничного транспорту «ДОНЖЕЛДОРПРОЕКТ»

Анотація. Рациональным вариантом утепления бескаркасных арочных покрытий є вариант, що складається з двох шарів холодногнутого арочного профілю, теплоізоляційного шару і вентиляваного повітряного прошарку, розташованих між ними. Для отримання нормативної швидкості повітряного потоку у вентиляційному прошарку необхідно визначити швидкість зовнішнього вітрового потоку на вході у вентиляційний отвір. У роботі виконується чисельне моделювання тиску вітрового потоку на бескаркасні арочні покриття, що діє під різними кутами атаки. В результаті отримані траєкторії обтікання потоку арочних покриттів і картини розподілу відносного тиску вітру по їх поверхні. На підставі отриманих даних встановлені закономірності зміни аеродинамічних коефіцієнтів з урахуванням зміни конструктивних параметрів бескаркасних арочних покриттів і кутів атаки набігаючого вітрового потоку. Побудовано схеми розподілу аеродинамічних коефіцієнтів. Отримані значення аеродинамічних коефіцієнтів перевищують рекомендовані нормативами значення, які обираються для склепінчатих будівель і близьких до них за обрисом покриттів. Необхідні подальші дослідження для уточнення отриманих даних.

Ключові слова: бескаркасне арочне покриття, вітровий потік, кут атаки, чисельне моделювання, аеродинамічні коефіцієнти.

VIKTORIYA MAZUR ^a, MARIA CHAYKA ^a, ALEXANDER BARMOTIN ^b,
OLEG PROFATILO ^a
AERODYNAMIC COEFFICIENTS FOR FRAMELESS ARCHED COVERINGS OF
ROUNDED SHAPE

^a Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, ^b Donetsk Design and Research Institute of Transport «DONZHELDORPROEKT»

Abstract. A rational option for the insulation of frameless arched coverings is an option consisting of two layers of a cold-curved arch profile, a thermal insulation layer and a ventilated air layer located between them. To obtain the standard air flow velocity in the ventilated layer, it is necessary to determine the speed of the external wind flow at the entrance to the vent. The paper performs numerical simulation of wind flow pressure on frameless arched coverings acting at different angles of attack. As a result, the flow trajectories of arched coverings and patterns of distribution of relative wind pressure over their surface are obtained. Based on the obtained data, the regularities of changes in aerodynamic coefficients are established, taking

into account changes in the design parameters of frameless arched coverings and the angles of attack of the incoming wind flow. Schemes of distribution of aerodynamic coefficients are constructed. The obtained values of aerodynamic coefficients exceed the values recommended by the standards, selected for vaulted buildings and coatings close to them in outline. Further research is needed to refine the obtained data.

Key words: frameless arched covering, wind flow, angle of attack, numerical modeling, aerodynamic coefficients.

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

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

Бармотин Александр Александрович – кандидат технических наук, доцент. Директор Государственного унитарного предприятия Донецкой Народной Республики «Донецкий проектно-изыскательский институт железнодорожного транспорта "ДОНЖЕЛДОРПРОЕКТ"». Научные интересы: разработка и совершенствование конструктивных решений фасадных и отделочных систем.

Профатило Олег Анатольевич – ассистент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: совершенствование кровельных конструкций с вантовым покрытием.

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

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

Бармотін Олександр Олександрович – кандидат технічних наук, доцент. Директор Державного унітарного підприємства Донецької Народної Республіки «Донецький проектно-вишукувальний інститут залізничного транспорту "ДОНЖЕЛДОРПРОЕКТ"». Наукові інтереси: розробка та вдосконалення конструктивних рішень фасадних та оздоблювальних систем.

Профатило Олег Анатолійович – асистент кафедри технології та організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: удосконалення покрівельних конструкцій з вантовим покриттям.

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

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

Barmotin Alexander – Ph. D. (Eng.), Associate Professor. Director of the State Unitary Enterprise of the Donetsk People's Republic «Donetsk Design and Research Institute of Transport "DONZHELDORPROEKT"». Scientific interests: development and improvement of design solutions for facade and finishing systems.

Profatilo Oleg – assistant, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improvement of roofing structures with cable-stayed coating.

УДК 624.05

А. В. ИХНО, А. В. КРУПЕНЧЕНКО, В. В. ТАРАН

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ УСТРОЙСТВА СИСТЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
«ТЕПЛЫХ ПОЛОВ» НА ОСНОВЕ НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ**

Аннотация. Работа посвящена проблеме повышения эффективности устройства электрических теплых полов путем выбора рациональных технологических решений. Приведены сравнительные характеристики различных систем. Определены факторы, влияющие на выбор системы «Теплого пола» и методики выбора рациональных организационно-технологических решений. На основании исследования технологической структуры и методов устройства электрических теплых полов выявлены основные способы монтажа системы «Теплого пола» на основе нагревательного кабеля. Проведены исследования по выбору производителя систем электрического теплого пола на основании определения «обобщенного» показателя $K_{об}$ с заданными критериями выбора и ранжированием их по значимости. Доказано снижение затрат электроэнергии при эксплуатации системы электрического «Теплого пола» за счет применения системы регулирования параметрами теплового режима. Произведен сопоставительный анализ стоимости потребления электроэнергии системой теплых полов в зависимости от наличия терморегулятора для всех групп потребителей. Проведено экономическое обоснование сокращения трудозатрат и снижение себестоимости устройства «Теплого пола» по рационально обоснованному методу. Получены технико-экономические показатели устройства «Теплого пола» по рационально обоснованному методу на типовой этаж здания санатория с площадью обогрева 40 м² при общей площади 80,6 м² устройства полов в санитарно-бытовых помещениях жилых номеров.

Ключевые слова: энергоэффективность, нагревательная секция, электрический кабель, тепловой режим, температурное расширение, стяжка, деформационный шов, критерии выбора, технико-экономические показатели.

В экономически развитых странах мира электроотопление занимает одно из ведущих мест среди систем создания микроклимата зданий. Наиболее широко применяемыми являются электрические кабельные системы отопления. Проектный выбор систем электроотопления здания зависит от структуры топливно-энергетического баланса страны, режима потребления электроэнергии, ее сравнительной стоимости с другими энергоносителями. Стоимость наших энергоносителей, современных систем и строительных материалов на уровне мировых цен позволяет уже сегодня примерять европейские методики экономического сопоставления проектных решений для дальнейшей их гармонизации либо адаптации.

Поток зарубежного оборудования, систем и технологий обеспечения микроклимата поставили перед специалистами и потребителями задачу выбора. Для оборудования и технологий предпочтение решено однозначно – в пользу известных мировых производителей. Гораздо сложнее обстоит дело с выбором систем, т. к. он должен быть обоснован экономически. Технологическое решение ограничивается инструкциями фирм-производителей с общими указаниями по монтажу.

Целью исследования является повышение эффективности устройства электрических теплых полов путем выбора рациональных технологических решений.

Задачи исследования сводятся к анализу конструктивных решений устройства электрического теплого пола с исследованием факторов, влияющих на выбор его типа. Обоснование эффективности применения различных типов электрических теплых полов путем сопоставительного анализа технико-экономических показателей на основании исследования технологической структуры.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Рынок тёплых полов набрал столь заметные обороты из-за увеличения установок в широком спектре коммерческих, промышленных и жилых зданий, благодаря высокой энергоэффективности этих систем, их комфортности для пользователя, а также вследствие устойчивого роста сектора инфраструктуры во всём мире [1, 2]. Расширение рынка напольного отопления обусловлено увеличением количества директив и правительственных постановлений, касающихся использования энергоэффективных технологий и решений в новых и реконструируемых зданиях и из-за растущей озабоченности в отношении энергоэффективности и состояния окружающей среды.

Произведен анализ существующих систем электрического теплого пола. Выделено две основные технологии устройства теплого пола под жесткое напольное покрытие – применение нагревательного кабеля и термоматов.

Классическая система «теплый пол» – это система напольного кабельного обогрева представляющая собой нарезанный на секции электрический нагревательный кабель, проложенный в массиве пола – под половым покрытием в бетонной стяжке. В полу же помещается датчик, контролирующий поддержание требуемой температуры. Классическая система «теплый пол» на основе нагревательного кабеля с укладкой в стяжку представлена на рисунке 1а.

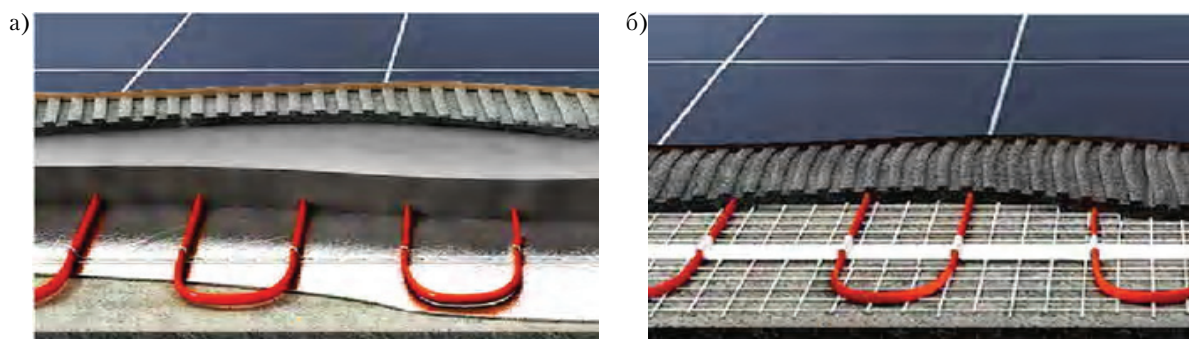


Рисунок 1 – Система «теплый пол»: а) классическая система «теплый пол» на основе нагревательного кабеля с укладкой в стяжку; б) система «тонкий теплый пол» на основе нагревательного мата с укладкой его без стяжки в плиточный клей.

Допустимые значения толщины стяжки над нагревательным кабелем зависят от назначения помещения [3]. Минимальная толщина стяжки из бетонной смеси бесшовного пола над нагревательным кабелем для жилых помещений составляет 30 мм, для административных помещений, классных комнат, врачебных кабинетов – 45 мм, выставочные залы, универмаги, мастерские – 55 мм. Минимальный срок затвердевания стяжки перед первым нагревом должен составлять не менее 28 суток. Для улучшения свойств стяжки теплого пола в цементно-песчаный раствор добавляется такой компонент, как пластификатор бетона. В результате увеличивается теплопроводность, уменьшается усадка греющей плиты и в целом это дает увеличение параметров прочности стяжки. Ассортимент пластифических добавок достаточно широк, среди них наиболее востребованными являются Sanprol, АрмМикс, суперпластификатор С-3, Rehau. В процессе работы стяжка теплого пола подвержена постоянным тепловым нагрузкам, для их компенсации и исключения растрескивания плиты добавляют еще один компонент – полипропиленовую или стекловолоконную фибру. Фибра для «теплого пола» имеет толщину 18...32 мкм и длину волокон от 6 до 40 мм. Применение фибры позволяет дополнительно армировать стяжку, увеличивая прочность и исключая вероятность появления трещин.

Система «Тонкий теплый пол» основана на применении термоматов (рис. 1б). Маты конструктивно представляют собой нагревательный кабель, закрепленный на крупноячеистой сетке. Толщина термомата от 2,8 до 8,0 мм, поэтому при установке этого вида теплого пола уровень пола поднимается незначительно. Термоматы монтируются на готовую стяжку непосредственно в плиточный клей. Для изготовления термоматов используется двухжильный экранированный кабель, что обеспечивает безопасность и удобство монтажа. Ширина теплого мата стандартная 0,5 м, длина в зависимости от площади составляет от 1 до 30 м. Как правило, теплый пол такого типа используется при реконструкции, когда нет возможности поднять уровень пола. Особенностью нагревательного мата

является отсутствие необходимости высчитывать шаг укладки кабеля и устраивать системы крепежа. Рулон просто раскатывается на подготовленной поверхности.

Определяющим фактором при выборе вида системы является расход электроэнергии при обогреве помещения. К факторам, влияющим на энергопотребление системы относятся: климатическая зона; объем помещения (площадь); тип пола; уровень теплоизоляции помещения; состояние теплового контура и уровень теплопотерь; назначение помещения; цель и период эксплуатации. Используется ли электрический пол в качестве основной или дополнительной системы отопления. Постоянно или периодически; степень восприятия тепла проживающими в помещении людьми. Согласно [4, 5], допустимая температура нагрева системы «теплый пол» колеблется в пределах от +26 до +35 °С. Погонная и удельная мощность назначается в зависимости от типа помещения. Для комфортного обогрева (дополнительное отопление) – это 100...150 Вт/м²; для основного обогрева – 160...200 Вт/м²; для холодных неотапливаемых помещений (балконы и лоджии) – 200...250 Вт/м².

Для определения стоимостного эффекта был проведен сопоставительный анализ стоимости электроэнергии, потребляемой системой «теплых полов» в зависимости от наличия терморегулятора. Расчет потребления электроэнергии (кВт-час/сут) произведен по удельной мощности системы (Вт/м²), заявленной производителем. Анализ результатов подтверждает необходимость управления системой теплого пола. Так, с наличием терморегулятора плата за потребление электроэнергии сокращается на 85 % для всех групп потребителей.

Важно, чтобы необходимая мощность была совместима с выбранным напольным покрытием, производители которого, как правило, указывают пороги допустимых температур. Плитка и керамогранит подходят как для основного, так и дополнительного отопления, т. е. совместимы с высокими мощностями – 150...220 Вт/м².

Мировые производители теплых полов представлены такими брендами, как: Devi (Дания), Ensto (Финляндия), Energy (Англия), Rehau, Hemstedt, Eltherm (Германия), Nexans (Норвегия), Ceil Hit (Испания), Calorique, Raychem (Америка), Caleo, Unimat (Южная Корея). RATEY, Woks (Украина), Profi Therm (Польша) Fenix (Чехия) Veria (Дания). Теплые полы под брендом «Теплолюкс» выпускаются заводом «Специальные Системы и Технологии».

Предлагается методика выбора продукта путем введения так называемого «коэффициента важности» (k_i), характеризующего значимость того или иного параметра при выборе производителя нагревательного электрического кабеля. В данном исследовании критериями выбора производителя нагревательного кабеля при устройстве «теплого пола» приняты толщина кабеля, удельная мощность и стоимость с присвоением «коэффициента значимости» от 1 до 3. Обобщенный показатель « K_i » продукта, вычисляется по формуле:

$$K_i = \frac{T_{\min}}{T_i} k_T + \frac{c_{\min}}{c_i} k_C + \frac{P_{\min}}{P_i} k_P,$$

где k_T , k_C , k_P – соответственно «коэффициенты значимости» толщины кабеля, стоимости и удельной мощности;

T_{\min} – минимальная толщина кабеля, мм;

T_i – толщина кабеля рассматриваемого производителя, мм;

C_{\min} – минимальная стоимость, руб./м.п;

C_i – стоимость кабеля рассматриваемого производителя, руб./ м.п;

P_{\min} – допустимая минимальная удельная мощность кабеля, Вт/м²;

P_i – мощность кабеля рассматриваемого производителя, Вт/м²;

Путем суммирования «обобщенных показателей» (K_i) при различных вариантах ранжирования «коэффициента важности» определяется наиболее эффективный вариант. Для исследования выделено 8 мировых производителей, зарекомендовавших себя на рынке систем электрического «теплого пола». По совокупности характеристик выделен производитель Profi Therm (Польша).

Фиксация кабеля может осуществляться при помощи специальной ленты с крепежными элементами (рис. 2). Расстояние между крепежными язычками монтажной ленты кратно 2,5 см. Второй вариант – при помощи металлической сетки и креплением кабеля к ней с применением пластикового хомута (рис. 3). Наиболее рациональным выбором для помещений неправильной формы является система теплого пола, включающая кабель теплого пола для монтажа в комплекте с разобщающей мембраной. Разъединяющие мембраны представляют собой водонепроницаемый прокладочный материал, которые обеспечивают быстрый и простой способ монтажа нагревательных кабелей для

электрической системы подогрева пола под любой тип плитки (рис. 4). Мембрана обеспечивает контрольный слой между плиткой и подложкой.

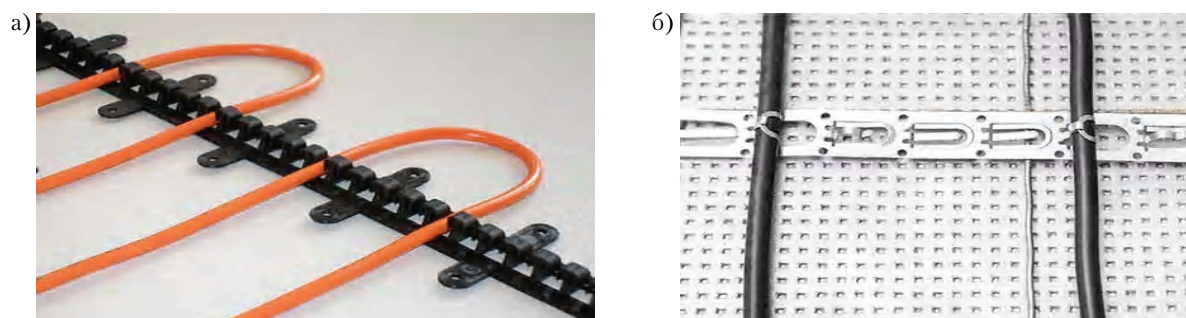


Рисунок 2 – Фиксация кабеля на основании при помощи монтажной полимерной (а) или металлической ленты (б).

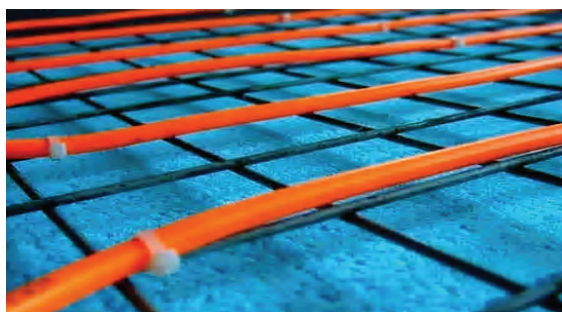


Рисунок 3 – Фиксация кабеля на основании при помощи металлической сетки.



Рисунок 4 – Фиксация кабеля с помощью разобщающей мембраны.

Шаг укладки кабеля рассчитывается по формуле: $(100 \times S) / L$, где S – площадь, на которую укладывается теплый пол, L – длина кабельной секции. Значения расчетного шага укладки нагревательного кабеля определяются с учетом глубины укладки кабеля от поверхности пола согласно таблице 2.1 [3] и составляют от 7,5 до 15,0 см.

На основании анализа технологической структуры и методов устройства систем «теплого пола» выполнено технико-экономическое обоснование устройства пола для санитарно-бытового назначения общей площадью 80,6 м², из которой 40 м² «теплого пола». Распределение затрат труда по основным процессам при устройстве пола с обогревом приведено на рисунках 5–6. Экономический эффект

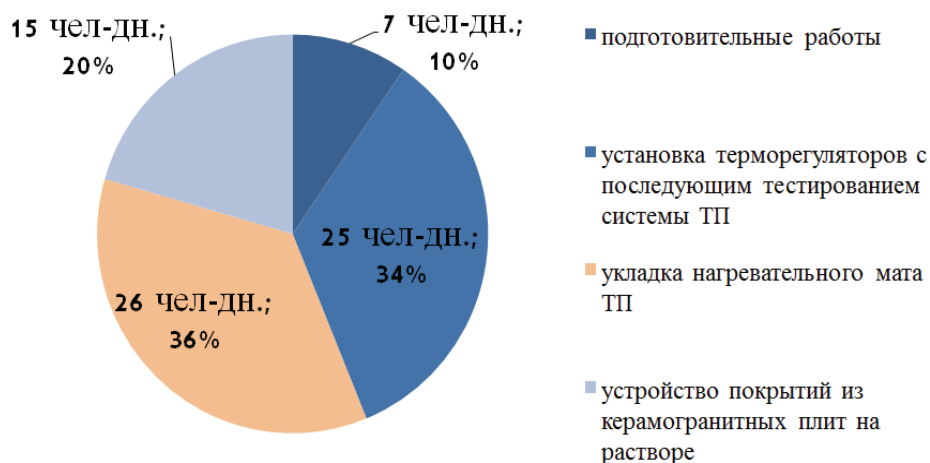


Рисунок 5 – Распределение трудозатрат при устройстве системы тонкого «теплого пола».



Рисунок 6 – Распределение трудозатрат при устройстве классической системы «теплого пола».

на основании сметных расчетов определен как разница приведенных затрат по вариантам и составил 100,693 тыс. руб. Применение нагревательного мата по системе «Тонкий теплый пол» предполагает сокращение трудозатрат на 20,7 % и сокращение себестоимости на 17,1 % по сравнению с применением технологии «Классического теплого пола» на основе нагревательного кабеля. Устройство теплого пола на основе нагревательного мата – трудоемкий процесс, так как связан с подключением и тестированием электрической системы с привлечением специалистов высших разрядов. Трудоемкость устройства пола по системе тонкий теплый пол составила 0,9 чел.-дн./м² и 1,41 по классической системе. Стоимость устройства 1 м² пола с обогревом по системе «тонкий теплый пол» составила 6 051,8 руб., по классической системе – 7 310,5 руб.

Продолжительность выполнения процесса устройства пола общей площадью 80,6 м² (40 м² с обогревом) по системе тонкий «теплый пол» составила 24 дня и 32,5 дня по классической системе при односменном режиме работ, без учета времени высыхания клеевой смеси (рис. 7).

