

ВЕСТНИК

ДОНБАССКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ



Выпуск 2018-6(134)

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

ГОУ ВПО “Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры”

ВЕСТНИК

**Донбасской национальной академии
строительства и архитектуры**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Издается с декабря 1995 года
Выходит 8 раз в год

Выпуск 2018-6(134)

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

Макеевка 2018

ДООУ ВПО “Донбаська національна академія
будівництва і архітектури”

ВІСНИК

**Донбаської національної академії
будівництва і архітектури**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Видається з грудня 1995 року
Виходить 8 разів на рік

Випуск 2018-6(134)

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

Макіївка 2018

Основатель и издатель

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Свидетельство о регистрации средства массовой информации серия ААА № 000094

выдано 17.01.2017 г. Министерством информации ДНР

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

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

Выпускается по решению ученого совета

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Протокол № 2 от 29.10.2018 г.

Редакционный совет:

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

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

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

Редакционная коллегия:

Высоцкий С. П., д. т. н., профессор;

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

Горохов Е. В., д. т. н., профессор;

Кожемяка С. В., к. т. н., доцент;

Левин В. М., д. т. н., профессор;

Лобов М. И., д. т. н., профессор;

Мущанов В. Ф., д. т. н., профессор;

Пенчук В. А., д. т. н., профессор;

Петраков А. А., д. т. н., профессор;

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 26.11.2018

Адрес редакции и издателя

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

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Телефоны: (0622) 90-29-38; (0623) 22-20-51, (0623) 22-24-67

Тел/факс: (0623) 22-06-16, 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», 2018

Засновник і видавець

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

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

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

Випускається за рішенням Вченої ради
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»
Протокол № 2 від 29.10.2018 р.

Редакційна рада:

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

Редакційна колегія:

Висоцький С. П., д. т. н., професор;	Мушанов В. П., д. т. н., професор;
Горожанкін С. А., д. т. н., професор;	Пенчук В. О., д. т. н., професор;
Горохов Є. В., д. т. н., професор;	Петраков О. О., д. т. н., професор;
Кожемяка С. В., к. т. н., доцент;	Шалений В. Т., д. т. н., професор;
Левін В. М., д. т. н., професор;	Югов А. М., д. т. н., професор.
Лобов М. І., 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 26.11.2018

Адреса редакції і видавця

86123, ДНР, м. Макіївка, вул. Державіна, 2,
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»
Телефони: (0622) 90-29-38; (0623) 22-20-51, (0623) 22-24-67
Тел/факс: (0623) 22-06-16, 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», 2018

УДК 624.014.2:699.81

А. М. ЮГОВ, Н. Ю. МАКСИМОВ, Ю. Р. РЫБ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

УСТРОЙСТВО ПАССИВНОЙ ОГНЕЗАЩИТЫ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. В статье описано изменение прочностных и жесткостных характеристик стальных конструкций от влияния высоких температур, возникающих при пожаре, на работу стальных конструкций. Описаны различные способы огнезащитной изоляции стальных конструкций. Рассмотрены различные группы огнезащитных материалов для пассивной огнезащиты. Их физические свойства, область применения, особенности монтажа, присущие им преимущества и недостатки, их влияние на окружающую среду и здоровье человека, а также особенности эксплуатации.

Ключевые слова: стальные конструкции, огнезащитная изоляция, огнестойкость, огнезащитная эффективность, пассивная огнезащита.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Сталь представляет собой негорючий материал, однако высокие температуры, возникающие во время пожара, значительно влияют на ее прочностные и жесткостные характеристики. При повышении температуры до 250 °С прочность стали возрастает. При достижении 400 °С прочность стали возвращается к своему исходному значению. При дальнейшем повышении температуры показатели прочности и жесткости стали снижаются. Согласно ГОСТ Р 53295-2009 температура 500 °С является критической и по достижении данной температуры стальные конструкции теряют свою несущую способность при нормативной нагрузке. В связи с чем в современном строительстве существуют различные способы огнезащиты, которые применяют для повышения огнестойкости стальных конструкций.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В работе [1] Л. Н. Вахитова и К. В. Калафат рассматривают эффективность применения в качестве огнезащитной изоляции классических строительных материалов: бетона, штукатурных смесей, каменных изделий и т. д. Описаны преимущества и недостатки данного метода огнезащиты. В работе [2] авторами были рассмотрены различные способы огнезащиты строительных конструкций с использованием как классических, так и специализированных строительных материалов, их область применения, преимущества и недостатки.

СПОСОБЫ ОГНЕЗАЩИТЫ. ОГНЕЗАЩИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. ОСОБЕННОСТИ ИХ МОНТАЖА И ЭКСПЛУАТАЦИИ

Огнестойкость строительных конструкций регламентируется СНиП 21-01-97* [3] по времени (в минутах) наступления одного или нескольких предельных состояний:

R – потеря несущей способности конструкции;

E – потеря целостности конструкции в результате образования под воздействием огня сквозных трещин и отверстий;

I – потеря теплоизолирующей способности конструкции под воздействием огня.

Различают две основные группы способов огнезащиты: – активные и пассивные.

Активные способы огнезащиты предназначены для предупреждения и тушения пожара. К активным способам относятся: пожарные сигнализации, автоматические системы пожаротушения, системы дымоудаления и т. п.

Пассивные способы предназначены для повышения предела огнестойкости стальных конструкций при помощи использования как классических строительных материалов, таких как бетон и кирпич, так и специальных огнезащитных материалов. Согласно ГОСТ Р 53295-2009 основная характеристика огнезащитных материалов – это огнезащитная эффективность, которая в зависимости от времени наступления одного из предельных состояний подразделяется на 7 групп:

- 1-я группа – не менее 150 мин;
- 2-я группа – не менее 120 мин;
- 3-я группа – не менее 90 мин;
- 4-я группа – не менее 60 мин;
- 5-я группа – не менее 45 мин;
- 6-я группа – не менее 30 мин;
- 7-я группа – не менее 15 мин.

В данной работе рассматриваются пассивные способы огнезащиты стальных конструкций.

Существует несколько различных типов пассивной огнезащиты, такие как: каменные ваты, листовые и плитные облицовки и экраны, огнезащитные пасты и штукатурки, огнезащитные составы терморасширяющегося типа (краски) и т. д. Каждый из перечисленных типов огнезащиты обладает своими преимуществами и недостатками. Рассмотрим некоторые из них в отдельности.

1. Каменные ваты

Одним из распространенных материалов для огнезащитной изоляции стальных конструкций являются базальтовые ваты. Данный материал имеет сравнительно легкий вес ($\rho = 165 \text{ кг/м}^3$) и при этом обеспечивает достаточно высокую огнезащитную эффективность (рис. 1–2). Срок службы огнезащитной изоляции из минераловатных плит при эксплуатации в условиях внутри отапливаемого кондиционированного помещений составляет не более 30 лет, а срок службы при эксплуатации в условиях ограниченной атмосферы умеренного климата равен не более 20 лет.

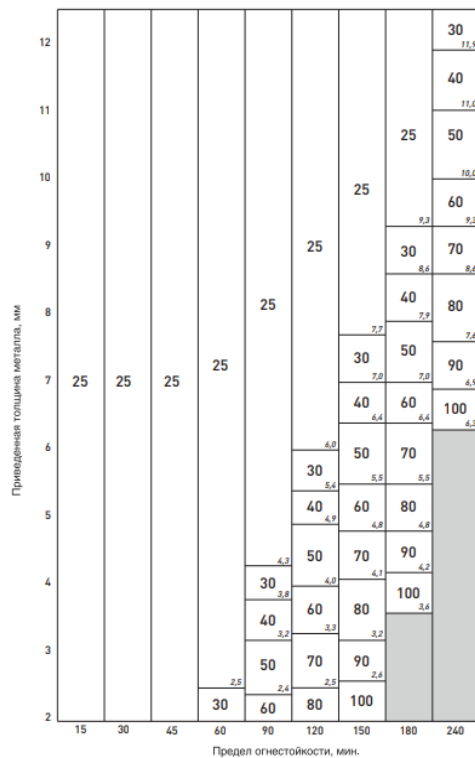


Рисунок 1 – Толщина огнезащитной изоляции ROCKWOOL в зависимости от предела огнестойкости и приведенной толщины металла.