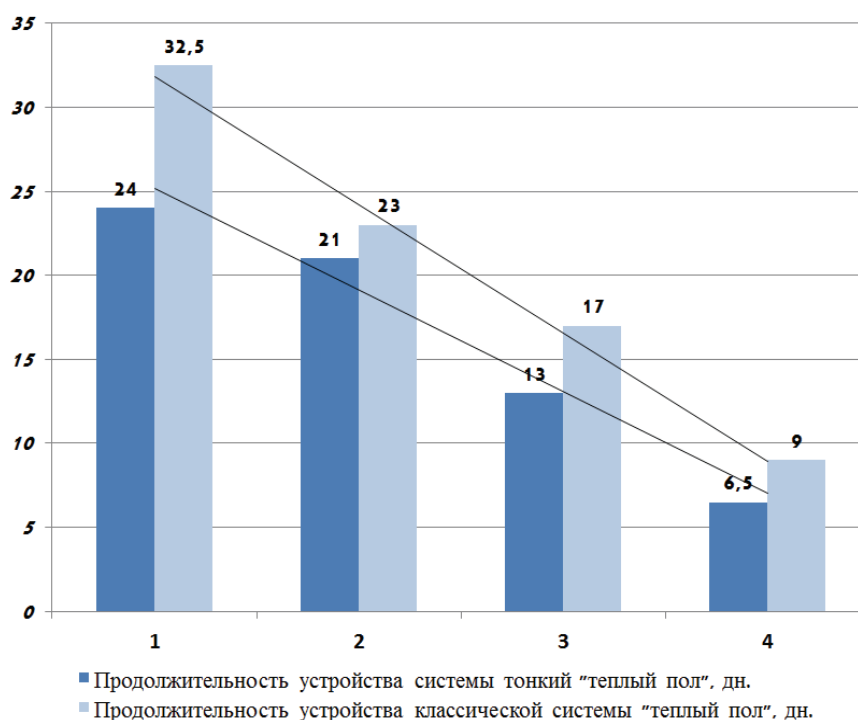


Рисунок 7 – Сокращения продолжительности устройства систем «теплого пола».

ВЫВОДЫ

Проводимые исследования показывают, что трудоемкость выполнения работ по устройству «теплого пола» во многом зависит от вида применяемого нагревательного элемента и сложности электромонтажных работ, связанных с его подключением и предэксплуатационным тестированием. Значительное снижение продолжительности устройства теплого пола более чем на 27 % достигается путем комплексной корректировки во-первых путем деления фронта работ на захватки и во вторых увеличением сменности работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пытков, В. В. Электрические кабельные системы отопления. Энергетическое сопоставление / В. В. Пытков. – Киев : ООО «Медиа-Макс», 2004. – 88 с. – Текст : непосредственный.
2. Богуславский, Л. Д. Энергосбережение в системах теплоснабжения и кондиционирования воздуха : справочное пособие / Л. Д. Богуславский, В. И. Ливчак, В. П. Титова. – Москва : Стройиздат, 1990. – 624 с. – Текст : непосредственный.
3. ГСН В.2.5-24:2012. Электрическая кабельная система отопления : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Министерства регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины от 01.02.2012 г. № 40-ст : дата введения 2012-10-01. – Киев : Минрегионстрой Украины, 2012. – 100 с. – Текст : непосредственный.
4. ДСТУ Б ENISO 7730:2011. Эргономика тепловой среды. Аналитическое определение и интерпретация теплового комфорта на основе расчетов показателей PMV и PPD и критериев локального теплового комфорта : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Минрегиона Украины от 30.12.2011 г. № 458 и от 12.06.2012 г. № 300-ст : дата введения 2013-01-01. – Киев : Минрегион Украины, 2012. – 66 с. – Текст : непосредственный.
5. СНиП 2.04.05-91*. Отопление, вентиляция и кондиционирование : издание официальное : утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по строительству и инвестициям от 28.11.1991 г. ст : дата введения 1992-01-01. – Москва : ГУП ЦПП, 1977. – 72 с. – Текст : непосредственный.
6. ДБН В. 1.2-14:2018. Система обеспечения надежности и безопасности строительных объектов. Общие принципы обеспечения надежности и конструктивной безопасности зданий и сооружений : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Министерства регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины 02.08.2018 г. № 198-ст : дата введения 2019-01-01. – Киев : Минуглепром Украины, 2018. – 30 с. – Текст : непосредственный.
7. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика : издание официальное : утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 21.07.1982 г. – ст : дата введения 1984-01-01. – Москва : Стройиздат, 1983. – 135 с. – Текст : непосредственный.
8. ДБН В.2.6-31:2016. Тепловая изоляция зданий : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Министерства регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины от 08.07.2016 г. № 220-ст : дата введения 2017-06-01. – Киев : Минрегион Украины, 2017. – 30 с. – Текст : непосредственный.
9. ДСТУ Б В.2.7-126:2011. Строительные материалы. Смеси строительные сухие и модифицированные. Общие технические условия : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Минрегиона Украины от 27.05.2011 г. № 55-ст : дата введения 2011-01-06. – Киев : Минрегион Украины, 2011. – 37 с. – Текст : непосредственный.
10. ДСТУ-Н Б В.2.6-203:2015. Руководство по выполнению работ при изготовлении и монтаже строительных конструкций : издание официальное : утверждены и введены в действие приказом Минрегиона Украины от 03.09.2015 г. № 215-ст : дата введения 2016-04-01. – Киев : Минрегион Украины, 2016. – 96 с. – Текст : непосредственный.
11. Указания по технологии ремонтно-строительного производства и технологические карты на работы при капитальном ремонте жилых домов / под редакцией С. Д. Химунина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Стройиздат, 1977. – 218 с. – Текст : непосредственный.

Получена 12.11.2021

Г. В. ІХНО, Г. В. КРУПЕНЧЕНКО, В. В. ТАРАН
ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ УЛАШТУВАННЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРИЧНОЇ
«ТЕПЛОЇ ПІДЛОГИ» НА ОСНОВІ НАГРІВАЛЬНОГО КАБЕЛЯ
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Робота присвячена проблемі підвищення ефективності улаштування електричної теплої підлоги шляхом вибору раціональних технологічних рішень. Наведено порівняльні характеристики різних систем. Визначено фактори, що впливають на вибір системи «Теплої підлоги» та методики вибору раціональних організаційно-технологічних рішень. На підставі дослідження технологічної структури та методів влаштування електричної теплої підлоги виявлено основні способи монтажу системи «Теплої підлоги» на основі нагрівального кабелю. Проведено дослідження щодо вибору

виробника систем електричної теплої підлоги на підставі визначення «узагальненого» показника « $K_{уз}$ » із заданими критеріями вибору та ранжуванням їх за значимістю. Доведено зниження витрат електроенергії під час експлуатації системи електричної «теплої підлоги» за рахунок застосування системи регулювання параметрами теплового режиму. Проведено порівняльний аналіз вартості споживання електроенергії системою теплої підлоги залежно від наявності терморегулятора для всіх груп споживачів. Проведено економічне обґрунтування скорочення трудовитрат та зниження собівартості пристрою «Теплої підлоги» за раціонально обґрунтованим методом. Отримано техніко-економічні показники влаштування «Теплої підлоги» за раціонально обґрунтованим методом на типовий поверх будівлі санаторію з площею обігріву 40 м² при загальній площі 80,6 м² влаштування підлог у санітарно-побутових приміщеннях житлових номерів.

Ключові слова: енергоефективність, нагрівальна секція, електричний кабель, тепловий режим, температурне розширення, стяжка, деформаційний шов, критерії вибору, техніко-економічні показники.

ANNA IHNO, ANNA KRUPENCHENKO, VALENTINA TARAN
TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR THE INSTALLATION OF ELECTRIC
«UNDERFLOOR HEATING» SYSTEMS BASED ON A HEATING CABLE
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The work is devoted to improving the efficiency of electric floor heating by choosing rational technological solutions. Comparative characteristics of various systems are presented. The factors influencing the choice of the «Underfloor Heating» system and the methods of choosing rational organizational and technological solutions have been determined. On the basis of the study of the technological structure and methods of electric underfloor heating, the main methods of installing the «Underfloor Heating» system based on a heating cable have been identified. Research has been carried out on the choice of a manufacturer of electric underfloor heating systems based on the definition of the «generalized» indicator « K_{gen} » with the given selection criteria and their ranking according to their importance. Reduction of electricity consumption during the operation of the electric «Underfloor Heating» system due to the use of a system for regulating the parameters of the thermal regime has been proved. A comparative analysis of the cost of electricity consumption by the under floor heating system, depending on the presence of a thermostat for all groups of consumers, has been carried out. The economic justification of the reduction of labor costs and the reduction of the cost of the «Underfloor Heating» device according to a rationally justified method has been carried out. The technical and economic indicators of the «Underfloor Heating» device were obtained according to a rationally substantiated method for a typical floor of a sanatorium building with a heating area of 40 m² with a total area of 80.6 m² of flooring in sanitary premises of residential rooms.

Key words: energy efficiency, heating section, electric cable, thermal conditions, thermal expansion, screed, expansion joint, selection criteria, technical and economic indicators.

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

Крупенченко Анна Викторовна – старший преподаватель кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: ремонт и реконструкция конструкций промышленных зданий.

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

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

Крупенченко Ганна Вікторівна – старший викладач кафедри технології і організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: ремонт і реконструкція конструкцій промислових будівель

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

Ihno Anna – assistant, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: design, installation, operation, technical diagnostics, technical condition assessment, reconstruction and reinforcement of building metal structures, technology and organization of work during the construction and reconstruction of buildings and structures.

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

Taran Valentina – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improving the efficiency of structural and technological solutions in the construction of monolithic frame civil buildings, by reducing the energy intensity, material intensity, labour intensity and cost of construction products.

УДК 691.87

В. В. ТАРАН, Д. В. АЛЕЙНИК, А. Р. ШАМРИЛЮК

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ПУТИ СОКРАЩЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВОЗВЕДЕНИЯ КАРКАСНО-МОНОЛИТНЫХ ЗДАНИЙ

Аннотация. Сокращение продолжительности возведения каркасно-монолитных зданий в настоящее время является актуальной задачей. Для принятия наиболее технологичного решения необходимо выполнить вариантное сравнение по каждому из процессов, составляющих совокупность работ на строительной площадке. Рассмотрены основные виды армирования монолитного перекрытия, виды опалубочных систем при возведении типового этажа зданий из монолитного железобетона, представлена совокупность работ, выполняемых на строительной площадке по каждому из составляющих процессов. Выполнено сравнение трудоемкости по основным видам подачи арматурных изделий на монтажный горизонт на 100 м² монолитного перекрытия. Представлено сравнение трудоемкости по основным видам опалубочных систем. Выбор наиболее технологичного вида армирования и опалубочных систем будет зависеть от совокупной трудоемкости по одному из критериев: продолжительности выполнения арматурных и опалубочных работ, продолжительности транспортных процессов.

Ключевые слова: армирование, опалубка, монолитное перекрытие, трудоемкость, продолжительность.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В настоящее время скоростное монолитное домостроение (СМД) – одна из перспективных технологий возведения каркасно-монолитных жилых зданий. СМД привлекательно для инвестора и заказчика, а также для подрядчика тем, что позволяет возводить объекты в короткие сроки без ухудшения качества продукции и при этом экономить финансовые средства. Этот вид строительства требует к себе особого подхода – помимо хорошо развитой технической базы, высокого уровня используемых технологий и квалификации занятых работников, необходима четкая организация и возможности оперативного управления строительным процессом. Обычно скоростным называют строительство, где удается существенно сократить нормируемые сроки возведения объекта [1].

Одной из важных задач в сфере монолитного домостроения является формирование модели СМД, охватывающей организационные и технологические вопросы возведения многоэтажных зданий в скоростном режиме.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Выявлено, что значительный вклад в решение теоретических и практических вопросов развития скоростного монолитного домостроения внесли А. В. Галумян [2], А. А. Афанасьев [3], В. В. Дьячков [4], Л. В. Зиневич [5], М. Ф. Марковский, Н. Г. Бурсов [6].

Авторами произведен анализ особенностей и обзор возведения различных зданий и сооружений, включая принципы выбора технологии ведения процессов и работ в зависимости от условий строительства.

В статье автора А. В. Галумян «Об организационно-технологической модели скоростного строительства жилых зданий из монолитного железобетона» предложена организационно-технологическая модель возведения жилых многоэтажных зданий в разборно-переставной опалубке в скоростном режиме, теоретически и экспериментально подтверждена возможность значительного снижения трудоемкости и стоимости строительства при выполнении основных видов работ за счет их рационализации и введения новых норм времени их выполнения [2].

В статье автора Л. В. Зиневич «О разработке технологии оперативного температурно-прочностного контроля бетона при выдерживании монолитных конструкций в условиях современного скоростного строительства» предложен и реализован метод косвенных измерений температуры бетона через опалубку с использованием инфракрасной (ИК) термометрии, теоретически обоснован и практически реализован метод косвенных измерений температуры бетона через опалубку с использованием инфракрасной (ИК) термометрии, произведена вероятностная оценка надежности и существующих схем точечного температурного контроля (на примере перекрытий) [5].

Таким образом, выполненные исследования связаны с реализацией задач по совершенствованию методов и средств повышения качества продукции строительного производства при скоростном возведении объектов строительства.

ЦЕЛИ

Повышение эффективности производства работ при возведении каркасно-монолитного здания путем выбора рациональных организационно-технологических решений, позволяющих уменьшить трудоемкость, сократить сроки возведения монолитного каркаса и получить экономический эффект.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

К основным процессам на строительной площадке при возведении каркасно-монолитных гражданских зданий относятся:

- опалубочные работы;
- арматурные работы;
- укладка бетона;
- уход за бетоном;
- демонтаж опалубки.

В первую очередь темп строительства задает своевременная доставка основных материалов: бетона, арматурных изделий, опалубки.

Применяют в основном две технологические схемы доставки бетонной смеси:

- в автобетоносмесителях от централизованного бетонного узла;
- с автоматизированного бетонного узла.

Второй вариант позволяет управлять процессом корректировки состава бетонной смеси и обеспечивает её приготовление на объекте. Это экономит средства и время, потраченные на перевозку бетонной смеси.

Доставка арматуры осуществляется транспортными средствами. Они выбираются с учётом веса, размера, а также конфигурации арматурных изделий.

Наиболее часто в строительстве используется автомобильный транспорт.

Его основными достоинствами являются большая скорость, высокая маневренность.

На строительную площадку арматурные изделия поставляют в виде отдельных стержней, сеток, каркасов. Сетки перевозятся пакетами по несколько штук в пакете.

Доставка элементов опалубки осуществляется при помощи бортовых грузовиков, а также бортовых длинномеров.

Около 90...95 % железобетонных конструкций возводят с применением разборно-переставных опалубок. Основными видами разборно-переставных опалубок являются: мелкощитовая и крупнощитовая. Они обладают универсальностью при бетонировании различных видов конструкций.

Помимо разборно-переставной, достаточно часто применяют несъемные опалубки.

На строительную площадку опалубку доставляют комплектами. В состав комплекта входят: набор щитов, элементы крепления, вспомогательные и поддерживающие устройства. Устанавливают и разбирают опалубку в соответствии с технологической документацией звенья опалубщиков или опалубщики комплексных бригад. Принимают опалубку мастер или прораб [7].

Монолитные колонны и перекрытия возводятся в основном в разборно-переставной мелкощитовой опалубке.

Также в монолитном строительстве используются несъемные опалубки. В основном они состоят из фибробетона, вспененного экструдированного пенополистерола. Существуют два вида несъемной опалубки:

1) Состоящая из щитов для бетонирования стен и перекрытий. Пространство между щитами заполняется арматурными элементами и бетонной смесью.

2) Состоящая из крупных пустотелых блоков. После монтажа они армируются и заполняются бетонной смесью. Бетонное ядро обеспечивает прочность конструкции, а лёгкая оболочка блоков – теплоизоляцию [8].

Сравнив трудоемкость выполнения работ по опалубливанию перекрытия [9], выбирается вариант с наименьшей трудоёмкостью, и как следствие, с наименьшей продолжительностью работ.

Для сравнения трудоёмкости используется ГЭСН 81-02-06-2017 Сборник 6 [9]. Согласно данному нормативному документу сравниваем трудоёмкость наиболее применяемых для каркасных зданий опалубочных систем, чтобы выбрать наименее трудоёмкую из приведенных в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение трудоемкости различных опалубочных систем для перекрытия

Опалубочная система	Единица измерения	Трудоёмкость, чел-ч	Средний разряд работ
Мелкощитовая опалубка перекрытий	10 м ²	8,1	2,5
Крупнощитовая опалубка перекрытий		6,5	3,8

Правильный выбор опалубки позволит сократить сроки строительства, ведь трудоемкость опалубочных работ составляет примерно 40 % от всего комплекса монолитных работ.

Итак, в ходе сравнения трудоемкостей различных опалубочных систем наименее трудоемкой оказалась крупнощитовая (для перекрытий на 20 % меньше по сравнению с применением мелкощитовой опалубки). При выборе окончательного решения применения вида опалубки необходимо учитывать специфические особенности строительного процесса и условий возведения объекта.

Арматурные работы составляют 17...30 % стоимости и 15...25 % трудоемкости от всего комплекса монолитных работ. Они включают в себя изготовление арматурных изделий, укрупнительную сборку и установку в проектное положение.

Существует несколько видов установки арматуры в перекрытиях:

- 1) установка горизонтальных сеток краном;
- 2) укладка арматурной сетки методом раскатки рулона;
- 3) установка и вязка арматуры отдельными стержнями с двойной арматурой.

Наиболее часто на строительной площадке используется третий вид.

Каждый из приведенных видов влияет на трудоемкость выполнения процесса по армированию перекрытия, что в свою очередь влияет на продолжительность выполнения работ.

Как показывает опыт, при возведении всемирно известных небоскребов, таких как Бурдж-Халифа, Шанхайская башня, башни Петронас, используется армирование монолитных перекрытий отдельными стержнями, которые соединяются в сетки на монтажном горизонте.

Сокращение потерь времени при армировании монолитных перекрытий также зависит от правильного выбора транспортных средств и осуществления комплексной механизации транспортных процессов, включающих в себя погрузку, перемещение и выгрузку грузов на строительной площадке.

Сравнив трудоемкость выполнения работ по армированию перекрытия [10], выбирается вариант с наименьшей трудоёмкостью, и как следствие, с наименьшей продолжительностью работ.

При армировании монолитных перекрытий в жилых каркасных зданиях в основном используется арматура диаметром 12 мм с шагом продольных и поперечных стержней 200 мм. Таким образом, на 100 м² монолитного сплошного перекрытия используется 1,78 т арматуры. При армировании сетками, количество последних составляет – 32 шт. Данные по сравнению трудоемкости приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение трудоемкости различных видов армирования на 100 м² монолитного перекрытия

Вид армирования	Трудоёмкость, чел.-ч.	Средний разряд работ
Установка горизонтальных сеток краном	16,6	3,1
Укладка арматурной сетки методом раскатки рулона	6,4	3,1
Установка и вязка арматуры отдельными стержнями с двойной арматурой	16	3

По данным таблицы 2 выявлено, что наименее трудоёмким из рассмотренных видов армирования является укладка арматурной сетки методом раскатки рулона на 62 % по сравнению с установкой горизонтальных сеток краном и на 60 % по сравнению с установкой и вязкой арматуры отдельными стержнями.

Операции по уходу за бетоном начинаются сразу после его укладки. Поверхность бетона предохраняют от воздействия прямых солнечных лучей, ветра и дождя. При температуре выше +15 °С в течение первых трех суток бетон поливают через каждые 3–4 часа днем и 1–2 раза ночью; в последующие дни – не реже трех раз в сутки.

Поверхность свежесушеного бетона также покрывают лаком, эмульсиями, укрывают прозрачными пленками, брезентами. В процессе выдерживания бетон предохраняют от механических повреждений. Поэтому установка лесов, опалубки и движение людей по забетонированной конструкции допускается только после набора бетона прочности не менее 1,5 МН/м² (15 кгс/см²) [10].

Показатели сравнения по трудоёмкости различных видов ухода за бетоном приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнение трудоемкости различных видов ухода за бетоном

Вид ухода за бетоном	Единица измерения	Трудоемкость, чел-ч	Средний разряд работ
Поливка бетонной поверхности водой из брандспойта	100 м ²	0,14	3,1
Покрывание бетонной поверхности рогожами, плёнками или матами	100 м ²	0,21	3,4

Из вышеприведенных видов ухода за бетоном наименее трудоёмким является поливка бетонной поверхности водой из брандспойта (33 % по сравнению с покрытием бетонной поверхности рогожами, плёнками или матами).

Чтобы сократить продолжительность возведения зданий с монолитным каркасом, необходимо выполнить вариантное сравнение по каждому из видов процесса, составляющих совокупность работ на строительной площадке. При выборе окончательного решения применения вида армирования и опалубки необходимо учитывать специфические особенности строительного процесса и условий возведения объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 1.04.03-85. Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Госстроя 42 СССР и Госплана СССР от 17 апреля 1985 г. № 51-90-ст : дата введения 1991- 01-01. – Москва : Стройиздат, 1987. – 522 с. – Текст : непосредственный.
2. Галумян, А. В. Организационно-технологической модель скоростного строительства жилых зданий из монолитного железобетона : специальность 05.23.08 «Технология и организация строительства» : диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук / Галумян Арамаис Варданович ; Московский государственный строительный университет. – Москва, 2010. – 200 с. – Текст : непосредственный.
3. Афанасьев, А. А. Моделирование технологических процессов омоноличивания стыков каркасных зданий при всесезонном производстве работ / А. А. Афанасьев, Л. В. Зиневич. – Текст : электронный // Промышленное и гражданское строительство. – 2012. – № 11. – С. 32–34. – URL: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?issue-id=1068601> (дата обращения: 01.11.2021).
4. Дьячков, В. В. Механические соединения арматуры – применение и тенденция / В. В. Дьячков. – Текст : электронный // Бетон и железобетон. – 2013. – № 4. – С. 8–9. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26685986> (дата обращения: 01.11.2021).
5. Зиневич, Л. В. Разработка технологии оперативного температурно-прочностного контроля бетона при выдерживании монолитных конструкций в условиях современного скоростного строительства : специальность 05.23.08 «Технология и организация строительства» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Зиневич Людмила Владимировна ; Московский государственный строительный университет. – Москва, 2009. – 200 с. – Текст : непосредственный.
6. Марковский, М. Ф. Высотное строительство из монолитного железобетона / М. Ф. Марковский, Н. Г. Бурсов // ais.by : [сайт]. – 2011. – № 2. – URL: <https://ais.by/story/12613> (дата обращения: 17.09.2021). – Текст : электронный.
7. СП 371.1325800.2017. Опалубка. Правила проектирования. Свод правил : издание официальное : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 11 декабря 2017 г. № 1640/пр : дата введения 2018-06-12. – Москва : Минстрой России, 2017. – 54 с. – Текст : непосредственный.