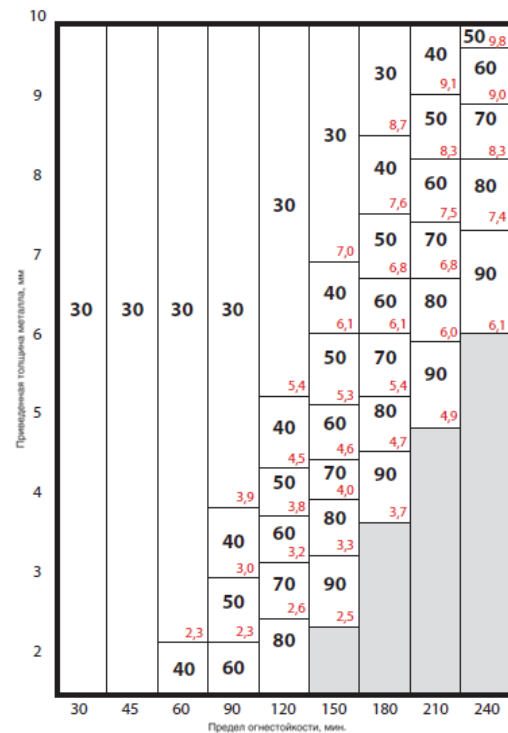


Рисунок 2 – Толщина огнезащитной изоляции ТЕХНОНИКОЛЬ в зависимости от предела огнестойкости и приведенной толщины металла.

Принцип устройства огнезащитной изоляции из минераловатных плит показана на рисунке 3.

Данный метод огнезащиты имеет ряд существенных недостатков: значительное увеличение строительного объема изолируемой конструкции; ограниченная область применения (колонны, стойки,

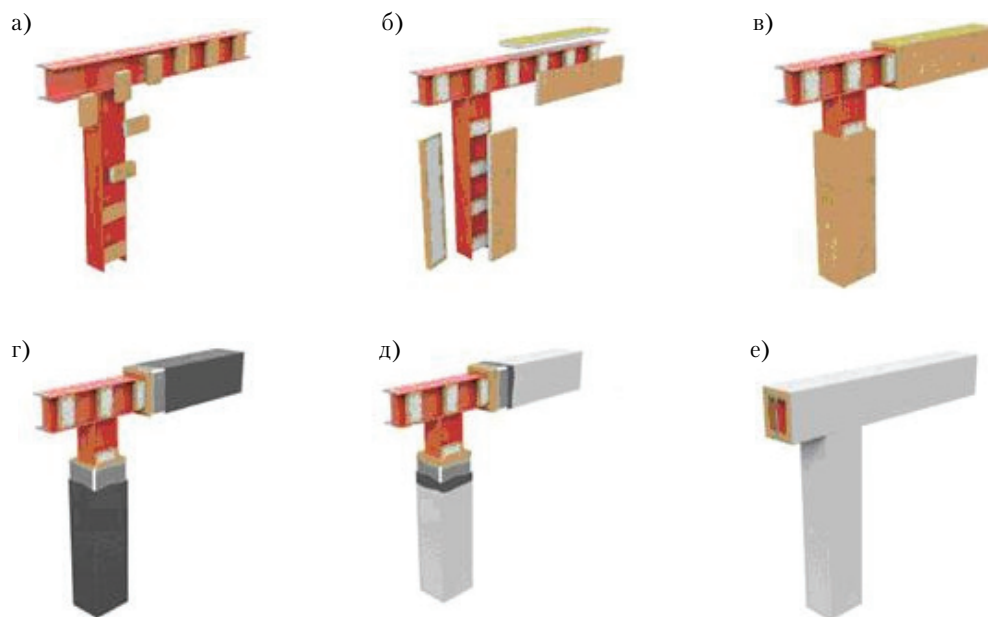


Рисунок 3 – Схема устройства огнезащитной изоляции из минераловатных плит: а) На торцы предварительно заготовленных вставок, наносится слой клея минимальной толщиной 2 мм. Вставки закрепляются в распор между полками двутавра. Максимально допустимое расстояние между вставками составляет 600 мм. После установки вставок необходимо выдержать 12 часов для высыхания клея; б) На лицевую сторону закрепленных вставок наносится клей слоем не менее 2 мм. Подготовленные части облицовки с нанесенным на них клеем фиксируются на уже смонтированные плиты при помощи гвоздей. Длина гвоздей должна быть в 2 раза больше толщины применяемого материала. Все стыки промазываются клеем; в) Подготовленная часть облицовки прикладывается со стороны полки двутавра и фиксируется при помощи гвоздей с закреплением в части облицовки. После высыхания клея гвозди удаляются либо их шляпки укрываются слоем клея; г) Подготовка армирующей шпаклевки. Нанесение армирующего слоя на поверхность плиты. Толщина слоя – 3–4 мм; д) Утапливание армирующей стеклотканевой щелочестойкой сетки в нанесенный раствор. Для достижения более высокого уровня ударной прочности все наружные углы армируются специальным профилем из ПВХ с сеткой; е) Нанесение декоративного штукатурного слоя. Окраска декоративного слоя для придания необходимого оттенка.

балки); значительные затраты времени и трудозатраты на монтаж огнезащитной изоляции и последующие отделочные работы; минераловатные плиты плохо поддаются финишной отделке из-за низкой совместимости со штукатурными составами и лакокрасочными покрытиями; при наличии искривлений поверхности, а также сложной геометрической форме поверхности (например, как у двутавра) расход огнезащитного материала существенно возрастает из-за необходимости заполнения пустот и выравнивания поверхности.

К вышеперечисленным недостаткам стоит добавить, что каменные ваты также обладают вредными свойствами. Состоящие из базальта и смол волокна при монтаже и эксплуатации частично разрушаются и в воздух выделяются незаметные глазу частицы и пары вредных веществ, которые со временем могут привести к серьезным заболеваниям.

2. Листовые и плитные облицовки и экраны

В качестве огнезащиты стальных конструкций могут использоваться различные листовые и плитные материалы, такие как гипсокартонные и гипсоволокнистые листы, асбестоцементные и перлито-фосфогелиевые плиты, плиты на основе вспученного вермикулита.

Наиболее распространенными из листовых огнезащитных материалов являются огнестойкие гипсокартонные листы. Особенности данных листов являются [7], [8]:

- размеры 1 250×2 500 мм, толщина только 12,5 мм;
- маркировка: красный или розовый внешний картон;
- один лист может выдерживать до 60 минут открытого огня, при этом не распространяя дым и горение;
- способность материала «дышать», регулируя уровень влажности в помещении;
- материал не содержит токсичных компонентов и имеет кислотность, аналогичную кислотности человеческой кожи.

Монтаж огнестойких ГКЛ также имеет свои особенности, такие как [7]:

- листы крепятся только на металлический каркас;
- используются крепежные саморезы длиной 20...25 мм.
- шаг саморезов не должен превышать 120 мм (в сравнении с обычным шагом в 250–300 мм);
- на угловых стыках конструкций из гипсокартона в обязательном порядке делают монтаж с использованием алюминиевого или стального перфорированного уголка, применять пластиковый уголок не допускается;
- при отделке рекомендуется применять финишную шпаклевку на полимерной основе.

К достоинствам данного вида огнезащиты можно отнести достаточно высокую скорость и низкую трудоемкость монтажа. Обеспечение достаточно высокой огнезащитной эффективности R60 – при толщине 12,5 мм и R120 – при монтаже ГКЛ в два слоя, экологическая безопасность материала. Достаточно длительный срок службы материала, не менее 25 лет [9].