8. Разработка технологической карты на монолитные работы : учебно-методическое пособие / А. Н. Василенко, Д. А. Казаков, И. Е. Спивак, А. Н. Ткаченко ; Воронежский государственный технический университет. – Воронеж : [Воронежский государственный технический университет], 2017. – 268 с. – Текст : непосредственный.
9. ГЭСН 81-02-06-2017. Сборник 6. Бетонные и железобетонные конструкции монолитные : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2016 г. № 1038-ст : дата введения 2017-04-28. – Москва : Стройинформиздат, 2017. – Текст : непосредственный.
10. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции : актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 : издание официальное : утвержден приказом Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Госстрой) от 25 декабря 2012 г. № 109/ГС : дата введения 2013-07-01. – Москва : ФГУП Стандартинформ, 2012. – 196 с. – Текст : непосредственный.

Получена 09.10.2021

В. В. ТАРАН, Д. В. АЛЕЙНИК, А. Р. ШАМРИЛЮК
ШЛЯХИ СКОРОЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ЗВЕДЕННЯ КАРКАСНО-
МОНОЛІТНИХ БУДІВЕЛЬ
 ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Скорочення тривалості зведення каркасно-монолітних будівель на даний час є актуальною задачею. Для прийняття найбільш технологічного рішення необхідно виконати порівняння по кожному з процесів, що становлять сукупність робіт на будівельному майданчику. Розглянуто основні види армування монолітного перекриття, види опалубних систем при зведенні типового поверху будівель з монолітного залізобетону, представлено сукупність робіт, що виконуються на будівельному майданчику по кожному зі складових процесів. Виконано порівняння трудомісткості за основними видами подачі арматурних виробів на монтажний горизонт на 100 м² монолітного перекриття. Представлено порівняння трудомісткості за основними видами опалубних систем. Вибір найбільш технологічного виду армування і опалубних систем буде залежати від сукупної трудомісткості за одним з критеріїв: тривалості виконання арматурних і опалубних робіт, тривалості транспортних процесів.

Ключові слова: армування, опалубка, монолітне перекриття, трудомісткість, тривалість.

VALENTINA TARAN, DMITRII ALEINIK, ANASTASIA SHAMRILYUK
WAYS TO REDUCE THE DURATION OF THE CONSTRUCTION OF FRAME-
MONOLITHIC BUILDINGS
 Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Reducing the duration of the construction of frame-monolithic buildings is currently an urgent task. To make the most technologically advanced decision, it is necessary to perform a comparison for each of the processes that make up the totality of work at the construction site. The main types of reinforcement of monolithic floors, types of formwork systems for the construction of a typical floor of buildings from monolithic reinforced concrete are considered, a set of works performed at the construction site for each of the constituent processes is presented. A comparison was made of the labor intensity in terms of the main type of supply of reinforcement products to the mounting horizon per 100 m² of monolithic overlap. Comparison of labor intensity for the main types of formwork systems is presented. The choice of the most technologically advanced type of reinforcement and formwork systems will depend on the total labor intensity according to one of the criteria: the duration of reinforcement and formwork work, the duration of transport processes.

Key words: reinforcement, formwork, monolithic overlap, labor intensity, duration.

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

Алейник Дмитрий Викторович – магистрант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: пути сокращения продолжительности возведения каркасно-монолитных зданий.

Шамрилюк Анастасия Руслановна – магистрант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: повышение эффективности конструктивно-технологических решений при возведении монолитных каркасных гражданских зданий.

Таран Валентина Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: Шляхи скорочення тривалості зведення каркасно-монолітних будівель.

Алейник Дмитро Вікторович – магистрант кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: шляхи скорочення тривалості зведення каркасно-монолітних будівель.

Шамрилюк Анастасія Русланівна – магистрант кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: підвищення ефективності конструктивно-технологічних рішень при зведенні монолітних каркасних цивільних будівель.

Taran Valentina – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improving the efficiency of structural and technological solutions in the construction of monolithic frame civil buildings, by reducing the energy intensity, material intensity, labor intensity and cost of construction products.

Aleinik Dmitrii – master's student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: ways to reduce the duration of the construction of monolithic frame buildings.

Shamrilyuk Anastasia – master's student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improving the efficiency of structural and technological solutions in the construction of monolithic frame civil buildings.

УДК 69.059.25

В. А. МАЗУР, С. В. ГОМЕНЮК

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕМОНТА МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОБОЛОЧЕК ПРОМЫШЛЕННЫХ ДЫМОВЫХ ТРУБ

Аннотация. Практически на всех промышленных предприятиях, где эксплуатируются монолитные железобетонные промышленные дымовые трубы, остро стоит проблема периодических ремонтов их оболочек. Применяемые технологии в комплексе с необходимостью использования ограниченного количества средств подмащивания приводят к существенному увеличению не только стоимости ремонтных работ, но и продолжительности их выполнения. В работе выделены основные параметры, влияющие на технико-экономические показатели ремонта монолитных оболочек, выполнен анализ высоты стволов эксплуатирующихся монолитных дымовых труб, выявлены факторы, усложняющие производство работ. Получены графики зависимостей основных технико-экономических показателей ремонта и использования средств подмащивания от основных конструктивных параметров монолитных дымовых труб, позволяющие повысить эффективность выполнения работ и снизить трудовые и материальные затраты при производстве ремонтных работ.

Ключевые слова: промышленные дымовые трубы, монолитная железобетонная оболочка, дефекты и повреждения, конструктивные характеристики, технико-экономические показатели, технологическое проектирование.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

На большинстве предприятий ДНР, России и Украины до сих пор успешно функционируют железобетонные дымовые трубы, построенные еще в прошлом столетии. Анализ проведенных исследований и документов обследования железобетонных дымовых труб показал, что проблемы, связанные с их разрушением, возникали уже в первые годы эксплуатации как следствие воздействия агрессивных сред, перепадов температуры на внутренней и наружной поверхностях трубы, обледенения конструкций и т. д. С каждым последующим годом эксплуатации, несмотря на периодические текущие и капитальные ремонты, объемы разрушений железобетонных дымовых труб постоянно увеличиваются, что приводит к частичной потере несущей способности оболочки и герметичности ствола трубы. Применяемые для ремонта монолитных железобетонных оболочек промышленных дымовых труб технологии в комплексе с необходимостью использования средств подмащивания приводят к существенному увеличению не только стоимости ремонтных работ, но и продолжительности их выполнения. В этой связи возрастает значение технологического проектирования и прогнозирования основных технико-экономических показателей на стадии инженерной подготовки производства и составления проекта производства работ на ремонт монолитных железобетонных оболочек дымовых труб.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросами проектирования, возведения и эксплуатации железобетонных дымовых труб, проблемами их надёжности и долговечности занимались ученые Б. Д. Тринкер, А. Б. Тринкер, В. Ф. Дужих, В. П. Грицков, А. М. Ельшин, И. В. Захаров и др. В работах рассматриваются способы обследования состояния дымовых труб, подробно описаны причины появления дефектов и повреждений, рекомендуется последовательность проведения ремонта и демонтажа дымовых труб [2–4]. Но вопросы

выбора рациональных методов их ремонта с учетом особенностей эксплуатации и конструктивных характеристик, объемов дефектов и повреждений отдельной дымовой трубы описаны в меньшей степени.

Целью работы является повышение эффективности ремонта монолитных железобетонных оболочек промышленных дымовых труб на основании применения технико-экономического сравнения разных конструктивно-технологических вариантов.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Промышленные дымовые трубы – это инженерные сооружения, служащие для отвода продуктов горения промышленных топок в высшие слои атмосферы. Основными параметрами, влияющими на выбор рациональных организационно-технических решений по их ремонту, являются конструктивные характеристики сооружения, объемы и расположение дефектов и повреждений конструктивных элементов дымовых труб, особенности технологии производства ремонтных работ с учетом усложняющих факторов, технико-экономические показатели ремонта.

Монолитные железобетонные трубы, как правило, применяют на предприятиях энергетики и проектируют высотой более 100 м, что обусловлено требованиями к эксплуатации трубы и производственными мощностями предприятия. Наиболее часто газоотводящие трубы выполняются круглыми в сечении. Железобетонный ствол трубы конической формы может иметь постоянный или переменный уклон наружной поверхности (от 1 в верхней части до 10° внизу). Толщина стенок варьируется от 160 до 200 мм вверху до 750...1 000 мм. Толщина стенок изменяется по ярусам высотой 10...15 м.

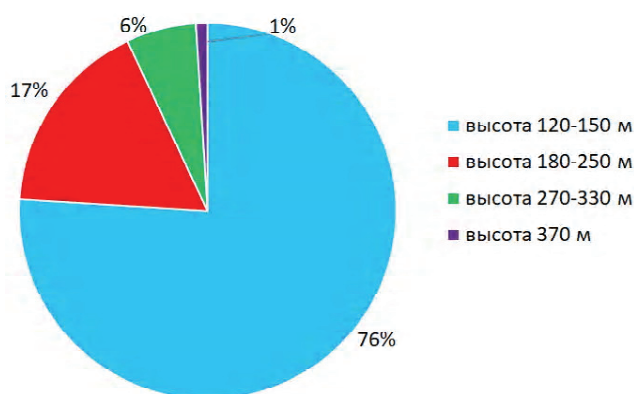


Рисунок 1 – Анализ высоты стволов эксплуатирующихся монолитных дымовых труб.

ствола 2 261,95 м²) и большая (высотой 180,0 м, диаметром устья 9,6 м, площадь боковой поверхности ствола 8 143,01 м²).

Выполненный обзор эксплуатирующихся дымовых труб на предприятиях ДНР, Украины и России показал (рис. 1), что на данный момент чаще всего эксплуатируются трубы высотой 120...150 м (75 % из общего количества), выполненные по типовым проектам. Также эксплуатируются монолитные железобетонные дымовые трубы высотой от 180 до 250 м (17 %), от 270 до 330 м (6 %) и высотой 370 м.

Анализ нормативно-технических документов [5, 7] и типовых проектов дымовых труб позволил систематизировать их размеры для дальнейших исследований (таблица).

В качестве объектов для исследования приняты две трубы: малая (высотой 100 м, диаметром устья 4,8 м, площадь боковой поверхности

Таблица – Анализ конструктивных параметров типовых решений монолитных железобетонных конических дымовых труб

Высота трубы, м	Диаметр выходного отверстия (устья), мм	Диаметр основания, мм	Площадь внешней поверхности ствола, м ²	Площадь внутренней футеровки, м ²
270	14,0	35,0	18 236,95	17 219,07
240	9,6	19,2	10 857,34	9 500,18
180	9,6	19,2	8 143,01	7 125,13
	8,4	16,8	7 125,13	6 107,25
150	9,6	19,2	6 785,84	5 937,61
	8,4	16,8	5 937,61	5 277,88
120	8,4	16,8	4 750,09	4 146,90
	7,2	14,4	4 071,51	3 468,32
100	4,8	9,6	2 261,95	1 822,12
	4,2	8,4	1 979,20	1 633,36

К характерным дефектам и повреждениям железобетонных оболочек промышленных дымовых труб [1] относятся:

- разрушение защитного слоя, обнажение и коррозия арматуры,
- сетка трещин на поверхности оболочки дымовой трубы с раскрытием до 5...8 мм,
- трещины по ходу расположения вертикальной арматуры,
- пониженная, по сравнению с проектом, прочность бетона ствола, более 30 %,
- шелушение поверхности бетона и маркировочной окраски,
- крупнопористый бетон ствола трубы,
- сквозные отверстия в трубе,
- следы выхода конденсата дымовых газов на наружную поверхность ствола по неплотным швам бетонирования,
- разрушения колпака дымовой трубы.

Расположение дефектов в нижней части ствола трубы позволяет проводить ремонтные работы с использованием люлек, подъемников или подвесных площадок, оборудованных освещением и телефонной связью. Расположение дефектов в верхней части трубы требует применения подвесных люлек, специальных консольных подмостей. Также широко используются услуги промышленных альпинистов.

Все виды ремонтных работ, за исключением ремонтов оголовков и верхних частей газоотводящих стволов, находящихся в зоне окутывания, выполняются без отключения обслуживаемых теплотехнических агрегатов.

К основным технологическим факторам относятся особенности технологии производства работ с учетом сезонности их выполнения, возможности применения различных средств механизации и подмачивания, уровень механизации работ, применимость средств подмачивания. В качестве средств подмачивания при ремонте оболочек чаще всего используют [6]:

- самоподъемные люльки. При их подъеме на величину высоты ремонтных работ на ширину захватки, определяемую длиной люльки, после чего люльку переставляют на новую захватку.
- подмости на кронштейнах. Такой способ трудоемок и опасен для рабочих, т.к. они для продолжения работы на очередном ярусе переставляют бандаж на очередную захватку по высоте, закрепляют на них кронштейны и переставляют настил;
- самоподъемную кольцевую рабочую площадку, подъем которой осуществляется лебедками,
- строительные леса,
- услуги альпинистов-верхолазов.

В работе выполнен анализ трудоемкости и продолжительности работ по применению разных средств подмачивания (рис. 2). Использование люлек и подмостей на кронштейнах в качестве средств

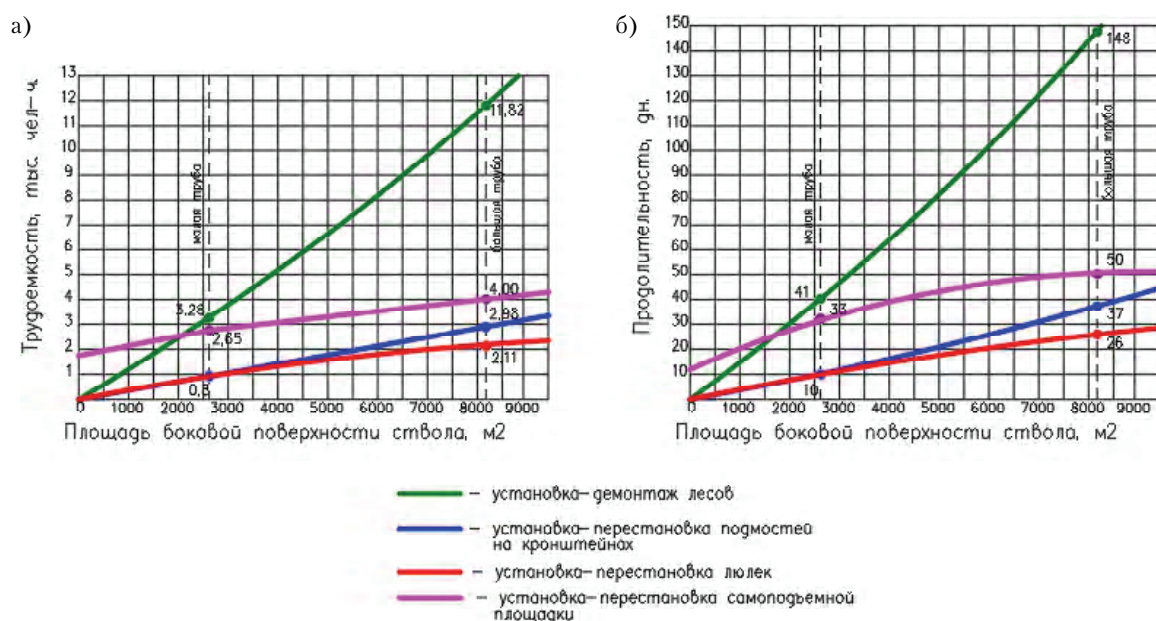


Рисунок 2 – Графики зависимости трудоемкости (а) и продолжительности работ (б) по установке средств подмачивания от конструктивных характеристик дымовых труб.

подмащивания позволяет сократить сроки выполнения работ в 3 раза по сравнению с установкой-демонтажем лесов и почти в 2 раза – по сравнению с использованием самоподъемной площадки.

К факторам, усложняющим производство работ при ремонте монолитных железобетонных промышленных труб относятся:

- производство работ в охранной зоне действующих сетей,
- производство работ в стесненных условиях без остановки производства с наличием в зоне производства действующих теплотехнических агрегатов,
- стесненные условия для складирования материалов или невозможность их складирования на строительной площадке.

Поэтому необходим постоянный контроль качества с составлением актов на выполнение скрытых работ и соблюдение правил охраны труда и производственной безопасности.

Технология ремонта монолитной железобетонной оболочки промышленной дымовой трубы состоит из следующих основных технологических процессов:

1. Удаление отслоившегося и разрушенного бетона с поверхностей трубы механическим способом.
2. Защита стальной арматуры.
3. Ремонт швов, стыков и трещин в железобетонных конструкциях.
4. Восстановление и выравнивание бетона.
5. Нанесение защитного слоя.

Необходимость усиления определяется расчетами.

К технико-экономическим факторам, влияющим на выбор технологии производства ремонтных работ относятся материалоемкость и стоимость технологии, директивные сроки производства работ и стоимость аренды оборудования, машин и механизмов.

В работе исследовалась технологическая структура ремонта монолитных железобетонных оболочек промышленных дымовых труб для следующих основных вариантов ремонтных работ:

Вариант 1. Ремонт с использованием тиксотропных ремонтных смесей безопалубочным способом, устройство антикоррозионного покрытия методом окрашивания, очистка основания пескоструйным способом,

Вариант 2. Ремонт с использованием технологии торкретирования, устройство антикоррозионного покрытия методом окрашивания, очистка поверхности гидроструйным способом.

Проведенный анализ полученных графиков (рис. 3) показал, что технология ремонта стволов монолитных железобетонных дымовых труб тиксотропными смесями безопалубочным способом имеет

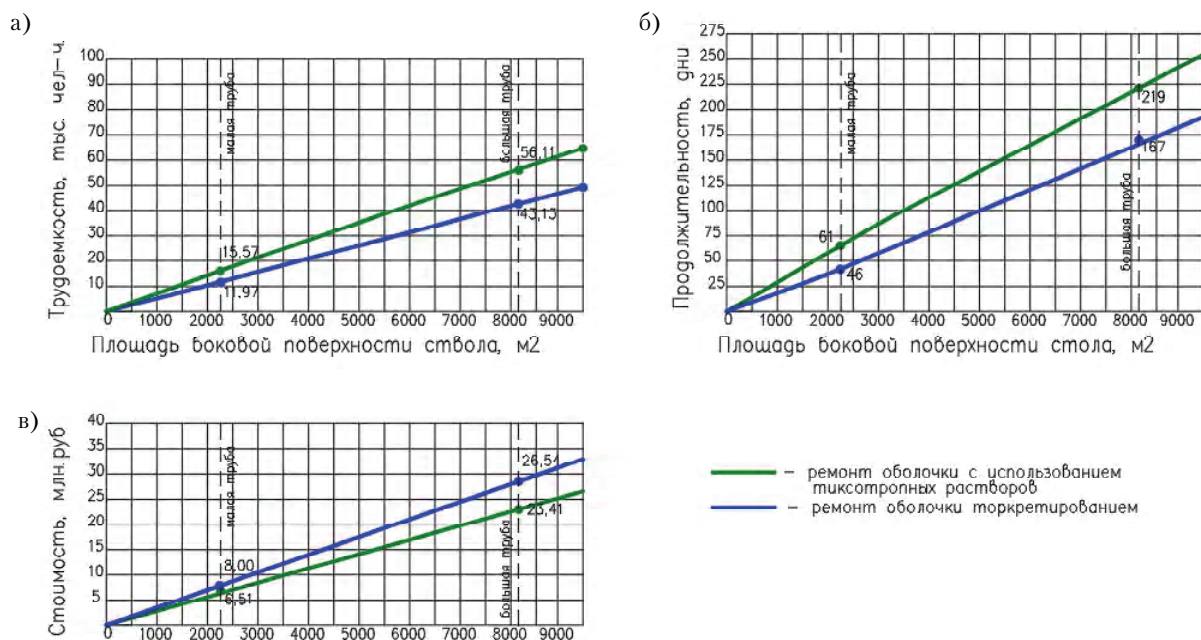


Рисунок 3 – Графики зависимости трудоемкости (а) и продолжительности работ (б) и стоимости работ (в) от конструктивных характеристик дымовых труб.

меньшую удельную стоимость на 1 м² готовой поверхности, но большую трудоемкость и, как следствие, большую продолжительность выполнения ремонтных работ.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ.

Практическая ценность работы заключается в возможности прогнозирования основных технико-экономических показателей ремонта монолитных железобетонных оболочек промышленных дымовых труб с учетом их геометрических размеров, что позволит повысить эффективность выполнения работ и снизить трудовые и материальные затраты при производстве ремонтных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас дефектов и повреждений промышленных труб : учебно-методическое пособие / К. И. Ерёмин, Ю. С. Кунин, Е. Л. Алексеева [и др.]. – Магнитогорск : ООО «ВЕЛД», 2014. – 126 с. – Текст : непосредственный.
2. Грицков, П. М. Ремонт промышленных дымовых труб / П. М. Грицков, Д. И. Вишневский, А. А. Зильберман. – Москва : Стройиздат, 1979. – 183 с. : ил. – Текст : непосредственный.
3. Дужих, Ф. П. Промышленные дымовые и вентиляционные трубы : справочное издание / Ф. П. Дужих, В. П. Осоловский, М. Г. Ладыгичев. – Москва : Теплотехник, 2004. – 464 с. – Текст : непосредственный.
4. Захаров, И. В. Ремонт газоходов и дымовых труб электростанций / И. В. Захаров. – Москва : Энергоатомиздат, 1991. – 112 с. : ил. – Текст : непосредственный.
5. РД 153-34.1-21.523-99. Инструкция по эксплуатации железобетонных и кирпичных дымовых труб, и газоходов на тепловых электростанциях : издание официальное : утверждена Департаментом стратегии развития и научно-технической политики РАО «ЕЭСРоссии» : дата введения 2000-04-24 / разработана АО «Фирма ОРГРЭС», ЗАО «Союзтеплострой». – Москва : РАОЭЭ «ЕЭСРОССИИ», 2000. – 29 с. – Текст : непосредственный.
6. СО 153-34.10.105. Нормокомплекты оборудования, оснастки, инструмента и средств малой механизации для капитального ремонта дымовых труб, градирен и антикоррозионной защиты оборудования на электростанциях Минэнерго СССР : издание официальное : утверждены заместителем Министра энергетики и электрификации СССР В. Н. Буденным 6 января 1981 г. / составители инженеры Н. Н. Рогов, И. Г. Клинок. – Москва : ПО «СОЮЗТЕХЭНЕРГО», 1984. – 35 с. – Текст : непосредственный.
7. СП 375.1325800.2017. Трубы промышленные дымовые. Правила проектирования = Industrial chimneys. Design rules : издание официальное : утверждены Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) : дата введения 2018-15-06 / исполнители Ассоциация пече-трубостроителей и пече-трубопроизводителей России («РосТеплостройМонтаж»). – Москва : Стандартинформ, 2018. – 50 с. – Текст : непосредственный.

Получена 11.10.2021

В. О. МАЗУР, С. В. ГОМЕНЮК
ПРОГНОЗУВАННЯ ОСНОВНИХ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ
РЕМОНТУ МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ОБОЛОНОК
ПРОМИСЛОВИХ ДИМОВИХ ТРУБ
ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Практично на всіх промислових підприємствах, де експлуатуються монолітні залізобетонні промислові димові труби, гостро стоїть проблема періодичних ремонтів їх оболонок. Застосовувані технології в комплексі з необхідністю використання обмеженої кількості засобів підмоцнення призводять до істотного збільшення не тільки вартості ремонтних робіт, але і тривалості їх виконання. У роботі виділено основні параметри, що впливають на техніко-економічні показники ремонту монолітних оболонок, виконано аналіз висоти стовбів монолітних димових труб, що експлуатуються, виявлено фактори, що ускладнюють виконання робіт. Отримано графіки залежностей основних техніко-економічних показників ремонту та використання засобів підмоцнення від основних конструктивних параметрів монолітних димових труб, що дозволяють підвищити ефективність виконання робіт і знизити трудові та матеріальні витрати при виробництві ремонтних робіт.

Ключові слова: промислові димові труби, монолітна залізобетонна оболонка, дефекти і пошкодження, конструктивні характеристики, техніко-економічні показники, технологічне проектування.

VICTORIYA MAZUR, STEPAN GOMENYUK
PREDICTION OF THE MAIN TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF
REPAIR OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE SHELLS OF
INDUSTRIAL CHIMNEYS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Practically at all industrial enterprises where monolithic reinforced concrete industrial chimneys are operated, the problem of periodic repairs of their shells is acute. The applied technologies in combination with the need to use a limited number of means of drawing lead to a significant increase not only in the cost of repair work, but also in the duration of their execution. The paper highlights the main parameters affecting the technical and economic indicators of the repair of monolithic shells, it also analyzes the height of the trunks of monolithic chimneys in operation, and identifies factors complicating the work. Graphs of the dependencies of the main technical and economic indicators of repair and the use of means of drawing on the main design parameters of monolithic chimneys are obtained, which make it possible to increase the efficiency of work and reduce labor and material costs during repair work.

Key words: industrial chimneys, monolithic reinforced concrete shell, defects and damages, design characteristics, technical and economic indicators, technological design.

Мазур Вікторія Александрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології та організації будівництва ГОУ ВПО «Донбасська національна академія будівництва і архітектури». Научні інтереси: удосконалення конструктивно-технологічних рішень по устрою і капітальному ремонту огорожувальних конструкцій будівель і споруд.

Гоменюк Степан Вікторович – магістрант кафедри технології та організації будівництва ГОУ ВПО «Донбасська національна академія будівництва і архітектури». Научні інтереси: організаційно-технологічні особливості процесів ремонту промислових споруд.

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

Гоменюк Степан Вікторович – магістрант кафедри технології та організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: організаційно-технологічні особливості процесів ремонту промислових будівель.

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

Gomenyuk Stepan – Master's student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: organizational and technological features of the processes of repair of industrial structures.

УДК 69.05

Е. П. КАЛМЫКОВА

ГПОУ ВПО «Макеевский политехнический колледж»

ПРИНЦИП РАБОТЫ И ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КОРПУСА РУКАВНОГО ФИЛЬТРА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Аннотация. В статье изложена технология монтажа металлоконструкций корпуса рукавного фильтра доменной печи. Приведены исторические факты по изобретению рукавного фильтра. Представлен принцип работы рукавного фильтра и дано описание конструкции. Представлена принципиальная схема рукавного фильтра, технические характеристики и эффективность его работы. В статье отражена последовательность выполнения подготовительных работ до начала основных строительно-монтажных работ, представлены фрагменты технологической карты на монтажные работы в виде технологических схем и разрезов. Указаны этапы монтажа корпуса рукавного фильтра доменной печи, а именно, монтаж конструкций опорного пояса с бункерами, монтаж стенок фильтра, монтаж блоков регенерации. На всех этапах монтажа предусмотрена укрупнительная сборка металлических конструкций. Монтаж укрупненных блоков производится с помощью стрелового монтажного крана МКГ.С-100.1.

Ключевые слова: рукавный фильтр, укрупнительная сборка, монтаж фильтра, регенерация.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Для производства монтажных работ при строительстве корпуса рукавного фильтра доменной печи требуется применение укрупнительной сборки металлических конструкций, отвечающих требованиям техники безопасности и обеспечивающих высокое качество выполняемых работ в установленные сроки.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ

Провести анализ эффективности работы рукавного фильтра доменной печи и преимуществ монтажа современных конструктивных элементов блочным методом.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Борьба с пылью ведется многие тысячелетия. Уже на заре цивилизации люди поняли, что плотный тканый материал показывает хорошую эффективность от пылевых и песчаных включений. По мере развития механообработки количество твердых отходов высокой дисперсности стремительно возрастало, и были разработаны множественные технологии, устройства и аппараты, чьей целью была полная фильтрация пылевых выбросов.

Изобретателем рукавного фильтра по праву можно назвать Гиппократа. Примерно в 500 году до нашей эры он создал первое устройство, представляющее клетку с закрепленными на ней хлопковыми ткаными мешками – для фильтрации механических примесей из воды. Историки прозвали первый мешочный фильтр «Рукавом Гиппократа» (рис. 1).

Вместе с этим шла модернизация фильтрующих материалов – на смену хлопковой марле, байке и войлоку пришли нетканые материалы иглопробивного, термического и химического типа изготовления.

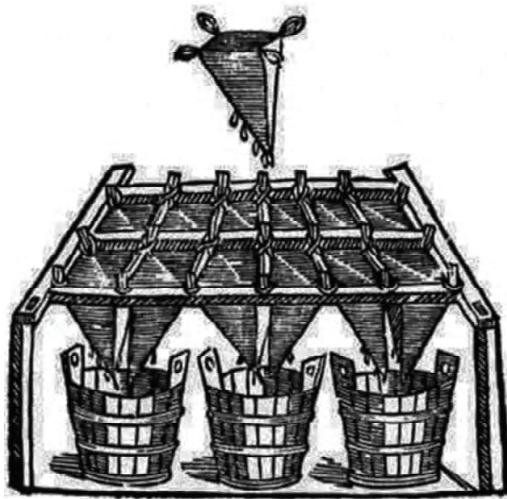


Рисунок 1 – Одно из первых приспособлений, функционирующих по принципу мешочной / волоконной фильтрации.

Все это привело к созданию таких аппаратов, как рукавные фильтры, которые сегодня широко востребованы во всех отраслях промышленности [1, с. 8].

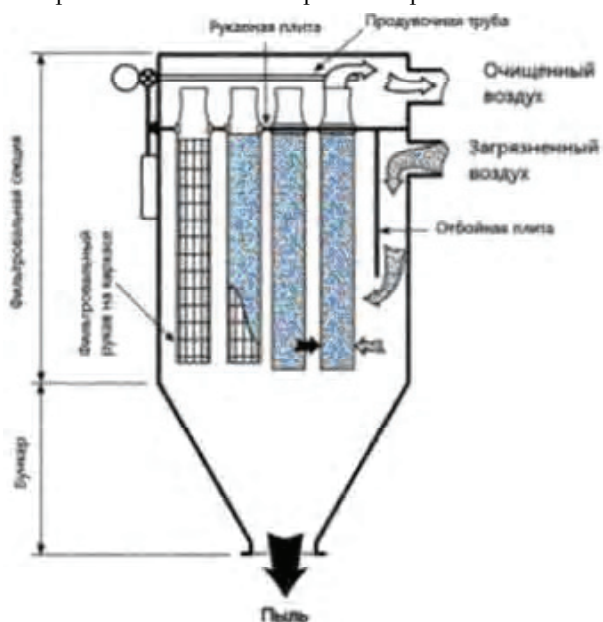


Рисунок 2 – Принципиальная схема рукавного фильтра.

Внешний вид и габариты аппаратов могут существенно различаться. Но вне зависимости от исполнения, каждый рукавный пылеуловитель предполагает наличие нижеследующих узлов (рис. 2):

- корпус – стальной кожух;
- рукавный блок – отсек с установленными в рукавную плиту каркасами цилиндрической формы, на которых закреплены фильтровальные рукава;
- отбойная пластина / дефлектор – начальный рубеж грубой очистки воздуха;
- пылесборник пирамидального типа;
- механизм регенерации рукавов;
- датчики, системы автоматизации контроля и управления.

Конструкцию рукавных фильтров условно разделяют на чистую и грязную камеры. Грязная камера включает в себя отсек ввода запыленного воздуха, пылеотбойник, бункерную зону и всю внешнюю поверхность текстиля рукавов, на которой, собственно, и происходит задержание пылевых включений.

Чистая камера отделена от остального блока установочной рамой, в которой закреплены концы каркасов с мешками.

Из чистой камеры поток идет к выходному клапану. В ней же размещены элементы механизма регенерации рукавов (рис. 3).

Принцип работы рукавного фильтра. Запыленный поток подводится во входной клапан аппарата. Воздухоток контактирует с внешней поверхностью плотных нетканых рукавов, при этом частички пыли оседают снаружи мешков, в то время как чистый воздух проходит внутрь каркасов и попадает в чистую камеру, откуда выводится в атмосферу.

По мере оседания пылевых включений на поверхности рукавов, воздуху становится все сложнее «пробиться» сквозь нарастающую механическую преграду, – необходима регенерация рукавов;

В зависимости от системы регенерации производится обратная импульсная продувка, встряхивание. Пыль опадает в бункер, цикл повторяется.



Рисунок 3 – Каркас круглого сечения.

Инженеры многих институтов постоянно анализируют особенности работы рукавных фильтров. Известны несколько подходов к освобождению рукавов от пыли (рис. 4), которые постепенно модернизируются [2, с. 40], [5].



Рисунок 4 – Картриджи перед регенеративной процедурой с обильно осевшей пылью.

Одним из распространенных конструктивных решений для восстановления эффективности очистки воздуха в рукавном фильтре является механическое встряхивание рабочего блока [3, с. 20].

Импульсная очистка рукавов обеспечивает почти мгновенные, сильные аэродинамические удары, направленные внутрь фильтр-элементов. Импульс сжатого воздуха проходит по всей длине рукава и сбрасывает осевшую на волокне пыль [4, с. 72].

Технология монтажа корпуса рукавного фильтра доменной печи

Технология монтажа корпуса рукавного фильтра доменной печи включает в себя основных три этапа:

I этап – монтаж опорного пояса с бункерами;

II этап – монтаж стенок фильтра;

III этап – монтаж блоков регенерации.

До начала производства основных строительно-монтажных работ выполняют подготовительные работы: выдают наряд – допуск на производство работ, определяют точки подключения электроэнергии, места креплений предохранительных поясов, места складирования, площадки для работы

кранов, указывают на время производства работ безопасный маршрут движения строительной техники, автотранспорта и людей к местам производства работ [6].

Перед установкой в проектное положение наружные поверхности оборудования и трубопроводов очищают от консервирующих смазок и покрытий.

При монтаже оборудования и трубопроводов осуществляют контроль качества выполненных работ. Выявленные дефекты устраняют до начала последующих операций.

Установку оборудования и его выверку производят на фундамент, очищенный от загрязнений и масляных пятен. После выверки и закрепления оборудования на фундаменте составляют акт проверки его установки.

Трубопроводы присоединяют только к закрепленному на опорах оборудованию.

I этап – монтаж опорного пояса с бункерами начинают с укрупнительной сборки конструктивных элементов на стенде (рис. 5, 6).



Рисунок 5 – Укрупнительная сборка на стенде опорного пояса с бункерами.



Рисунок 6 – Монтаж м/к блоков опорного пояса с бункерами.

II этап – монтаж металлоконструкций стенок фильтра начинают с укрупнительной сборки монтажного блока стенок корпуса (рис. 7, 8).

III этап – монтаж блоков регенерации начинают с укрупнительной сборки металлоконструкций блоков регенерации попарно (рис. 9).

После укрупнительной сборки металлоконструкций блоков регенерации производят подачу на монтаж укрупненного блока с помощью стрелового монтажного крана МКГ.С-100.1. Особое внимание уделяют вопросам контроля качества работ, включающих входной, операционный и приемочный контроль и вопросам охраны труда, техники безопасности и производственной санитарии.

ВЫВОД

На всех этапах монтажа корпуса рукавного фильтра применяют укрупнительную сборку металлоконструкций, что позволяет улучшить качество работ, снизить трудозатраты, повысить производительность труда и обеспечить безопасное выполнение работ.

Рукавные фильтры позволяют обеспечивать производительность в среднем – до 100 000 м³ /час; эффективность обеспыливания – до 99,9 %. Фильтрующий материал из нетканого иглопробивного

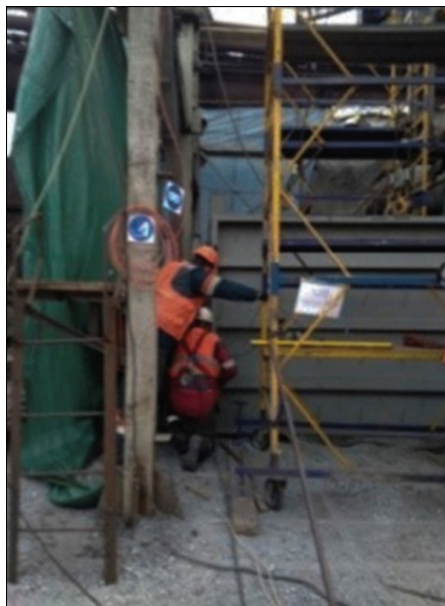


Рисунок 7 – Укрупнительная сборка монтажного блока стенок корпуса фильтра.

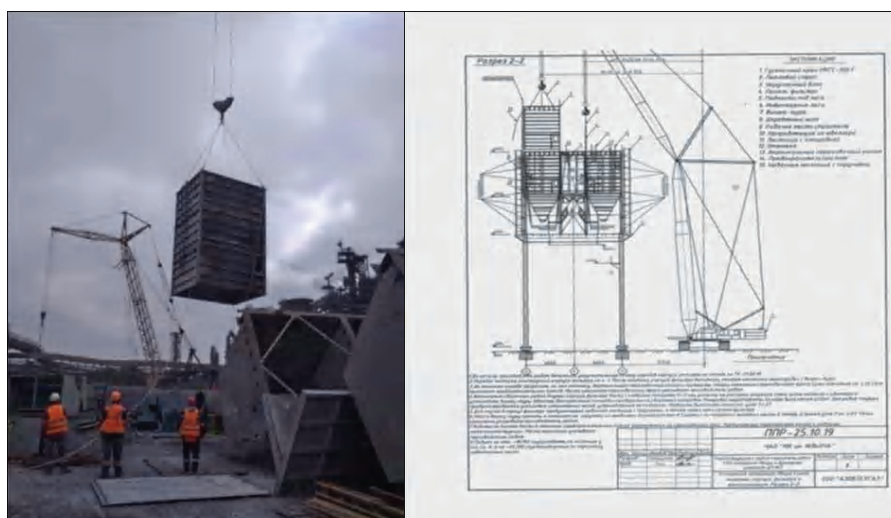


Рисунок 8 – Подъем металлоконструкций монтажных блоков стен корпуса фильтра.

волокна обеспечивает возможность обработки потоков с температурой до 200 °С, при котором производится очистка улавливаемых газов с пылью в чистый воздух и отправляет в атмосферу, обеспечивая требования охраны окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Применение рукавных фильтров для очистки аспирационных выбросов на коксохимических предприятиях / М. Н. Шве́ц, Т. Ф. Трембач, Д. В. Сталинский, А. Ю. Пирогов. – Текст : непосредственный // Экология и промышленность. – 2006. – № 1. – С. 8–11.
2. Шве́ц, М. Н. Сухая очистка в рукавных фильтрах аспирационных выбросов коксохимического производства / М. Н. Шве́ц, Д. В. Сталинский, А. Ю. Пирогов. – Текст : непосредственный // Кокс и химия. – 2007. – № 11. – С. 40–43.
3. Шве́ц, М. Н. Очистка газов открытых ферросплавных печей / М. Н. Шве́ц, Д. В. Сталинский, А. Ю. Пирогов. – Текст : непосредственный // Экология и промышленность. – 2006. – № 2. – С. 20–26.

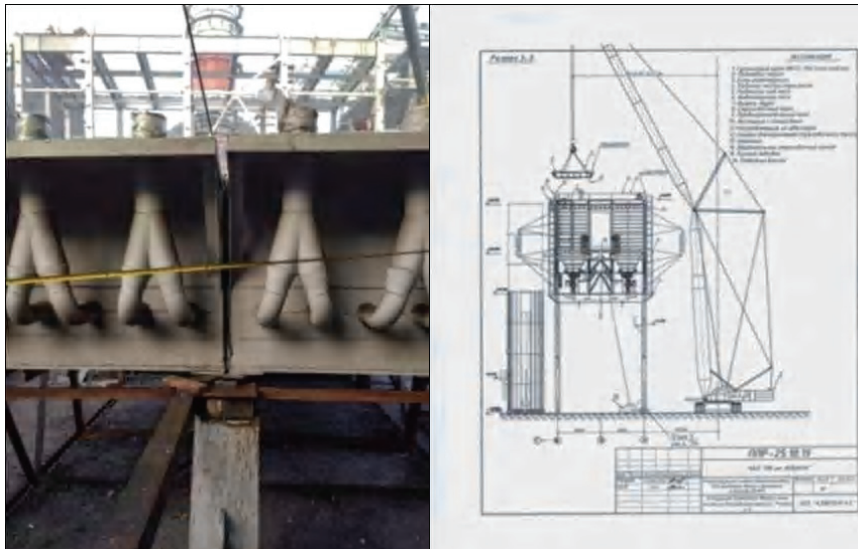


Рисунок 9 – Укрупнительная сборка металлоконструкций блоков регенерации.

4. Швец, М. Н. Улавливание и очистка пылегазовыделений электросталеплавильных печей / М. Н. Швец, Д. В. Сталинский, А. Ю. Пирогов. – Текст : непосредственный // Сталь. – 2006. – № 12. – С. 72–74. – Текст : непосредственный.
5. Zhang, Fuming. Study on bag filter cleaning technology of BF gas at Shougang Jingtang / Zhang Fuming. – Текст : непосредственный // Proceedings of 6th International Congress on the Science and Technology of Iron making (ICSTI). – 2012. – October 14-18. – P. 175–184.
6. ПБ 11-401-01. Правила безопасности в газовом хозяйстве металлургических и коксохимических предприятий и производств : издание официальное : утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 20.02.01 № 9 : дата введения 2001-09-01 / разработаны комиссией Госгортехнадзора России. – Москва : ООО «НТЦ "Промышленная безопасность"», 2009. – 196 с. – Текст : непосредственный.

Получена 18.10.2021

О. П. КАЛМИКОВА

ПРИНЦИП РОБОТИ І ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ КОРПУСА РУКАВНОГО ФІЛЬТРА ДОМЕННІЙ ПЕЧІ

ДПНЗ «Макіївський політехнічний коледж»

Анотація. У статті викладена технологія монтажу металокаркасних корпусів рукавних фільтрів доменної печі. Наведені історичні факти з винаходу рукавного фільтра. Надано принцип роботи рукавного фільтра і наведено опис конструкції. Надана принципова схема рукавного фільтра, технічні характеристики і ефективність його роботи. У статті відображена послідовність виконання підготовчих робіт до початку основних будівельно-монтажних робіт, надані фрагменти технологічної карти на монтажні роботи у вигляді технологічних схем і розрізів. Вказані етапи монтажу корпусу рукавного фільтра доменної печі, а саме: монтаж конструкцій опорного пояса з бункерами, монтаж стінок фільтра, монтаж блоків регенерації. На усіх етапах монтажу передбачено укрупнення металевих конструкцій у блоки. Монтаж укрупнених блоків виконують за допомогою стрілового монтажного крана МКГ.С-100.1.

Ключові слова: рукавний фільтр, укрупнений блок, монтаж фільтра, регенерація.

ELENA KALMYKOVA

THE PRINCIPLE OF OPERATION AND INSTALLATION TECHNOLOGY OF THE BAG FILTER HOUSING OF THE BLAST FURNACE

SPEI «Makeyevka Polytechnic College»

Abstract. The article describes the technology of assembling the metal structures of the blast furnace bag filter housing. The historical facts about the invention of the baghouse filter are given. The principle of operation of the baghouse filter is presented and a description of the design is given. A schematic diagram of a baghouse

filter, technical characteristics and efficiency of its operation are presented. The article reflects the sequence of preparatory work before the start of the main construction and installation work, it also presents fragments of the flow chart for installation work in the form of flow diagrams and sections. The stages of installation of the blast furnace bag filter housing are indicated, namely, installation of support belt structures with bins, installation of walls filter, installation of regeneration units. At all stages of installation, pre-assembly of metal structures is provided. The assembly of the enlarged blocks is carried out using the MKG.S-100.1 jib crane.

Key words: baghouse filter, enlarged assembly, filter installation, regeneration.

Калмыкова Елена Петровна – преподаватель высшей категории специальных строительных дисциплин Государственного профессионального образовательного учреждения «Макеевский политехнический колледж». Научные интересы: инновационные технологии в строительстве.

Калмикова Олена Петрівна – викладач вищої категорії спеціальних будівельних дисциплін державного професійного навчального закладу «Макиївський політехнічний коледж». Наукові інтереси: інноваційні технології у будівництві.

Kalmykova Elena – top-rank teacher of special construction disciplines of the «Makeyevka Polytechnic College». Scientific interests: innovative technologies in construction.