Недостатками огнестойких ГКЛ являются: значительное увеличение объема изолируемой конструкции; ограниченная область применения (колонны, стойки, балки); перерасход материала при защите конструкций с низким уровнем требуемого предела огнестойкости (R15, R30) и высокий уровень паропроницаемости.

3. Огнезащитные пасты и штукатурки

Огнезащитная изоляция стальных конструкций может осуществляться обмазкой огнезащитными пастами и штукатурками.

Огнезащитные пасты и штукатурки отличаются от цементно-песчаных шпатлевок и штукатурных смесей тем, что их изготавливают на основе силикатного жидкого стекла, строительного гипса, глиноземистого цемента, на пуццолановых цементах и не используют портландцемент в качестве вяжущего. Это обусловлено тем, что при затвердевании штукатурной смеси портландцемент выделяет гидроксид кальция, который при возникновении пожара и повышении температуры до 550 °С разлагается, а затем влага, попадающая на конструкцию при тушении пожара, вызывает реакцию, при которой продукт гидратации в два раза увеличивается в объеме. Гашеная известь «рвёт» поверхностный штукатурный слой, образуются «дутики», трещины, которые способствуют проникновению огня внутрь конструкции [6].

Огнезащитные штукатурки наносятся на предварительно огрунтованные, обеспыленные и обезжиренные конструкции торкретированием (рис. 4–5), слоями толщиной 10...12 мм. Межслойная выдержка составляет 15–20 минут.

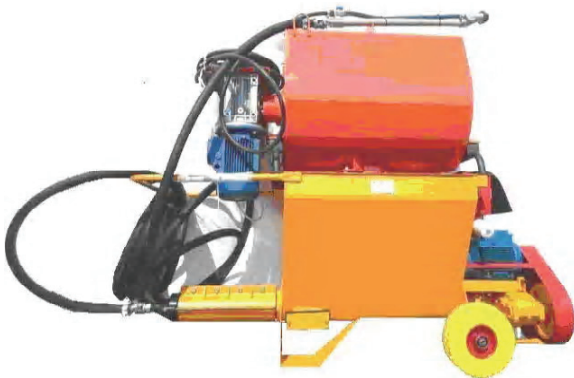


Рисунок 4 – Торкрет-машина с бункером для предварительного смешивания.



Рисунок 5 – Нанесение штукатурной смеси.

К достоинствам огнезащитных штукатурок относятся: обеспечение высокой огнезащитной эффективности, вплоть до четырех часов (при толщине слоя не более 60 мм); температурный режим эксплуатации – от –40 до +50 °С, долговечность эксплуатации – 50 лет и более.

К недостаткам данного вида огнезащиты относятся: значительное увеличение строительного объема и веса конструкций и как следствие, увеличение нагрузки на фундаменты; ограниченная область применения, составы не могут быть нанесены на конструкции сложной конфигурации (фермы, связи и т. д.); высокая трудоемкость и стоимость производства работ; потери могут составлять 10...25 %

в зависимости от вида и расположения обрабатываемой конструкции, скорости подачи состава из распылителя и квалификации персонала.

4. Огнезащитные краски

Принцип действия огнезащитных красок состоит в образовании пористого термоизолирующего слоя в результате увеличения температуры при пожаре (рис. 6). Под воздействием высоких температур краска значительно увеличивается в объеме до 10–40 раз и обеспечивает огнезащитную эффективность от R30 до R90.



Рисунок 6 – Нагрев загрунтованной грунтом ГФ-021 стальной пластины толщиной 0,8 мм, покрытой огнезащитным составом толщиной слоя 0,8 мм до 500 °С в муфельной печи.