УДК 528.48

П. И. СОЛОВЕЙ, А. Н. ПЕРЕВАРЮХА

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРЕЛЫ ПРОВЕСА ТЕОДОЛИТОМ, УСТАНОВЛЕННОМ В ПЛОСКОСТИ ОТТЯЖКИ

Аннотация. В статье приведена методика определения стрелы провеса оттяжек антенно-мачтовых сооружений, расположенных в стесненных условиях строительства и эксплуатации (сплошная застройка, непрерывное движение рабочих поездов, заросли деревьев и кустарников и др.). В таких сложных условиях предлагается определять стрелу провеса с применением оптического теодолита, устанавливаемого на некотором расстоянии от анкерного фундамента в плоскости оттяжки. Приведены рабочие формулы для вычисления стрелы провеса. Для ускорения определения стрелы провеса оттяжек предложено устройство, позволяющее устанавливать теодолит возле анкера таким образом, чтобы ось вращения его зрительной трубы быстро располагалась на расстоянии, равном величине стрелы провеса оттяжки, что сокращает сроки выполнения работ.

Ключевые слова: стрела провеса, антенно-мачтовые сооружения, оттяжки, методика.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В стесненных условиях расположения анкерных фундаментов антенно-мачтовых сооружений применить традиционные методы определения стрелы провеса оттяжек очень сложно или вовсе невозможно. В таких сложных условиях для определения стрелы провеса разработана методика с применением точного оптического теодолита, устанавливаемого в плоскости оттяжки, что является актуальной задачей.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Разработке методики определения стрелы провеса оттяжек антенно-мачтовых сооружений посвящено незначительное количество публикаций как у нас в стране, так и за рубежом. В основном стрелу провеса предлагается определять оптическими теодолитами или безотражательными тахеометрами, которые располагают на некотором расстоянии от плоскости оттяжки [5, 6, 7]. В стесненных условиях такую методику применить не всегда возможно. В таких сложных условиях для определения стрелы провеса предлагается [1, 2, 3, 4] эффективный прибор, который, к сожалению, серийно не выпускается.

ЦЕЛИ

Разработать методику и приборы для определения стрелы провеса оттяжек антенно-мачтовых сооружений.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Важным параметром антенно-мачтовых сооружений является стрела провеса оттяжек. Под стрелой провеса понимают перпендикуляр, опущенный из оттяжки на середину хорды, соединяющую нижнюю и верхнюю точки крепления оттяжки.

Стрела провеса оттяжки обратно пропорциональна силе натяжения оттяжки. Отсюда делают важный вывод: измеряя стрелу провеса, можно контролировать силу натяжения оттяжки.

На открытой, незастроенной и незалесенной местности стрелу провеса определяют с помощью оптических теодолитов или электронных безотражательных тахеометров, которые располагают

© П. И. Соловей, А. Н. Переварюха, 2021

вокруг оттяжки таким образом, чтобы с них обеспечивалась видимость на нижнюю и верхнюю точки крепления оттяжек.

В стесненных условиях расположения анкерных фундаментов предлагается следующая методика определения стрелы провеса оттяжек.

Под оттяжкой, ближе к анкерному фундаменту, в створе линии AB' (рис. 1) устанавливают оптический теодолит с погрешностью измерения углов не больше $\pm 5''$ (точка T). Визируют на точку A (центр втулки анкера) и измеряют угол наклона ν_A . Рулеткой измеряют расстояние от точки A до точки O (ось вращения зрительной трубы теодолита).

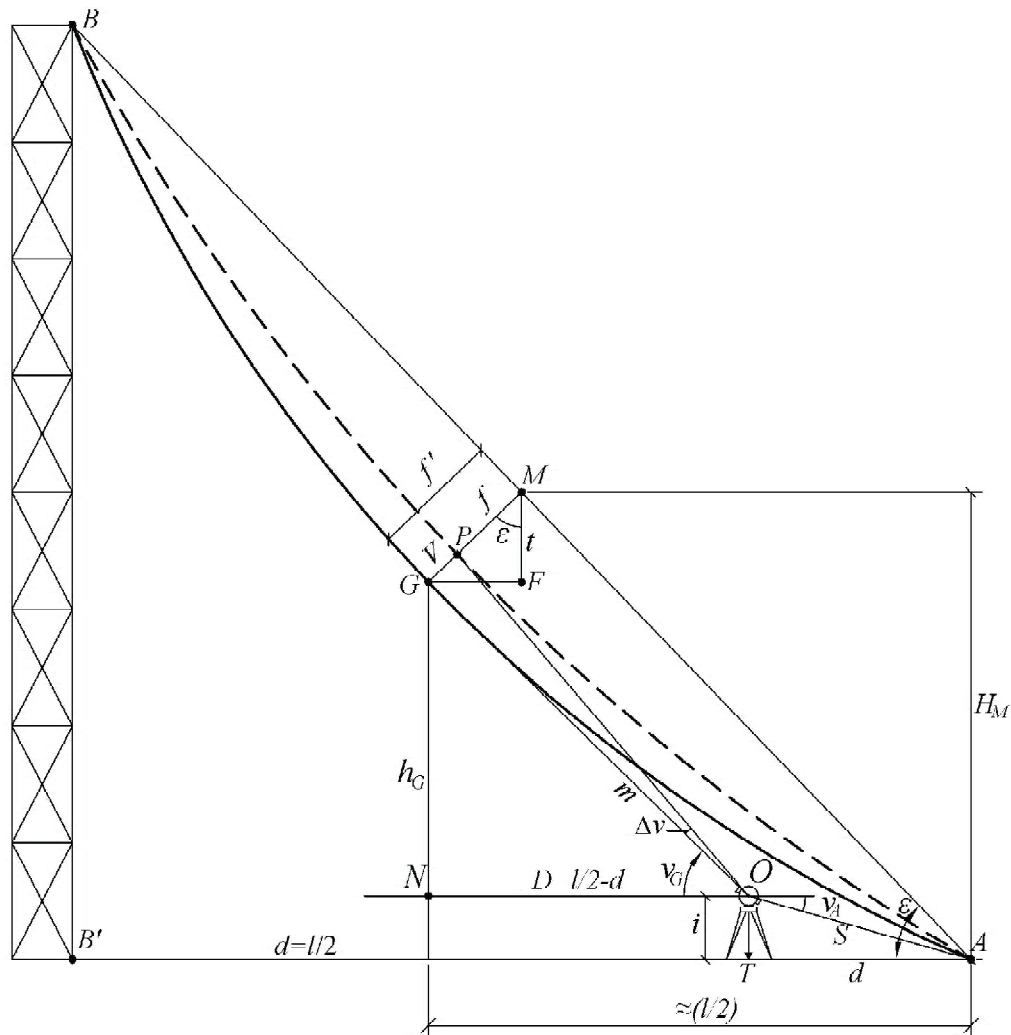


Рисунок 1 – Определение стрелы провеса теодолитом, установленным в плоскости оттяжки.

Из треугольника AOT вычисляют расстояние:

$$d = TA = S \cdot \cos \nu_A, \quad (1)$$

тогда отрезок $D = ON$, получим из выражения:

$$D = ON = \frac{l}{2} - d, \quad (2)$$

где l – горизонтальная проекция хорды AB .

Из треугольника ONG будем иметь:

$$h_G = NG = D \cdot \operatorname{tg} \nu_G, \quad (3)$$

$$m = \frac{h_G}{\sin \nu_G}. \quad (4)$$

Высоту точки M (середина хорды AB) вычисляют из выражения:

$$H_M = \frac{l}{2} \cdot \operatorname{tg} \varepsilon. \quad (5)$$

Тогда:

$$t = H_M - i - h_G. \quad (6)$$

Фактическую стрелу провеса оттяжки вычисляют из треугольника FGM по формуле:

$$f' = \frac{t}{\cos \varepsilon}. \quad (7)$$

Теоретическую стрелу провеса вычисляют на основании формулы:

$$\sigma = \frac{\gamma \cdot l^2}{8f}, \quad (8)$$

где σ – сила натяжения оттяжки;
 γ – вес одного погонного метра оттяжки.

Из формулы (8) получим теоретическую стрелу провеса:

$$f = \frac{\gamma \cdot l^2}{8\sigma}. \quad (9)$$

Величину смещения оттяжки вычисляют из выражения:

$$V = f' - f. \quad (10)$$

Линейная величина смещения оттяжки V соответствует углу смещения $\Delta \nu$, который вычисляют из выражения:

$$\Delta \nu = \arctg\left(\frac{V}{m}\right). \quad (11)$$

Устанавливают на вертикальном круге теодолита отсчет $\nu_G \pm \Delta \nu$ и следят за появлением оттяжки в поле зрения зрительной трубы. В момент касания оттяжки средней нити зрительной трубы она будет натянута с усилием σ .

Для ускорения процесса установки стрелы провеса в проектное положение разработано устройство (рис. 2), состоящее из нижней 1 и верхней выдвижной 2 штанг. Нижняя штанга крепится в грунте, а верхняя выдвигается на требуемую высоту.

На верхней штанге закреплен полукруг 3 с градусной градуировкой. Соосно с полукругом закреплена выдвижная рейка 4, в точке E которой под прямым углом фиксируется рейка 5.

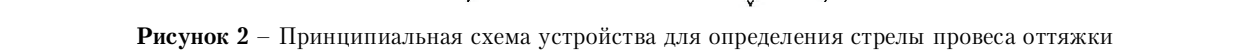
Работу по установке стрелы провеса в проектное положение начинают с закрепления нижней штанги в грунте. Затем рейку 4 с помощью градуированного круга устанавливают под углом ε . После чего выдвижную штангу поднимают до момента касания рейки 4 с центром A крепления оттяжки. Затем теодолит устанавливают таким образом, чтобы его ось вращения зрительной трубы совпала с делением на рейке 5, соответствующем величине стрелы провеса f .

Установив на вертикальном круге теодолита отсчет, равный углу наклона ε хорды AB , со стороны анкера динамометром натягивают или ослабляют натяжение оттяжки до тех пор, пока оттяжка не совместится с горизонтальным штрихом окуляра теодолита.

Устройство (рис. 2) изготовлено в двух вариантах. Во втором варианте выдвижная штанга крепится в цилиндрической трубе, которая фиксируется во втулке подставки от теодолита. Такая конструкция позволяет устанавливать устройство на штативе, что важно на бетонной или асфальтированной поверхности.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Разработана методика определения стрелы провеса оттяжек антенно-мачтовых сооружений, анкерные фундаменты которых расположены в застроенной или залесенной местности с применением



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волоник О. В. Разработка прибора для определения габаритов проводов ЛЭП, расположенных в стесненных условиях. // *Электротехника*. 2013. № 10. С. 10-13.

- Получена 29.10.2021

61

П. І. СОЛОВЕЙ, А. М. ПЕРЕВАРЮХА
ВИЗНАЧЕННЯ СТІЛИ ПРОВИСАННЯ ТЕОДОЛІТОМ, ВСТАНОВЛЕНИМ У
ПЛОЩИНІ ВІДТЯЖКИ
ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У статті наведено методику визначення стріли провисання відтяжок антенно-щоголових споруд, розташованих в обмежених умовах будівництва та експлуатації (суцільна забудова, безперервний рух робочих поїздів, чагарники дерев та кущів та ін.). У таких складних умовах пропонується визначати стрілу провисання із застосуванням оптичного теодоліту, що встановлюється на деякій відстані від анкерного фундаменту в площині відтяжки. Наведено робочі формули для обчислення стріли провисання. Для прискорення визначення стріли провисання відтяжок запропоновано пристрій, що дозволяє встановлювати теодоліт біля анкера таким чином, щоб вісь обертання його зорової труби швидко розташовувалася на відстані, що дорівнює величині стріли провисання відтяжки, що скорочує терміни виконання робіт.

Ключові слова: стріла провисання, антенно-щоголові споруди, відтяжки, методика.

PAVEL SOLOVEJ, ANATOLY PEREVARJUHA
DETERMINATION OF THE SAG BOOM BY A THEODOLITE INSTALLED IN
THE PLANE OF THE DRAWBAR
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article provides a method for determining the sag of the guy wires of antenna-mast structures located in the cramped conditions of construction and operation (continuous development, continuous movement of working trains, thickets of trees and bushes, etc.). In such difficult conditions, it is proposed to determine the sag arrow using an optical theodolite installed at a certain distance from the anchor foundation in the guy plane. The working formulas for calculating the sag stele are given. To accelerate the determination of the guy sag, a device has been proposed that allows the theodolite to be installed near the anchor so that the axis of rotation of its telescope is quickly located at a distance equal to the guy sag arrow, which reduces the time of work.

Key words: sag boom, antenna-mast structures, guy ropes, methodology.

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

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

Соловей Павло Ларіонович – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної геодезії ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження статичних і динамічних деформацій висотних будівель і споруд.

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

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

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

УДК 628.48:69.03

М. И. ЛОБОВ, Т. В. МОРОЗОВА, О. В. ВОЛОЩУК

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ СЛОЖНЫХ И УНИКАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Аннотация. Многоэтажные сборные и монолитные здания, уникальные сооружения характеризуются повышенными требованиями к точности строительно-монтажных работ. Особое место при строительстве, кроме разбивочных работ, занимают геодезические работы по установке и контролю установки конструктивных строительных элементов здания. Обоснование точности геодезических работ при возведении сложных и уникальных сооружений зависит от методов расчета сооружений и технологии строительства, составной частью которой являются геодезические работы. В статье проанализированы факторы, влияющие на точность геодезических работ при строительстве уникальных зданий и сооружений, которые в значительной мере определяют отклонения геометрических параметров сооружения от их проектных значений. Предложен алгоритм расчета точности геодезических работ путем использования принципа ничтожно малого влияния погрешностей при монтаже сложных и уникальных сооружений, а также прецизионного или уникального оборудования.

Ключевые слова: расчет точности геодезических работ, среднее квадратическое отклонение, погрешности систематического характера.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Строительство сложных и уникальных зданий и сооружений требует надежного геодезического обеспечения. Многоэтажные сборные и монолитные здания характеризуются повышенными требованиями к точности строительно-монтажных работ. Несоблюдение установленных допусков отклонений и накопление погрешностей затрудняют производство работ, а в процессе последующей эксплуатации зданий и сооружений могут привести к снижению несущей способности и устойчивости отдельных элементов и объекта в целом, и даже к возникновению аварийных ситуаций.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросам геодезических измерений при строительстве уникальных зданий и сооружений посвящено много публикаций как у нас в стране, так и за рубежом. Непосредственно геодезическому обеспечению строительных объектов посвящены следующие работы [1, 2, 3, 4, 5, 7]. Но недостаточно работ посвящено методологии расчета и оценки точности геодезических работ [6, 8].

ЦЕЛИ

Проанализировать факторы, влияющие на точность геодезических работ при строительстве уникальных зданий и сооружений. Разработать алгоритм расчета точности геодезических работ при возведении сложных и уникальных сооружений, а также монтаже прецизионного или уникального оборудования.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Обоснование точности геодезических работ при возведении сложных и уникальных сооружений зависит от методов расчета сооружений и технологии строительства, составной частью которой являются геодезические работы.

Точность геодезических измерений может рассчитываться, используя принцип равного влияния независимых источников отдельных погрешностей, когда

$$\sigma_i = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (1)$$

где n – количество возможных источников погрешностей.

Иногда применяют принцип малого влияния отдельных погрешностей, при котором отдельные строительные процессы выполняются точнее, чем это приведено в расчетах, когда в составе суммарной погрешности этими источниками пренебрегают. Для сложных и уникальных объектов часто применяют вероятностные методы расчета точности с использованием теории размерных цепей, когда составляющие звенья размерной цепи сопровождаются случайными и систематическими погрешностями [1]. Предполагается, что случайные погрешности подчиняются закону нормального распределения, а для составляющих звеньев точность определяется средним квадратическим отклонением σ_{S_i} . Тогда среднее квадратическое отклонение σ_S замыкающего звена $\sigma_S = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_{S_i}^2}$ будет ле-

жать в пределах доверительного интервала

$$P(S - t_T \sigma_S \leq \bar{S} \leq S + t_T \sigma_S) = p. \quad (2)$$

При P равном 0,95; 0,99 и 0,997 t_T соответственно равно 1,960; 2,567 и 3,000. Предельные величины составляющих звеньев размерной цепи, включающие случайные и систематические погрешности, будут равны

$$P(S - t_T \sigma_S \leq \bar{S} \leq S + t_T \sigma_S) = p, \quad (3)$$

откуда допуск равен

$$\left. \begin{aligned} S_{i_{\max}} &= S_i + \lambda_{S_i} + t_T \sigma_{S_i} \\ S_{i_{\min}} &= S_i - \lambda_{S_i} - t_T \sigma_{S_i} \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

где $\sigma_{S_i} = \frac{\Delta S_i}{2t_T}$, а $\lambda_S = \sum_{i=1}^n \lambda_{S_i}$.

На отдельных этапах геодезического обеспечения строительства сложных сооружений, таких как реакторные отделения АЭС с реакторами ВВЭР-1000, погрешности геодезических измерений могут превышать установленные нормативными документами величины. В этом случае следует выполнять перерасчет составляющих погрешностей, используя коэффициент пропорциональности $K_o = D_N / D_K$, где D_N – дисперсия погрешностей, определенная по нормативным документам, а D_K – дисперсия погрешностей геодезических работ, полученная в процессе расчетов. Для обеспечения условия $D_N = D_K$ расчетная формула принимает вид $\sigma_K^2 = K_o \sum_{i=1}^n \sigma_i^2$, а повторное вычисление составляющих погрешностей этапов геодезических работ осуществляется по формуле

$$\sigma_i = \sqrt{K_o D_i},$$

где i – количество этапов предстоящих работ.

Недостаточное качество изготовления конструкций или формовочного оборудования в значительной мере определяют отклонения геометрических параметров сооружения от их проектных размеров. В таких случаях рациональным можно считать метод расчета, при котором за счет повышения качества изготовления или монтажа строительных конструкций возможно уменьшение допуска на эти операции. При этом точность геодезических разбивочных работ не повышается до того момента, пока точность монтажа не будет приведена в соответствие с точностью измерений.

Сложность расчетов уравнений точности связана с возможным их нелинейным видом, а также с необходимостью определения законов распределения погрешностей в звеньях размерных цепей. В таких случаях с некоторой погрешностью для основных конструктивных элементов возводимого сооружения любые уравнения погрешностей размерной цепи можно представить в линейном виде.

Рассмотрим расчет точности возведения оболочки реакторного отделения с использованием опалубки, учитывая возможное влияние внешних условий на деформации формовочного оборудования. Погрешность монтажа и бетонирования определяется уравнением [2]:

$$m = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + m_4^2}, \quad (5)$$

где m_1 – средняя квадратическая погрешность изготовления опалубки;
 m_2 – средняя квадратическая погрешность монтажа опалубки;
 m_3 – средняя квадратическая погрешность перестановки опалубки и бетонирования;
 m_4 – средняя квадратическая погрешность геодезических работ.

Погрешности перестановки опалубки и ее бетонирования носят случайный характер. Также случайный характер носят составляющие этой погрешности: $m_{3,1}$ – средняя квадратическая погрешность вследствие отклонения щитов опалубки от радиуса кривизны и $m_{3,2}$ – средняя квадратическая погрешность, вызванная невертикальностью опалубки.

Погрешности систематического характера возникают из-за деформации опалубки при недостаточной жесткости – $m_{3,3}$; односторонней ветровой нагрузки – $m_{3,4}$; неравномерного солнечного нагрева – $m_{3,5}$; неравномерной осадки фундамента – $m_{3,6}$. Их влияние можно выразить уравнением

$$m_3 = \sqrt{\sum_{i=1}^n m_{3,i}^2 + \left[\sum_{j=3}^k m_{3,j} \right]^2}, \quad (6)$$

тогда средняя квадратическая погрешность монтажа и возведения оболочки будет равна

$$m_{M_{XY}} = \sqrt{m_{1_{XY}}^2 + \sum_{i=1}^l m_{2i_{XY}}^2 + \sum_{i=1}^n m_{3i_{XY}}^2 + \sum_{q=1}^p m_{4q_{XY}}^2 + \left[\sum_{j=3}^k m_{3j} \right]_{XY}^2}. \quad (7)$$

Средняя квадратическая погрешность геодезических работ m_4 включает:

- среднюю квадратическую погрешность разбивочных работ в плане относительно пунктов опорной геодезической сети или главных осей сооружения $m_{4,1}$;
 - среднюю квадратическую погрешность проектирования пунктов плановой сети или главных осей на монтажные горизонты $m_{4,2}$;
 - среднюю квадратическую погрешность разбивки монтажных осей на фундаментной плите $m_{4,3}$.
- Учитывая независимый характер действия этих погрешностей, их сумма будет равна

$$m_{r_{XY}} = m_{4_{XY}} = \sqrt{\sum_{q=1}^p m_{4q_{XY}}^2},$$

где $p = 4, q = 1 \dots p$.

Суммарная погрешность возведения оболочки реакторного отделения будет равна

$$m_{\Sigma_{XY}} = \sqrt{m_{1_{XY}}^2 + \sum_{i=1}^l m_{2i_{XY}}^2 + \sum_{i=1}^n m_{3i_{XY}}^2 + \sum_{q=1}^p m_{4q_{XY}}^2 + \left[\sum_{j=3}^k m_{3j} \right]_{XY}^2}. \quad (8)$$

При наличии корреляционной связи между случайными и систематическими погрешностями, формула (8) примет вид

$$m_{\Sigma_{XY}} = \sqrt{m_{1_{XY}}^2 + \sum_{i=1}^l m_{2i_{XY}}^2 + \sum_{i=4}^n m_{3i_{XY}}^2 + 2 \sum_{m \neq \xi} r_{m_{\xi}} \cdot m_{3m_{XY}} \cdot m_{3\xi_{XY}} + \sum_{q=1}^p m_{4q_{XY}}^2 + \left[\sum_{j=3}^k m_{3j} \right]_{XY}^2}. \quad (9)$$

Характер действия многих погрешностей имеет такую же закономерность, что и при строительстве высотных и сложных сооружений в скользящей опалубке [3]. На основании анализа точности технологических операций, проведенного по материалам возведения дымовых труб, реакторных отделений, можно принять априори следующее соотношение составляющих погрешностей: $m_1 = m_4$; $m_2 = 2m_4$; $m_3 = 3m_4$; $m_{4,1} = m_{4,4}$; $m_{4,2} = 2m_{4,4}$; $m_{4,3} = 2m_{4,4}$. Согласно СНиП 3.03.01-87, допустимое отклонение геометрической оси РО АЭС от вертикали 50 мм, а щитов опалубки от проектного радиуса кривизны – 12 мм. Тогда суммарная погрешность на исходном горизонте будет равна $m_{\Sigma_{X_0Y_0}} = 15/3 = 5$ мм, а на последнем монтажном горизонте $m_{\Sigma_{XY}} = 17$ мм [4].