Особенности устройства огнезащитной изоляции конструкций с помощью красок [11]: краска наносится на очищенные, обеспыленные, обезжиренные и огрунтованные конструкции методом безвоздушного распыления, кистью или валиком; при нанесении первого слоя краски толщина мокрой плёнки не должна превышать 0,3 мм; при нанесении последующих слоёв толщина мокрой плёнки не должна превышать 0,8 мм в один слой; межслойная сушка при различных методах нанесения должна составлять не менее трех часов при температуре +20 °С и относительная влажность воздуха не более 80 % (нанесение краски кистью или валиком увеличивает время высыхания на 20...25 %). Перед нанесением последующего слоя необходимо убедиться, что краска на поверхности высохла.

К достоинствам огнезащитных красок относятся: широкая область применения (фермы, балки, связи, колонны и т. д.); возможность применения в качестве финишного отделочного слоя, сохранение габаритов изолируемой конструкции; обеспечение достаточно высокой огнезащитной эффективности при малой толщине слоя.

Недостатками огнезащитных красок являются: продолжительность срока эксплуатации, не более 25 лет (гарантийный срок у большинства производителей не превышает 15 лет); также для нанесения огнезащитных красок требуется высокая квалификация рабочего персонала.

ВЫВОДЫ

На сегодняшний день существуют разнообразные активные и пассивные способы огнезащитной изоляции стальных конструкций. Каждый вид огнезащитных материалов обладает своими уникальными особенностями, преимуществами и недостатками. Поэтому выбор конкретного вида огнезащиты определяется исходя из технологических, экономических, санитарно-гигиенических и архитектурных параметров как объекта в целом, так и конструктивного элемента в частности.

В дальнейшем планируется разработать методику наиболее рационального выбора типа огнезащитной изоляции исходя из факторов огнезащитной эффективности, стоимости, долговечности, трудоемкости и т. д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вахитова, Л. Н. Конструктивная огнезащита стальных каркасов зданий. Технические рекомендации для проектирования [Текст] / Л. Н. Вахитова, К. В. Калафат. – Киев: УЦСС, НПП Интерсервис, 2015. – 67 с. – ISBN 978-617-696-371-4.
2. Способы защиты строительных конструкций от огневого воздействия [Текст] / Е. С. Недвига, К. И. Соловьева, С. С. Киселев // Молодой ученый. – 2015. – № 24. – С. 160–161.
3. СНиП 21-01-97* Строительные нормы и правила. Пожарная безопасность зданий и сооружений [Текст]. – Взамен СНиП 2.01.02-85* ; введ. 1998-01-01. – Москва : Центр проектной продукции в строительстве, 2002. – 29 с.
4. ГОСТ Р 53295-2009. Средства огнезащиты для стальных конструкций [Текст]. – Введен впервые ; введен 2010-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2009. – 11 с.
5. Антипирены и огнезащитные краски [Электронный ресурс] // Инфрахим. – [М. : б. и.]. – Электрон. дан. – Режим доступа : http://www.infracim.ru/sprav/spravochnik/srav/antipireny_i_ognezashchitnye_kraski/.
6. Огнезащитные пасты и штукатурки [Электронный ресурс] // Инфрахим. – [М. : б. и.]. – Электрон. дан. – Режим доступа : http://www.infracim.ru/sprav/spravochnik/srav/ognezashchitnye_pasty_i_shtukaturki/.
7. Характеристики и особенности применения огнестойких типов гипсокартона [Электронный ресурс] // Блог о гипсокартоне. [Б. м. : gipsokarton-blog.ru]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://gipsokarton-blog.ru/instrument-i-materialy/ognestoykiy-gipsokarton.html>.
8. Кнауф-лист, огнестойкий [Электронный ресурс] // Кнауф. – [Б. м. : ООО «КНАУФ ГИПС»]. – [2018]. – Электрон. дан. – Режим доступа : https://www.knauf.ru/catalog/find-products-and-systems/knauf-list-ognestojkij-gsp-df.html#showtab-tab_1051_2l.
9. Гипсокартон Кнауф: свойства и тонкости использования [Электронный ресурс] // Storypodskazka. – [Б. м. : Stroy-Podskazka.Ru]. – [2015–2018]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://www.stroy-podskazka.ru/otdelochnye-materialy/gipsokarton/knauf/>.
10. Огнезащитная краска [Электронный ресурс] // Goodhim. – [Б. м. : Stroy-Podskazka.Ru]. – [2015–2018]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <https://goodhim.com/ognezashchitnaya-kraska.html>.
11. Особенности нанесения огнезащитных покрытий на металлические конструкции [Электронный ресурс] // Оберег. – [Б. м. : б. и.]. – [2017]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <https://zpo-obereg.ru/articles/274/>.