Суммарная погрешность на исходном горизонте равна

$$m_{\sum X_0 Y_0} = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_4^2}, \quad (10)$$

Тогда, с учетом величин составляющих погрешностей, формулы (8) и (9) примут вид соответственно

$$m_{\sum X_0 Y_0} = m_{4_{X_0 Y_0}} \sqrt{6} = 2,45 m_{4_{X_0 Y_0}}, \quad (11)$$

$$m_{\sum XY} = m_{4_{XY}} \sqrt{15} = 3,87 m_{4_{XY}}. \quad (12)$$

Результаты вычисления составляющих средних квадратических погрешностей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения составляющих средних квадратических погрешностей

H_m	$m_{\Sigma i}$, мм	m_1 , мм	m_2 , мм	m_3 , мм	m_4 , мм	$m_{4.1}$, мм	$m_{4.2}$, мм	$m_{4.3}$, мм	$m_{4.4}$, мм
0,00	5,0	2,04	4,08	—	2,04	—	—	1,80	0,90
67,00	17,0	4,40	8,80	13,2	4,40	1,38	2,76	2,76	1,38
Соотношение погрешностей в %	100	14,3	28,5	42,9	2,4	2,4	4,75	4,75	2,40

Рассмотрим характер влияния погрешностей, входящих в формулу (6).

На вертикальность опалубки, кроме погрешности нивелирования $m_{3.2}$, будут влиять систематические погрешности $m_{3.3}$, $m_{3.4}$, $m_{3.5}$, $m_{3.6}$, имеющие разную закономерность влияния. Приняв для расчетов самое неблагоприятное сочетание, когда векторы влияния направлены в одну сторону, получим их максимальное значение. Часть погрешностей можно получить из нормативных документов, относящихся к формовочному оборудованию и технологии бетонирования. Согласно СНиП 3.03.01-87, предельные местные отклонения радиусов наружной опалубки равны $\sigma_{3.1} = 15$ мм, $m_{3.1} = 5$ мм для труб и $m_{3.2} = 3$ мм для РО АЭС. Недостаточная жесткость опалубки при бетонировании приводит к изменению проектного размера сооружения в виде местных отклонений $\sigma_{3.3} = 15$ мм и $m_{3.3} = 5$ мм. Неравномерная осадка в период бетонирования не превышает 1 мм. Ветровая нагрузка не влияет на сдвиг опалубки из-за жесткости металлического каркаса оболочки, тогда остаточная погрешность, обусловленная влиянием солнечной радиации и других факторов, $m_{3.5} = 6$ мм. В таблице 2 приведены значения всех составляющих средней квадратической погрешности в расчетной модели в процентах.

Таблица 2 – Значения составляющих средней квадратической погрешности в расчетной модели в процентах

H_m	m_3 , мм	$m_{3.1}$, мм	$m_{3.2}$, мм	$m_{3.3}$, мм	$m_{3.5}$, мм	$m_{3.6}$, мм
0,00	—	—	—	—	—	—
0,67	17,0	8,80	13,20	4,40	1,38	2,76
В % к $m_{\sum XY}$	42,9	6,2	2,3	14,3	17,2	2,9

Рассмотрим расчет точности геодезических работ, используя принцип ничтожно малого влияния погрешностей. Поставим условие, чтобы погрешности в положении разбивочных осей конструкции были ничтожно малы по сравнению с погрешностями строительного процесса $\delta_{c.п.}$, то есть

$$\delta_r = \frac{\delta_M}{k}, \quad \delta_{c.п.} = \sqrt{\delta_M^2 + \frac{\delta_M^2}{k}}, \quad (13)$$

где δ_M – предельная погрешность монтажа,
 k – коэффициент точности.

После разложения в ряд, получим

$$\delta_{c.п.} = \delta_M + \frac{\delta_M}{k}. \quad (14)$$

При $k = 2$ влияние погрешностей разбивочных работ составляет 12 %, при $k = 3$ – не более 5 %, следовательно, при соответствующем подборе k можно обеспечить условие, при котором $\delta_{с.п} = \delta_m$. Приняв $\delta_{с.п} - \delta_m \leq 0,05\delta_{с.п}$, получим $0,95\delta_{с.п} < \delta_m$ или

$$0,9025\delta_{с.п} \leq \delta_{с.п}^2 - \delta_G^2, \quad \delta_G^2 = 0,0975\delta_{с.п}^2, \quad \delta_G = 0,3\delta_{с.п}, \quad (15)$$

а средняя квадратическая погрешность геодезических работ не должна превышать

$$m_G \leq \frac{\delta_G}{3} = 0,09\delta_{с.п}. \quad (16)$$

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Такой алгоритм расчета точности геодезических работ может применяться при возведении сложных и уникальных сооружений, а также монтаже прецизионного или уникального оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лобов, М. И. Геодезическое обеспечение строительства реакторных отделений АЭС с ВВЭР-1000 / М. И. Лобов, В. И. Самойлович. – Текст : непосредственный // Энергетическое строительство. – 1986. – № 10. – С. 54–57.
2. Сердюков, В. И. О точности производства геодезических работ при разбивке главных осей главного корпуса АЭС / В. И. Сердюков. – Текст : непосредственный // Энергетическое строительство. – 1983. – № 10. – С. 47–49.
3. Сытник, В. С. Геодезический контроль точности возведения монолитных зданий и сооружений / В. С. Сытник, А. Б. Ключин. – Москва : Стройиздат. – 1981. – 115 с. – Текст : непосредственный.
4. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции : издание официальное : подготовлены к утверждению управлением стандартизации и технических норм в строительство Госстроя СССР : взамен СНиП III-15-76 ; СН 383-67 ; СНиП III-16-80 ; СН 420-71 ; СНиП III-18-75 ; СНиП III-17-78 ; СНиП III-19-76 ; СН 393-78 : дата введения 1988-07-01 / разработаны ЦНИИОМТП Госстроя СССР ; НИИЖБ Госстроя СССР ; ВНИПИПромстальконструкцией Минмонтажспецстроя СССР [и др.]. – Москва : Стройиздат. – 1988. – 188 с. – Текст : непосредственный.
5. ДБН В.1.3-2-2010. Геодезичні роботи в будівництві : видання офіційне : затверджено та надано чинності наказом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 21.01.2010 р. № 20 : уведено вперше зі скасуванням на території України СНиП 3.01.03-84 ; чинні від 2010-01-21 / розробники Науково-дослідний інститут будівельного виробництва ; Київський національний університет виробничий інститут геометричних, механічних та віброакустичних величин ; ВАТ ПТІ «Київоргбуд» ; АТ ХК «Київміськбуд» [и др.]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 70 с. – Текст : непосредственный.
6. Хохлов, Г. П. Методология расчета и оценки точности геодезических измерений с учетом ограничения ошибок контроля параметров возводимых объектов : специальность 05.24.01 «Геодезия» : автореферат диссертации на соискание степени доктора технических наук / Хохлов Геннадий Петрович ; МГУГиК. – Москва, 1994. – 40 с. – Текст : непосредственный.
7. СП 126.13330-2012. Геодезические работы в строительстве : актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84 : издание официальное : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 29 декабря 2011 г. № 635/1 : дата введения 2013-01-01 / исполнители ООО «Тектоплан», ГУП «Мосгоргеотрест», МГУГиК (МИИГАиК), ОАО «ГСПИ». – Москва : Минрегион России, 2011. – 84 с. – Текст : непосредственный.
8. Чмчян, Т. Т. О нормировании точности геодезических работ в высотном крупнопанельном строительстве / Т. Т. Чмчян. – Текст : непосредственный // Инженерная геодезия. – 1973. – Выпуск 13. – С. 53–58.

Получена 30.10.2021

М. І. ЛОБОВ, Т. В. МОРОЗОВА, О. В. ВОЛОЩУК
МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ТОЧНОСТІ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ ПРИ
ЗВЕДЕННІ СКЛАДНИХ І УНІКАЛЬНИХ СПОРУД
ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Багатоповерхові збірні і монолітні будівлі, унікальні споруди характеризуються підвищеними вимогами до точності будівельно-монтажних робіт. Особливе місце при будівництві, крім розбивних робіт, займають геодезичні роботи з монтажу і контролю за монтажем конструктивних будівельних елементів споруди. Обґрунтування точності геодезичних робіт при зведенні складних і унікальних споруд залежить від методів розрахунку споруд і технології будівництва, складовою частиною якої є геодезичні роботи. У статті проаналізовано фактори, що впливають на точність геодезичних робіт при будівництві унікальних будівель та споруд, які значною мірою визначають відхилення геометричних параметрів споруди від їх проектних значень. Запропоновано алгоритм розрахунку точності

геодезичних робіт шляхом використання принципу мізерно малого впливу похибок при монтажі складних та унікальних споруд, а також прецизійного чи унікального обладнання.

Ключові слова: розрахунок точності геодезичних робіт, середнє квадратичне відхилення, похибки систематичного характеру.

MICHAIL LOBOV, TATYANA MOROZOVA, OKSANA VOLOSHCHUK
METHODOLOGY FOR CALCULATING THE ACCURACY OF GEODETIC
WORK IN THE CONSTRUCTION OF COMPLEX AND UNIQUE
CONSTRUCTIONS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Multi-storey precast and monolithic buildings, unique structures are characterized by high requirements for the accuracy of construction and installation work. A special place in construction, in addition to center work, is occupied by geodetic work on the installation and control of the installation of structural building elements of the building. The justification of the accuracy of geodetic works in the construction of complex and unique structures depends on the methods of calculation of structures and construction technology, of which geodetic works are an integral part. The article analyzes the factors influencing the accuracy of geodetic works during the construction of unique buildings and structures, which largely determine the deviations of the geometric parameters of the structure from their design values. An algorithm is proposed for calculating the accuracy of geodetic works by using the principle of negligible influence of errors in the installation of complex and unique structures, as well as precision or unique equipment.

Key words: calculation of geodetic accuracy, standard deviation, systematic errors.

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

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

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

Лобов Михайло Іванович – доктор технічних наук, професор кафедри інженерної геодезії ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: комплексні геодезичні дослідження деформацій висотних споруд баштового типу.

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

Волощук Оксана Володимирівна – старший викладач кафедри інженерної геодезії ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: геодезичний моніторинг проводів і опор ЛЕП при впливі різних факторів.

Lobov Michail – D. Sc. (Eng.), Professor, Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: complex geodetic studies of deformations of tower-type high-rise structures.

Morozova Tatyana – Senior Lecturer, Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: investigation of the displacement of the earth's surface and deformations of buildings and structures under the influence of underground mining.

Voloshchuk Oksana – Senior Lecturer, Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: geodetic monitoring of wires and poles of power lines under the influence of various factors.

УДК 621.874

Т. В. ЛУЦКО, А. В. КОНДРЫКИНСКИЙ, С. А. ТИЩЕНКО

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ МОСТОВОГО КРАНА

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос снижения металлоемкости металлоконструкции мостового крана при обеспечении заданной грузоподъемности. В качестве объекта исследования принят мостовой кран КМ-32 грузоподъемностью 32 т и пролетом 16,5 м. Предлагается следующая модернизация моста крана: усилить металлоконструкции главных балок пролетного строения за счет введения дополнительных наружных продольных ребер жесткости при одновременном уменьшении толщины вертикальных диафрагм, что позволяет снизить массу моста на 4 %. На основании выполненного численного анализа напряженно-деформированного состояния базовой и модернизированной конструкции моста в программной среде Компас – 3D APM FEM: «Прочностный анализ» установлены наибольшие концентрации напряжений и максимальные прогибы мостов, а также определены массы рассматриваемых конструкций мостов. Установлена зависимость повышения массы главной балки пролетного строения крана при увеличении высоты поперечного сечения главной балки по сравнению с оптимальной высотой.

Ключевые слова: диафрагма, кран мостовой, масса, металлоконструкция, напряженно-деформированное состояние, прогиб, ребро жесткости.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Мостовые краны имеют широкое распространение в цехах и на складах предприятий в различных отраслях, на строительных площадках и объектах энергетики. Одним из важных проблем является снижение металлоемкости мостовых кранов. Поскольку масса пролетных строений составляет от 60 до 80 % массы крана, а иногда и более, а стоимость металла – приблизительно 65 % стоимости изготовления машины [1].

В связи с этим исследования, направленные на поиск оптимальных геометрических параметров металлоконструкций мостов, что непосредственно влияет на их массу, являются актуальными в настоящее время.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Среди разнообразия конструкций пролетных строений мостовых кранов остановимся на рассмотрении коробчатых конструкций. Различают коробчатые балки закрытые и открытые. В закрытых балках пространственная жесткость обеспечивается за счет диафрагм, а в открытых – за счет поперечных рам или специальных коробок и ребер жесткости [1]. Коробчатые закрытые балки, как правило, могут быть выполнены из листов, а также из прокатных и из тонкостенных гнутых и штампованных профилей. Исследованиям, направленным на поиск оптимальных конструкций коробчатых мостов кранов, посвящены работы В. Ю. Анцева, М. М. Гохберга, П. Ю. Калабина, Л. Ф. Москвичевой, А. С. Толоконникова и др. [2–4].

Данные исследования направлены, прежде всего, на оптимизацию металлоконструкций, которая сводится к уменьшению металлоемкости крана. В настоящей работе рассмотрим влияние расстановки вертикальных диафрагм и продольных ребер жесткости в металлоконструкциях главных балок моста крана на прочностные, жесткостные и массовые характеристики металлоконструкции крана.

Целью настоящего исследования является обоснование рациональных геометрических параметров пролетного строения мостового двухбалочного крана, обеспечивающих снижение его металлоемкости при обеспечении заданной грузоподъемности.

Задачами являются:

1. Моделирование металлоконструкции моста крана в программном комплексе АРМ FEM: Прочностный анализ для Компас – 3D.
2. Численный анализ напряженно-деформированного состояния двух вариантов исполнения металлоконструкции: в базовом и модернизированном. Модернизация металлоконструкции моста заключается в установке дополнительных наружных продольных ребер жесткости вдоль главных балок при уменьшенной толщине основных вертикальных диафрагм.
3. Сравнительный анализ металлоемкости различных исполнений металлоконструкции пролетного строения крана.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В качестве объекта рассмотрения принята металлоконструкция моста крана КМ-32 грузоподъемностью 32 т и пролетом 16,5 м, изготовленная из стали 09Г2С. На рисунке 1 представлена главная балка и ее поперечное сечение посередине пролета с указанием геометрических параметров.

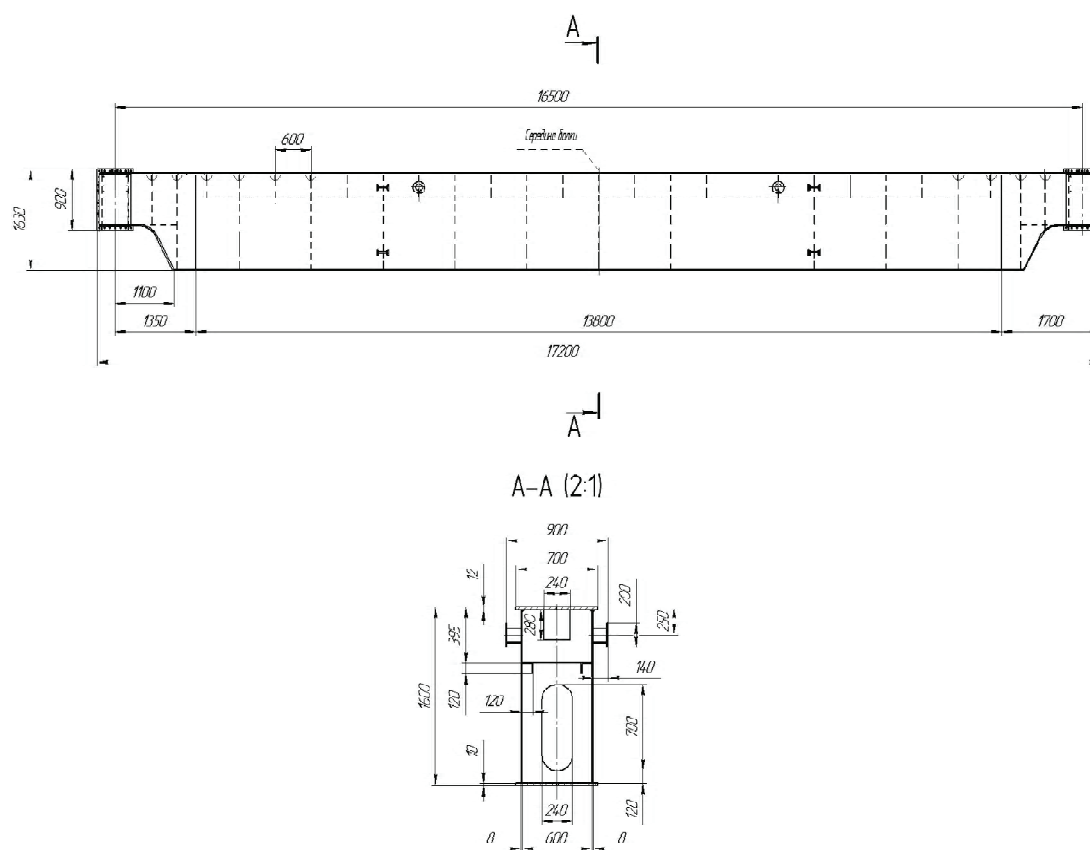


Рисунок 1 – Главная балка мостового крана КМ-32.

В результате расчета металлоконструкции данного крана по известным методикам [3, 5, 6] установлено, что прочность обеспечивается с достаточным запасом, в частности, максимальные нормальные напряжения при изгибе в сечении балки посередине пролета от совместного действия вертикальных и горизонтальных нагрузок составляют 169, 6 МПа. Расчетный максимальный прогиб составляет 6 мм против допускаемого 24 мм. Все это говорит о резерве по снижению металлоемкости.

Далее было выполнено моделирование металлоконструкции моста крана в программном комплексе АРМ FEM: Прочностный анализ для Компас – 3D [7]. Твёрдотельная модель сборочного опорного узла главной балки модернизированного исполнения моста крана, а также ее поперечное

сечение посередине пролета показаны на рисунке 2. На рисунке 3 приведены карты напряжений для двух исполнений пролетного строения: базового и модернизированного при нагружении крана весом груза и тележки, расположенных посередине моста.

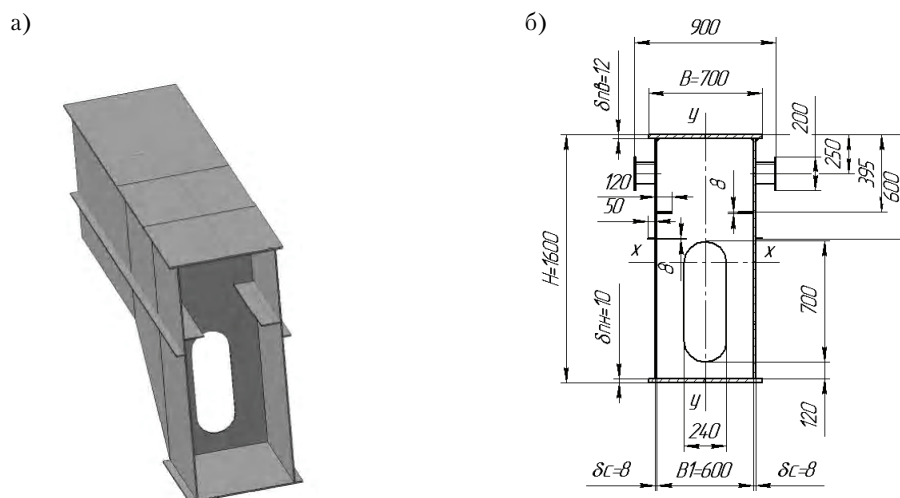


Рисунок 2 – Твёрдотельная модель сборочного опорного узла главной балки (а), модернизированного исполнения моста крана и ее поперечное сечение посередине моста (б).

Анализ полученных в программном комплексе результатов максимальных напряжений показывает, что для базового исполнения они составляют 119,38 МПа, для модернизированного – 122,98 МПа, что говорит о практически равной прочности. Запас прочности по сравнению с расчетным значением 1,44 увеличился до 2,05 для базовой модели и до 1,99 для модернизированной модели. Определение максимальных прогибов показало, что для базовой модели прогиб составил 3,65 мм, для модернизированной – 3,36 мм, что меньше расчетного значения 6 мм. Эти результаты говорят о том, что программа позволяет выполнять прочностный расчет более точно, так как учитывает все особенности расстановки и геометрические размеры и профили диафрагм и ребер.

Найдя оптимальные размеры поперечного сечения балки, можно получить оптимальную массу балки.

Масса главной балки определяется по формуле:

$$m_B = V_B \gamma = FL\gamma \rightarrow \min, \quad (1)$$

где V_B – объем балки, м³;
 F – площадь поперечного сечения главной балки, м² (принимается площадь в среднем сечении балки);
 L – пролет крана, м;
 γ – плотность материала, из которого изготовлена металлоконструкция, кг/м³.

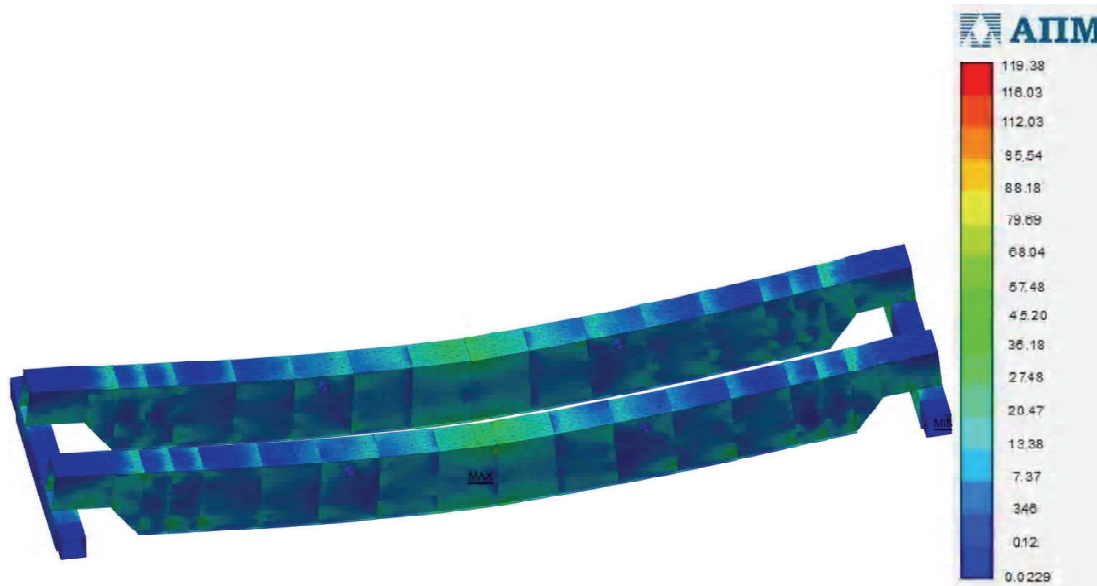
Для нахождения площади оптимального поперечного сечения принимаем, что балка находится под действием изгибающего момента МИ, действующего в вертикальной плоскости (изгиб в горизонтальной плоскости в данном случае не рассматриваем). В качестве расчетного принимаем коробчатое поперечное сечение, представленное на рисунке 4. Как видно из рисунка 4, толщина верхнего пояса балки больше, чем нижнего пояса. В рассматриваемом кране КМ-32 толщина верхнего пояса балки составляет $1,2\delta_{II}$, где δ_{II} – толщина нижнего пояса. Тогда по методике, изложенной в работе [3], определяем оптимальную площадь поперечного сечения балки с поясами разной толщины в соотношении 1,2:1.

Целевой функцией является площадь поперечного сечения балки:

$$F = 2,2B\delta_{II} + 2H\delta_C = 2W/H + 1,33H\delta_C, \quad (2)$$

где B – ширина поперечного сечения, м;
 H – высота поперечного сечения, м;
 δ_{II} – толщина нижнего пояса, м;

а)



б)

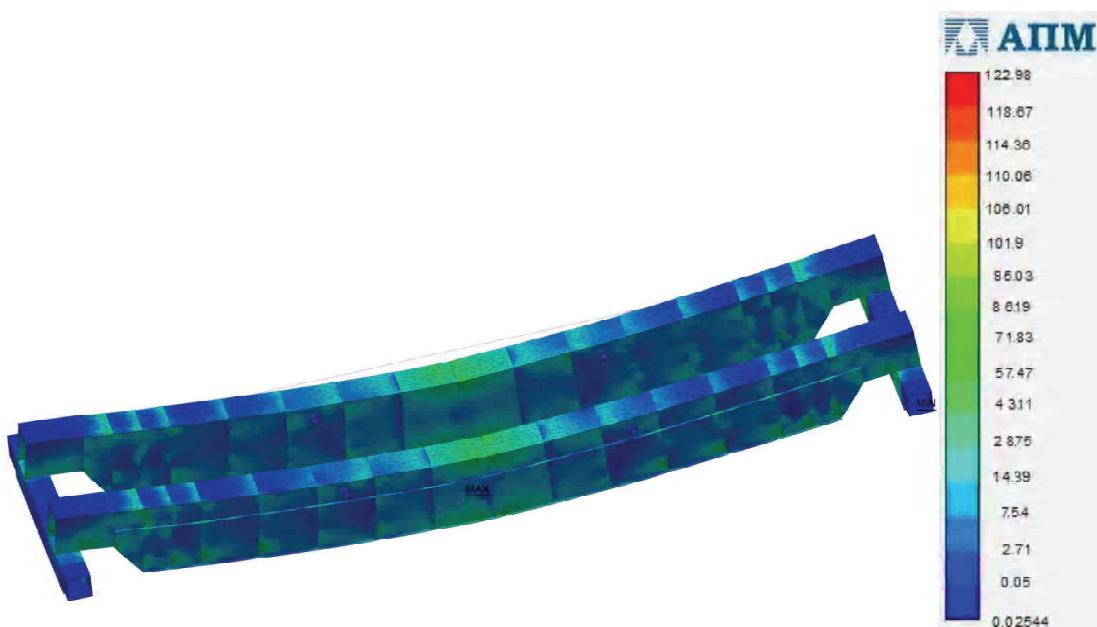


Рисунок 3 – Карты напряжений (МПа) в металлоконструкции пролетного строения мостового крана в базовом (а) и в модернизированном исполнении (б).

δ_c – толщина стенки, м;

$W = M_H / [\sigma]$ – момент сопротивления сечения относительно оси $x-x$;

M_H – максимальный изгибающий момент, действующий в вертикальной плоскости;

$[\sigma]$ – допускаемое нормальное напряжение, МПа.

Зафиксируем толщину стенки δ_c , принимаем для крана КМ-32 толщину стенки $\delta_c = 8$ мм. Тогда продифференцируем целевую функцию по высоте сечения H :

$$\frac{dF}{dH} = -\frac{2W}{H^2} + \frac{4\delta_c}{3} = 0. \quad (3)$$

Откуда определяется оптимальная высота коробчатой балки:

$$H_0 = \sqrt{\frac{3W}{2\delta_c}} = \sqrt{\frac{3M_H}{2\delta_c[\sigma]}}. \quad (4)$$

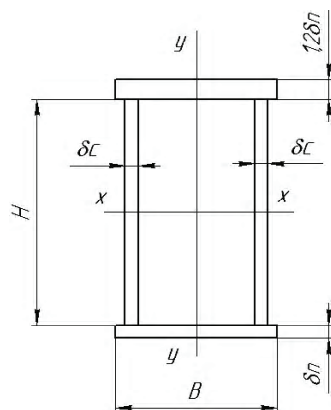


Рисунок 4 – Расчетная схема поперечного сечения коробчатой балки.

Минимальная площадь поперечного сечения коробчатой балки с фиксированной шириной сечения B и поясами разной толщины в соотношении 1,2:1:

$$F_0 = 2,2B\delta_n + 2H_0\delta_c = 2,2B\delta_n + 2,45\sqrt{\frac{M_H\delta_c}{[\sigma]}}. \quad (5)$$

Для крана КМ-32 определяем значения оптимальной высоты и оптимальной площади поперечного сечения при толщине стенки $\delta_c = 8$ мм: $H_0 = 1\,471$ мм, $F_0 = 0,0389$ м². Сравним с площадью поперечного сечения реальной балки, изображенной на рисунке 1, которая составляет $F = 0,0406$ м² при высоте сечения $H = 1\,600 - 12 - 10 = 1\,578$ мм и толщине стенки $\delta_c = 8$ мм. Результаты расчета массы показали: оптимальная балка имеет массу 5 006,4 кг, а масса реальной балки с поперечным сечением, изображенным на рисунке 1, составляет 5 225,2 кг, что превышает оптимальное значение массы балки. Это говорит о том, что высоту балки приняли завышенной при фиксированной толщине стенки 8 мм и ширине сечения 700 мм.

Таким образом, при увеличении высоты сечения в 1,072 раза, то есть на 7,2 %, масса балки увеличилась на 4,3 %. При увеличении высоты балки на 10 % масса увеличивается на 6,1 %. График повышения массы балки (в процентном соотношении γ_m) при увеличении высоты сечения H по сравнению с оптимальной высотой H_0 (в процентном соотношении γ_H) показан на рисунке 5.

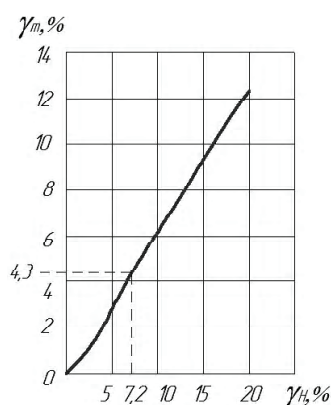


Рисунок 5 – График повышения массы балки при увеличении высоты поперечного сечения балки H относительно оптимальной высоты сечения H_0 (в процентном соотношении).

Зависимость повышения массы балки в процентном соотношении γ_m от увеличения высоты поперечного сечения балки γ_H по отношению к оптимальному значению при разной толщине поясов и фиксированной ширине сечения и толщине стенок с высокой оценкой достоверности аппроксимации $R^2 = 0,9993$ описывается следующей формулой:

$$\gamma_m = 0,6075\gamma_H + 0,0586, \quad (6)$$

где $\gamma_m = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100\%$ – приращение массы балки m по отношению к оптимальной массе m_0 , %;

$\gamma_H = \frac{H - H_0}{H_0} \cdot 100\%$ – приращение высоты поперечного сечения балки H по отношению к оптимальной высоте H_0 , %.

Далее выполнен расчет массы балки в программном комплексе АРМ FEM: Прочностной анализ для Компас – 3D для базовой и модернизированной модели с учетом всех составных элементов. Результаты расчета массы одной балки представлены на рисунке 6 в виде гистограммы.

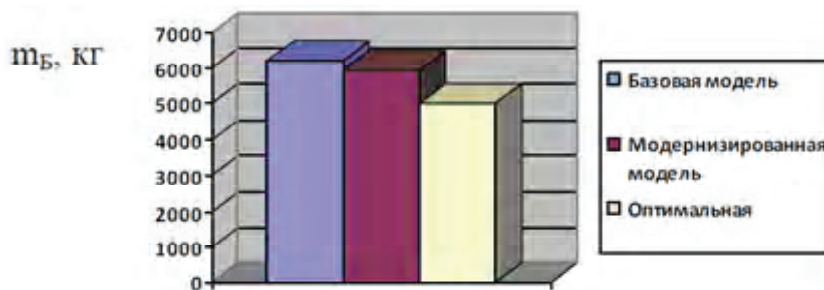


Рисунок 6 – Гистограмма массы главной балки мостового крана КМ-32.

Как видно из полученной гистограммы, масса главной балки для базовой модели составила 6 214,3 кг, а для модернизированной – 5 933 кг.

Масса металлоконструкции всего пролетного строения модернизированной модели составило 13 523 кг и по сравнению с массой базовой модели 14 086 кг она снизилась на 4 %, что позволяет рекомендовать для практического применения предложенную модернизацию главных балок крана, заключающуюся в уменьшении толщины вертикальных диафрагм с 8 до 6 мм и установке дополнительных наружных продольных ребер жесткости.

ВЫВОДЫ

1. Одним из основных направлений совершенствования металлоконструкции мостовых кранов является снижение металлоемкости. В связи с этим предлагается выполнить модернизацию главных балок пролетного строения на примере мостового крана КМ-32, усилив верхний пояс за счет установки дополнительных наружных продольных ребер жесткости при одновременном уменьшении толщины вертикальных диафрагм с 8 мм до 6 мм. При этом сохраняется заданная грузоподъемность 32 т.

2. Выполнено моделирование в программном комплексе АРМ FEM: Прочностный анализ для Компас – 3D базовой и модернизированной моделей моста крана КМ-32.

3. Численный анализ напряженно-деформированного состояния металлоконструкций мостов показал, что прочностные и жесткостные характеристики модернизированной модели мало отличаются от базовой модели.

4. Установлена зависимость повышения массы коробчатой балки при увеличении высоты поперечного сечения балки с разной толщиной поясов балки относительно оптимальной высоты сечения при фиксированных толщине стенок и ширине поперечного сечения.

5. Определены массы главных балок базовой, модернизированной и оптимальной, а также массы металлоконструкций мостов в целом. Установлено снижение на 4 % металлоемкости модернизированной модели пролетного строения крана по сравнению с базовой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шабашов, А. П. Мостовые краны общего назначения / А. П. Шабашов, А. Г. Лысяков. – 5-е изд., переработанное и дополненное. – Москва : Машиностроение, 1980. – 304 с., ил. – Текст : непосредственный.
2. Анцев, В. Ю. Оптимизация металлических конструкций грузоподъемных машин мостового типа / В. Ю. Анцев, А. С. Толоконников, П. Ю. Калабин. – Текст : непосредственный // Известия ТулГУ. Серия Технические науки. – 2009. – Выпуск 4. – Часть 1. – С. 144–153.

3. Гохберг, М. М. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин / М. М. Гохберг. – Ленинград : Машиностроение, 1976. – 454 с. – Текст : непосредственный.
4. Москвичева, Л. Ф. Несущая способность элементов металлоконструкций мостовых кранов при статическом и циклическом нагружении : специальность 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Москвичева Людмила Федоровна ; Красноярский государственный технический университет. – Красноярск, 2002. – 152 с. – Текст : непосредственный.
5. Курсовое проектирование грузоподъемных машин : учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов / С. А. Казак, В. Е. Дусье, Е. С. Кузнецов [и др.] ; под редакцией С. А. Казака. – Москва : Высшая школа, 1989. – 319 с. – ISBN 5-06-000143-1. – Текст : непосредственный.
6. Соколов, С. А. Строительная механика и металлические конструкции машин : учебник / С. А. Соколов. – 2-е изд. – Санкт-Петербург : Политехника, 2020. – 423 с. – ISBN 978-5-7325-1093-5. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. – 2020. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/94830.html> (дата обращения: 20.09.2021).
7. APM FEM Система прочностного анализа для КОМПАС-3D : Руководство пользователя. – Москва : Научно-технический центр «Автоматизированное проектирование машин», 2017. – 36 с. – Текст : непосредственный.

Получена 26.10.2021

Т. В. ЛУЦЬКО, О. В. КОНДРИКІНСЬКИЙ, С. О. ТИЩЕНКО
ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ
МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЇ ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ МОСТОВОГО КРАНА
ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Анотація. У статті розглянуто питання зниження металоємності металлоконструкції мостового крана при забезпеченні заданої вантажопідйомності. За об'єкт дослідження прийнято мостовий кран КМ-32 вантажопідйомністю 32 т і прогоном 16,5 м. Пропонується наступна модернізація моста крана: посилити металлоконструкції головних балок прогонової будови за рахунок введення додаткових зовнішніх поздовжніх ребер жорсткості при одночасному зменшенні товщини вертикальних діафрагм, що дозволяє знизити масу моста на 4 %. На основі виконаного чисельного аналізу напружено-деформованого стану базової і модернізованої конструкції моста в програмному середовищі Компас-3D APM FEM: «Аналіз міцності» встановлені найбільші концентрації напружень і максимальні прогини мостів, а також визначені маси розглянутих конструкцій мостів. Встановлено залежність підвищення маси головної балки прогонової будови крана при збільшенні висоти поперечного перерізу головної балки в порівнянні з оптимальною висотою.

Ключові слова: діафрагма, кран мостовий, маса, металлоконструкція, напружено-деформований стан, прогин, ребра жорсткості.

TATYANA LUTSKO, ALEXANDER KONDRYKINSKY, SERGEI TISHCHENKO
ON THE ISSUE OF DETERMINING THE RATIONAL PARAMETERS OF THE
METAL STRUCTURE OF THE BRIDGE CRANE SUPERSTRUCTURE
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article considers the issue of reducing the metal consumption of the bridge crane metal structure while providing a given load capacity. The KM-32 overhead crane with a lifting capacity of 32 tons and a span of 16.5 m was adopted as the object of research. The following modernization of the crane bridge is proposed: to strengthen the metal structures of the main beams of the superstructure by introducing additional external longitudinal stiffeners while reducing the thickness of the vertical diaphragms, which reduces the weight of the bridge by 4 %. Based on the numerical analysis of the stress-strain state of the basic and upgraded bridge structure in the Kompas – 3D APM FEM: «Strength Analysis» software environment, the greatest stress concentrations and maximum deflections of bridges were established, and the masses of the bridge structures under consideration were determined. The dependence of the increase in the mass of the main beam of the crane superstructure with an increase in the height of the cross-section of the main beam compared with the optimal height is established.

Key words: diaphragm, bridge crane, mass, metal structure, stress-strain state, deflection, stiffeners.

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

Кондрыкинський Александр Владимирович – магістрант по напрямленню підготовки 23.04.02 «Наземні транспортно-технологічні комплекси» ГОУ ВПО «Донбасська національна академія будівництва і архітектури». Научні інтереси: дослідження напружено-деформованого стану металоконструкцій грузопідіймних машин.

Тищенко Сергій Александрович – магістрант по напрямленню підготовки 23.04.02 «Наземні транспортно-технологічні комплекси» ГОУ ВПО «Донбасська національна академія будівництва і архітектури». Научні інтереси: дослідження напружено-деформованого стану металоконструкцій грузопідіймних машин.

Луцко Тетяна Василівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри наземних транспортно-технологічних комплексів та засобів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: статика і динаміка вантажопідіймних кранів.

Кондрикінський Олександр Володимирович – магістрант за напрямом підготовки 23.04.02 «Наземні транспортно-технологічні комплекси» ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження напружено-деформованого стану металоконструкцій вантажопідіймних машин.

Тищенко Сергій Олександрович – магістрант за напрямом підготовки 23.04.02 «Наземні транспортно-технологічні комплекси» ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження напружено-деформованого стану металоконструкцій вантажопідіймних машин.

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

Kondrykinsky Alexander – master's student, in the field of training 23.04.02 Land Transport and Technological Complexes and Facilities, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research of stress-strain state of metal structures of lifting machines.

Tishchenko Sergei – master's student, in the field of training 23.04.02 Land Transport and Technological Complexes and Facilities, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research of stress-strain state of metal structures of lifting machines.

УДК 692.21:699.8

Т. А. ЧЕРНЫШЕВА

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШУМОЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО РЕЖИМА В АДМИНИСТРАТИВНО-ОФИСНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Аннотация. Статья посвящена проблеме создания производственного комфорта в административно-офисных помещениях, который неразрывно связан с двумя аспектами архитектурно-строительной акустики: это создание в рабочих помещениях комфортной акустической среды и обеспечение информационной безопасности кабинетов руководителей и комнат переговоров. Акустический режим в административно-офисных помещениях в основном зависит от звукоизолирующих качеств их ограждающих конструкций и характеризуется фактическим суммарным уровнем шума в здании. На основании результатов анализа проведенного исследования установлено, что причинами снижения звукоизоляционных характеристик перегородок между офисными помещениями являются невысокая собственная звукоизоляция, наличие обходных путей распространения звука. С целью улучшения акустического режима в административно-офисных помещениях рекомендовано реализовать комплекс шумозащитных конструктивных решений.

Ключевые слова: акустический режим, шум, шумозащитные конструктивные решения, звукоизоляционные перегородки.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Шум оказывает на организм человека негативное воздействие, которое может привести к различным серьёзным последствиям, в том числе и к развитию тяжелых заболеваний нервной системы. Поэтому звукоизоляция административно-офисных помещений, в которых человек умственного труда проводит значительную часть времени, – актуальная проблема современного строительства. К административно-офисным помещениям относятся представительства компаний, различные общественные учреждения, научные и деловые центры. В помещениях такого рода стены и потолок выполнены из жестких, хорошо отражающих звук материалов, в результате чего посторонние для каждого работника шумы вынуждают постоянно напрягать слух и повышать голос. Также влияет шум от большого количества офисной оргтехники, которая присутствует в помещении с несколькими рабочими местами. Это приводит к преждевременной усталости и снижению производительности труда. Для административно-офисных помещений наиболее важным является обеспечение благоприятной акустической среды в помещениях с несколькими рабочими местами и звукоизоляция помещений переговорных комнат и кабинетов руководителей.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопрос звукоизоляции внутренних ограждающих конструкций и способы ее реализации рассматриваются в трудах таких авторов, как Н. В. Деркач [1], А. А. Кочкин, А. В. Киряткова, И. Л. Шубин [2], Н. А. Минаева [3], А. Г. Боганик [4].

В работе [1] анализируются способы осуществления звукоизоляции, такие как демпфирование, двойные стены («комната в комнате»), добавление массы, развязка (введение промежутков в части конструкции, предотвращение продолжения звуковой вибрации вдоль ее пути), абсорбция. Результаты исследования двойных ограждающих конструкций с использованием звукопоглощающих и вибро-демпфированных материалов приведены в статье [2]. На основании сравнительного анализа

частотных характеристик звукоизоляции перегородок в зависимости от объёмного веса их обшивок и от толщины звукопоглощающего материала, которым заполняется воздушный промежуток перегородок, составлен обширный каталог каркасно-обшивных перегородок с использованием гипсокартонных (ГКЛ) и гипсоволокнистых (ГВЛ) листов, что позволяет выбрать удобную для потребителя конструкцию с требуемым индексом звукоизоляции R_w в соответствии с нормативными документами [3]. В статье [4] рекомендован ряд шумозащитных конструктивных решений по созданию комфортной акустической среды в административно-офисных помещениях, а именно:

- использование в интерьере декоративных акустических панелей для подавления части отраженного от поверхностей стен и потолка звука, в результате чего общий уровень шума можно уменьшить в 2–3 раза;
- обеспечение хорошей звукоизоляции входной двери в кабинет руководителя и комнат переговоров (устройство тамбура, использование массивных полотен дверей, наличие порога и уплотнение по всему периметру притвора);
- исключение общего надпотолочного пространства кабинета руководителя с соседними помещениями, для чего перегородки в таких помещениях необходимо возводить от бетонного пола до перекрытия потолка;
- исключение проникновения звука по воздуховодам систем вентиляции и кондиционирования;
- применение конструкции «плавающего» пола. В результате применения данного конструктивного решения можно получить от 10...20 дБ дополнительной изоляции воздушного шума для межэтажного перекрытия;
- увеличение звукоизоляции стен, пола и потолка может быть путем применения каркасных гипсокартонных облицовок, смонтированных с помощью специальных антивибрационных креплений Vibrofix. Монтаж каркасных гипсокартонных перегородок с применением звукоизолирующих профилей Vibrofix Liner позволяет добиться индекса звукоизоляции $R_w = 59...60$ дБ;
- увеличение звукоизоляции окон – рекомендуется применять стеклопакеты, состоящие из массивных стекол, желательно разной толщины (например, 6, 7 и 8 мм), разделенных воздушными промежутками разной ширины. В реальных условиях качество притвора влияет на звукоизоляцию окон иногда даже больше, чем формула стеклопакета.

Целью статьи является исследование звукоизоляции внутренних ограждающих конструкций и разработка рекомендаций по улучшению акустического режима в административно-офисных помещениях обследуемого объекта.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Как известно, акустический режим в помещениях в основном зависит от звукоизолирующих качеств его ограждающих конструкций и характеризуется фактическим суммарным уровнем шума в здании. В области нормирования акустических и звукоизоляционных характеристик строительных конструкций и сооружений в России действуют строительные нормы [5], а в области контроля шума – санитарные нормы [6].

Регламентированное в них значение предельного уровня звука в административно-офисных помещениях равно $L_A = 50$ дБА [5, 6].

Нормируемым параметром звукоизоляции вертикальных ограждающих конструкций принят индекс изоляции воздушного шума R_w в дБ. Нормативные значения индексов изоляции воздушного шума перегородок между помещениями офисов в зависимости от их назначения составляют 45, 48 дБ [5].

Исходными данными для акустического расчета при исследовании звукоизоляции перегородок в административно-офисных помещениях согласно [5] являются: план и разрез помещения с расположением технологического и инженерного оборудования и других источников шума, расчетных точек; сведения о характеристиках ограждающих конструкций помещения (материал, толщина, плотность и др.); шумовые характеристики и геометрические размеры источников шума; сведения об изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями.

В исследуемом объекте внутренняя отделка выполнена в полном объеме, установлена мебель, офисное оборудование и необходимые элементы интерьера, наружными ограждениями являются витражи. Перегородки между исследуемыми помещениями, а также исследуемыми помещениями и коридором выполнены из ламинированных древесно-стружечных плит (ДСП), размерами 844,0×728,0×18,0 мм, свободно навешенных на металлический каркас через упругие прокладки. Между плитами имеются технологические зазоры до 10 мм. В пространстве между ламинированным ДСП

(70 мм) уложены минераловатные звукопоглощающие плиты толщиной 30 мм. В перегородках частично встроены шкафы. Перегородки опираются на фальшпол фирмы MERO-TSK с антистатическим виниловым покрытием, а сверху примыкают к подвесному потолку системы KNAUF, состоящему из двух листов гипсокартона толщиной 12,5 мм по металлическому каркасу. В общем с соседними помещениями надпотолочном пространстве размещены системы вентиляции, электрические коммуникации и встроенные системы освещения. Конструктивное решение перегородки, подвесного потолка и пола представлены на рис. 1.

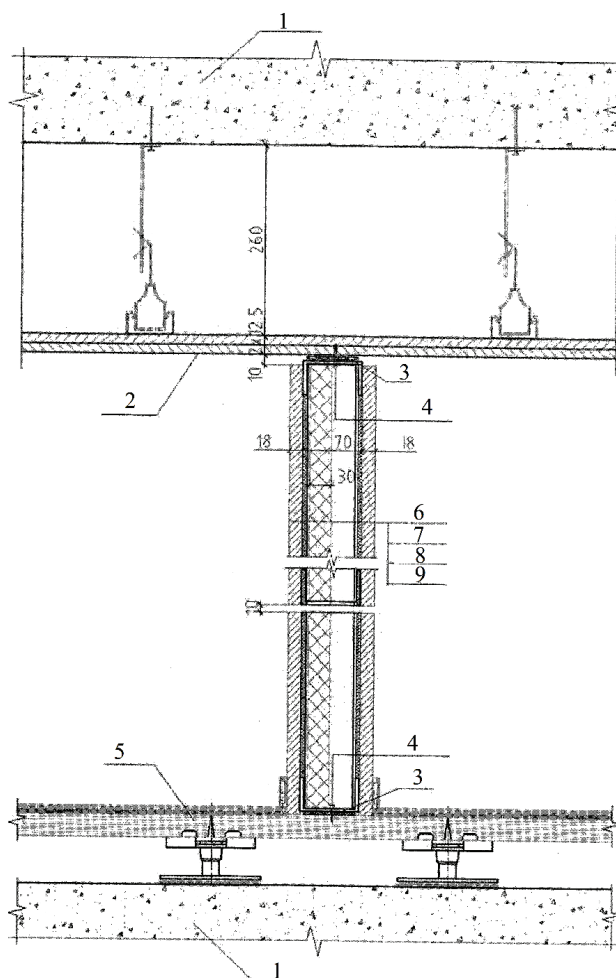


Рисунок 1 – Вертикальный разрез внутренних ограждающих конструкций.

Для измерения уровней звукового давления и уровня звука в исследуемых помещениях были разработаны схемы расположения точек измерений и средств измерительной техники согласно требованиям норм [7] (рис. 2).

По результатам измерений уровней звукового давления в третьоктавных полосах со среднегеометрическими частотами 25...10 000 Гц [7] рассчитаны значения индексов изоляции воздушного шума перегородками в административно-офисных помещениях, которые составляют для перегородок с дверью 15...30 дБ, глухих перегородок 27...31 дБ, светопрозрачных перегородок из пластика 26 дБ.

На основании результатов численных исследований установлено, что звукоизоляционные качества перегородок между рабочими помещениями офиса не отвечают нормативным требованиям. Причинами снижения звукоизоляционных характеристик этих перегородок являются: невысокая собственная звукоизоляция, наличие обходных путей распространения звука (подвесной потолок, стыки между конструкциями и др.). Основным звуковым мостиком является единое в пределах этажа пространство между подвесным потолком и монолитной железобетонной плитой перекрытия. В этом пространстве звуковая волна распространяется практически беспрепятственно с незначительным затуханием.

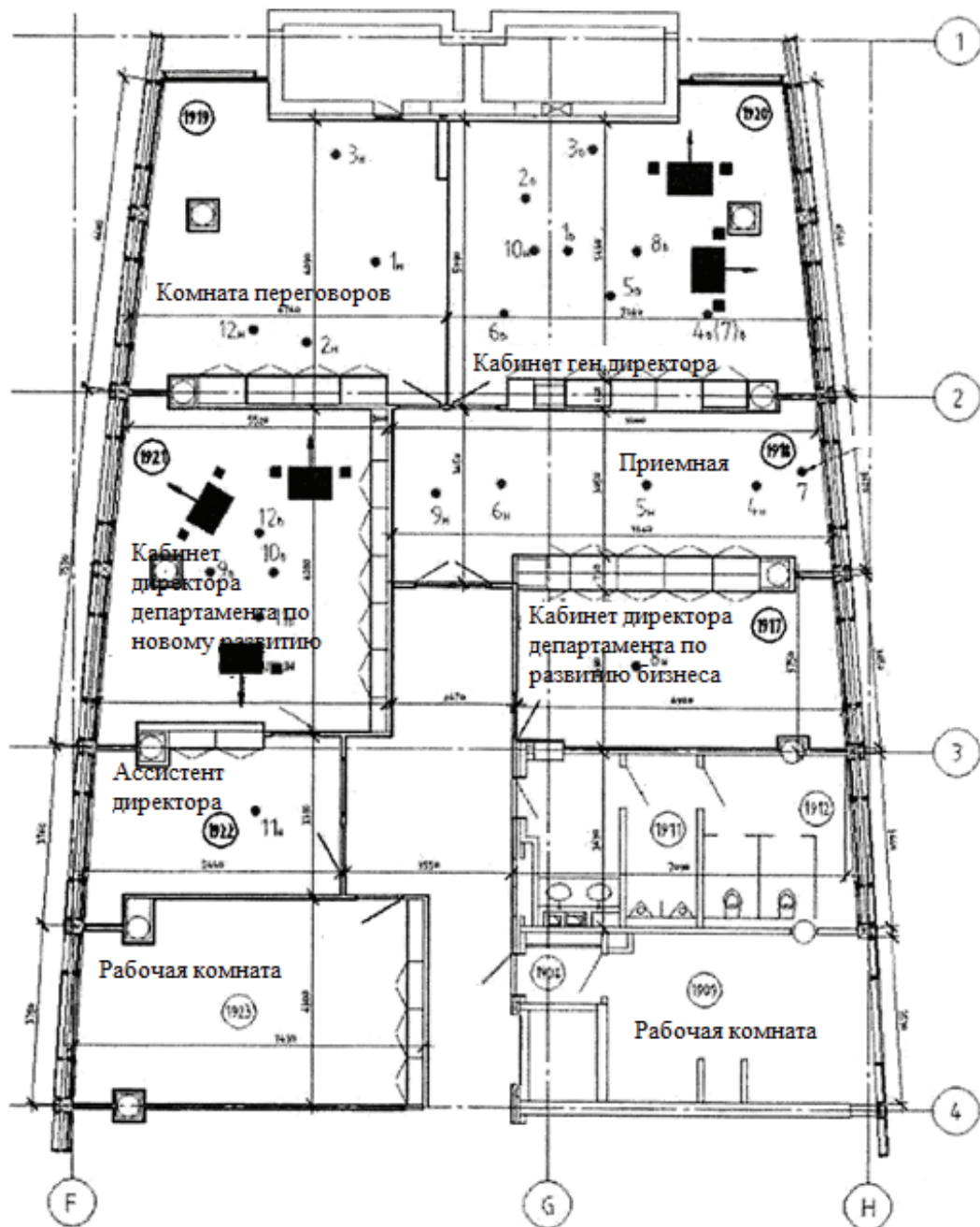


Рисунок 2 – Схема расположения источников шума и точек измерений в административно-офисных помещениях.

Подвесной потолок системы KNAUF выполнен без звукопоглощающего материала (например, минеральные маты или плиты). В листах ГКЛ подвесного потолка имеется большое количество щелей и отверстий (осветительные приборы, решетки систем вентиляции и кондиционирования, датчики и т. п.). Низкие звукоизолирующие качества перегородок в основном обусловлены тем, что они выполнены только до подвесного потолка и не доходят до плиты монолитного железобетонного перекрытия.

Наличие технологических зазоров и недостаточное обжатие упругих прокладок, к тому же отсутствие их по периметру перегородок из ламинированного ДСП, значительно снижают звукоизолирующие качества перегородок. Индекс звукоизоляции глухих перегородок из ДСП с учетом косвенных путей передачи звука через потолок составляет 27...31 дБ, что ниже нормативного значения, равного 45 дБ [5].

ВЫВОДЫ

По итогам проведенного исследования с целью улучшения акустического режима в административно-офисных помещениях рекомендовано реализовать комплекс мероприятий:

1. Конструкции перегородок выполнить до монолитной плиты перекрытия. При этом необходимо демонтировать конструкции подвесного потолка в сечении перегородок, нарастить перегородки до монолитной плиты перекрытия с устройством металлического каркаса системы KNAUF с облицовкой его с каждой стороны двумя листами гипсокартона толщиной по 12,5 мм. Внутрь перегородки уложить минераловатные плиты, например DAN Wall толщиной 50 мм фирмы ООО «Данко индустри», тщательно заделать все стыки гипсовым раствором. Такая перегородка будет иметь индекс изоляции не менее 45 дБ.

2. В местах пересечения перегородок воздуховодами от систем вентиляции и кондиционирования облицевать воздуховоды с каждой стороны перегородки минераловатными плитами, например DAN Wall, толщиной 50 мм на длину, равную удвоенному большему размеру сечения воздуховода, выполнить стык примыкания подвесного потолка к наращенной перегородке с тщательной заделкой стыка гипсовым раствором.

3. По периметру перегородок установить упругие прокладки под навесные ламинированные древесно-стружечные плиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деркач, Н. В. Сущность звукоизоляции и способы ее осуществления / Н. В. Деркач, Я. И. Шаповаленко. – Текст : электронный // Academy. – 2017. – № 11(26). – С. 22–24. – ISSN 2412-8236 (Print). ISSN 2542-0755 (Online). – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30501977> (дата обращения: 20.09.2021).
2. Кочкин, А. А. Исследование изоляции воздушного шума двойными ограждающими конструкциями / А. А. Кочкин, А. В. Киряткова, И. Л. Шубин. – Текст : электронный // Бюллетень строительной техники. – 2018. – № 6 (1006). – С. 20–21. – ISSN 0007-7690. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35015568> (дата обращения: 20.09.2021).
3. Минаева, Н. А. Анализ звукоизоляционных качеств каркасно-обшивных перегородок / Н. А. Минаева. – Текст : электронный // АCADEMIA. АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО. – 2018. – № 4. – С. 137–141. – ISSN: 2077-9038. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36944645> (дата обращения: 21.09.2021).
4. Боганик, А. Г. Новые технологии для акустического комфорта / А. Г. Боганик. – Текст : непосредственный // Кровельные и изоляционные материалы. – 2005. – № 3. – С. 44–47.
5. СП 51.13330.2011. Защита от шума : актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 : издание официальное : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 28 декабря 2010 г. № 825 : дата введения 2011-05-20. – Москва : Минрегион России ; ОАО «ЦПП», 2010. – 62 с. – Текст : непосредственный.
6. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Санитарные нормы. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки : утверждены и введены в действие Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 31 октября 1996 г. № 36 : взамен «Санитарных норм допустимых уровней шума на рабочих местах» № 3223-85, «Санитарных норм допустимого шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки» № 3077-84, «Гигиенических рекомендаций по установлению уровней шума на рабочих местах с учетом напряженности и тяжести труда» № 2411-81 : дата введения 1996-10-31 / разработаны НИИ МТ Российской Академии медицинских наук ; Московский НИИ гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана. – Москва : Госкомсанэпиднадзор РФ, 1997. – 37 с. – Текст : непосредственный.
7. ГОСТ 23337-2014. Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий : утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 ноября 2014 г. № 1643-ст : взамен ГОСТ 23337-78 : дата введения 2015-07-01 / НИИСФ РААСН. – Москва : ФГУП «Стандартинформ», 2015. – 20 с. – Текст : непосредственный.

Получена 08.11.2021

Т. О. ЧЕРНИШЕВА

ВИКОРИСТАННЯ ШУМОЗАХИСНИХ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ
ПОЛІПШЕННЯ АКУСТИЧНОГО РЕЖИМУ В АДМІНІСТРАТИВНО-
ОФІСНИХ ПРИМІЩЕННЯХ

ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Стаття присвячена проблемі створення виробничого комфорту в адміністративно-офісних приміщеннях, який нерозривно пов'язаний з двома аспектами архітектурно-будівельної акустики: це

створення в робочих приміщеннях комфортного акустичного середовища і забезпечення інформаційної безпеки кабінетів керівників і кімнат переговорів. Акустичний режим в адміністративно-офісних приміщеннях в основному залежить від звукоізолювальних якостей їх огорожувальних конструкцій і характеризується фактичним сумарним рівнем шуму в будівлі. На основі результатів аналізу проведеного дослідження встановлено, що причинами зниження звукоізоляційних характеристик перегородок між офісними приміщеннями є невисока власна звукоізоляція, наявність обхідних шляхів поширення звуку. З метою поліпшення акустичного режиму в адміністративно-офісних приміщеннях рекомендовано реалізувати комплекс шумозахисних конструктивних рішень.

Ключові слова: акустичний режим, шум, шумозахисні конструктивні рішення, звукоізоляційні перегородки.

TAMARA CHERNYSHEVA

THE USE OF NOISE-PROOF DESIGN SOLUTIONS TO IMPROVE THE ACOUSTIC REGIME IN ADMINISTRATIVE AND OFFICE PREMISES

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article is devoted to the problem of creating industrial comfort in administrative and office premises, which is inextricably linked with two aspects of architectural and construction acoustics: the creation of a comfortable acoustic environment in working rooms and ensuring information security of executive offices and meeting rooms. The acoustic mode in administrative and office premises mainly depends on the sound-proofing qualities of their enclosing structures and is characterized by the actual total noise level in the building. Based on the results of the analysis of the conducted research, it was found that the reasons for the decrease in the sound insulation characteristics of partitions between office premises are low own sound insulation, the presence of workarounds for sound propagation. In order to improve the acoustic regime in administrative and office premises, it is recommended to implement a set of noise-proof design solutions.

Key words: acoustic mode, noise, noise-proof design solutions, sound-proof partitions.

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

КОЖЕМЯКА С. В., КРУПЕНЧЕНКО А. В. Выбор технологии усиления железобетонных плит перекрытия	5
БЕЛОВ Д. В., КЛЕЩЁВ М. А. Особенности технологии бетонирования самоуплотняющимся бетоном сталежелезобетонных колонн	12
ЮГОВ А. М., ГРИГОРЕНКО Е. В. Траверса для монтажа верхних блоков стальной вытяжной башни высотой 150 м	18
МАЗУР В. А., ЧАЙКА М. А., БАРМОТИН А. А., ПРОФАТИЛО О. А. Аэродинамические коэффициенты для бескаркасных арочных покрытий округлой формы	23
ИХНО А. В., КРУПЕНЧЕНКО А. В., ТАРАН В. В. Технологические решения устройства систем электрических «теплых полов» на основе нагревательного кабеля	31
ТАРАН В. В., АЛЕЙНИК Д. В., ШАМРИЛЮК А. Р. Пути сокращения продолжительности возведения каркасно-монолитных зданий	39
МАЗУР В. А., ГОМЕНЮК С. В. Прогнозирование основных технико-экономических показателей ремонта монолитных железобетонных оболочек промышленных дымовых труб	45
КАЛМЫКОВА Е. П. Принцип работы и технология монтажа корпуса рукавного фильтра доменной печи	51
СОЛОВЕЙ П. И., ПЕРЕВАРЮХА А. Н. Определение стрелы провеса теодолитом, установленном в плоскости оттяжки	58
ЛОБОВ М. И., МОРОЗОВА Т. В., ВОЛОЩУК О. В. Методика расчета точности геодезических работ при возведении сложных и уникальных сооружений	63
ЛУЦКО Т. В., КОНДРЫКИНСКИЙ А. В., ТИЩЕНКО С. А. К вопросу определения рациональных параметров металлоконструкции пролетного строения мостового крана	69
ЧЕРНЫШЕВА Т. А. Использование шумозащитных конструктивных решений для улучшения акустического режима в административно-офисных помещениях	77

Статьи, публикуемые в журнале «Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры», размещены

- в российской информационно-аналитической системе – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)
- в электронно-библиотечной системе IPRbooks
- в информационно-поисковой системе Google Scholar.

ЗМІСТ

КОЖЕМЯКА С. В., КРУПЕНЧЕНКО Г. В. Вибір технології посилення залізобетонних плит перекриття	5
БЄЛОВ Д. В., КЛЕЩОВ М. О. Особливості технології бетонування самоущільнювальним бетоном сталезалізобетонних колон	12
ЮГОВ А. М., ГРИГОРЕНКО О. В. Траверса для монтажу верхніх блоків сталеві витяжної вежі висотою 150 м	18
МАЗУР В. О., ЧАЙКА М. О., БАРМОТІН О. О., ПРОФАТИЛО О. А. Аеродинамічні коефіцієнти для безкаркасних арокних покриттів округлої форми	23
ІХНО Г. В., КРУПЕНЧЕНКО Г. В., ТАРАН В. В. Технологічні рішення улаштування систем електричної «теплої підлоги» на основі нагрівального кабеля	31
ТАРАН В. В., АЛЕЙНИК Д. В., ШАМРИЛЮК А. Р. Шляхи скорочення тривалості зведення каркасно-монолітних будівель	39
МАЗУР В. О., ГОМЕНЮК С. В. Прогнозування основних техніко-економічних показників ремонту монолітних залізобетонних оболонок промислових димових труб	45
КАЛМИКОВА О. П. Принцип роботи і технологія монтажу корпусу рукавного фільтра доменної печі	51
СОЛОВЕЙ П. І., ПЕРЕВАРЮХА А. М. Визначення стріли провисання теодолітом, встановленим у площині відтяжки	58
ЛОБОВ М. І., МОРОЗОВА Т. В., ВОЛОЩУК О. В. Методика розрахунку точності геодезичних робіт при зведенні складних і унікальних споруд	63
ЛУЦЬКО Т. В., КОНДРИКІНСЬКИЙ О. В., ТИЩЕНКО С. О. До питання визначення раціональних параметрів металоконструкції прогонової будови мостового крана	69
ЧЕРНИШЕВА Т. О. Використання шумозахисних конструктивних рішень для поліпшення акустичного режиму в адміністративно-офісних приміщеннях	77

Статті, що публікуються у журналі «Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури», розміщені

- в російській інформаційно-аналітичній системі – Російський індекс наукового цитування (РІНЦ)
- в електронно-бібліотечній системі IPRbooks
- в інформаційно-пошуковій системі Google Scholar.

CONTENTS

KOZHEMYAKA SERGEI, KRUPENCHENKO ANNA. Selection of Reinforced Concrete Slabs Reinforcement Technology	5
BELOV DENIS, KLESHCHEV MAKSIM. Features of Technology of Concreting by the Self-Packing Concrete of Steel Reinforce-Concrete Columns	12
YUGOV ANATOLIY, GRIGORENKO ELENA. Traverse for Mounting the Upper Blocks of the 150 m High Steel Exhaust Tower	18
MAZUR VIKTORIIA, CHAYKA MARIA, BARMOTIN ALEXANDER, PROFATILO OLEG. Aerodynamic Coefficients for Frameless Arched Coverings of Rounded Shape	23
IHNO ANNA, KRUPENCHENKO ANNA, TARAN VALENTINA. Technological Solutions for the Installation of Electric «Underfloor Heating» Systems Based on a Heating Cable	31
TARAN VALENTINA, ALEINIK DMITRII, SHAMRILYUK ANASTASIA. Ways to Reduce the Duration of the Construction of Frame-Monolithic Buildings	39
MAZUR VIKTORIIA, GOMENYUK STEPAN. Prediction of the Main Technical and Economic Indicators of Repair of Monolithic Reinforced Concrete Shells of Industrial Chimneys	45
KALMYKOVA ELENA. The Principle of Operation and Installation Technology of the Bag Filter Housing of the Blast Furnace	51
SOLOVEJ PAVEL, PEREVARJUHA ANATOLY. Determination of the Sag Boom by a Theodolite Installed in the Plane of the Drawbar	58
LOBOV MICHAIL, MOROZOVA TATYANA, VOLOSHCHUK OKSANA. Methodology for Calculating the Accuracy of Geodetic Work in the Construction of Complex and Unique Constructions	63
LUTSKO TATYANA, KONDRYKINSKY ALEXANDER, TISHCHENKO SERGEI. On the Issue of Determining the Rational Parameters of the Metal Structure of the Bridge Crane Superstructure	69
CHERNYSHEVA TAMARA. The Use of Noise-Proof Design Solutions to Improve the Acoustic Regime in Administrative and Office Premises	77

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.