Получено 12.10.2018

А. М. ЮГОВ, М. Ю. МАКСИМОВ, Ю. Р. РИБ
УЛАШТУВАННЯ ПАСИВНОГО ВОГНЕЗАХИСТУ СТАЛЕВИХ
КОНСТРУКЦІЙ
ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

Анотація. У статті описано зміну міцнісних і жорсткісних характеристик сталевих конструкцій під впливом високих температур, які виникають при пожежі, на роботу сталевих конструкцій. Описані різні способи вогнезахисної ізоляції сталевих конструкцій. Розглянуто різні групи вогнезахисних матеріалів для пасивного вогнезахисту. Їх фізичні властивості, область застосування, особливості монтажу, властиві їм переваги і недоліки, їх вплив на навколишнє середовище і здоров'я людини, а також особливості експлуатації.

Ключові слова: сталеві конструкції, вогнезахисна ізоляція, вогнестійкість, вогнезахисна ефективність, пасивний вогнезахист.

ANATOLIY YUGOV, NIKOLAY MAKSIMOV, YULIA RYB
THE DEVICE OF PASSIVE FIRE PROTECTION OF STEEL STRUCTURES
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article describes the change in the strength and stiffness characteristics of steel structures from the influence of high temperatures arising from the fire, the work of steel structures. Various methods of fire-retardant insulation of steel structures are described. Various groups of fire retardant materials for passive fire protection are considered. Their physical properties, field of application, installation features, inherent advantages and disadvantages, their impact on the environment and human health, as well as operating features.

Key words: steel structure, fire-retardant insulation, fire resistance, fire-retardant efficiency, passive fire protection.

Югов Анатолий Михайлович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование, монтаж, эксплуатация, техническая диагностика, оценка технического состояния, реконструкция, усиление и демонтаж строительных металлических конструкций, технология и организация работ при строительстве и реконструкции зданий и сооружений.

Максимов Николай Юрьевич – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: огнезащита металлических конструкций.

Рыб Юлия Романовна – магистрант, преподаватель-стажер кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: мостовые сооружения.

Югов Анатолій Михайлович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології і організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування, монтаж, експлуатація, технічна діагностика, оцінка технічного стану, реконструкція, посилення та демонтаж будівельних металевих конструкцій, технологія і організація робіт при будівництві і реконструкції будівель і споруд.

Максимов Микола Юрійович – магістрант ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вогнезахист металевих конструкцій.

Риб Юлія Романівна – магістрант, викладач-стажист кафедри металевих конструкцій і споруд ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: мостові споруди.

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: planning, editing, exploitation, technical diagnostics, estimation of the technical state, reconstruction and strengthening of build metallic constructions, technology and organization of works, is at building and reconstruction of buildings and buildings.

Maksimov Nikolay – Master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: fire protection of metal structures.

Ryb Yulia – Master's student, assistant lecturer, Metal Constructions and Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: bridge structures.

УДК 624.074.2

С. В. КОЖЕМЯКА, А. В. ШОПЯК

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА КОТЕЛЬНЫХ В МАКСИМАЛЬНО СЖАТЫЕ СРОКИ

Аннотация. В данной статье рассмотрен вопрос технологии строительства блочных котельных в максимально сжатые сроки, что позволило сделать строительство и другие временные работы более простыми и удобными. Рассматривается одно из основных отличий блочно-модульных котельных от других – это их высокая мобильность. Проведен анализ технологии строительства блочно-модульных котельных, позволяющей получить полноценную действующую котельную в максимально сжатые сроки. При технологии строительства котельных в максимально сжатые сроки уделяется внимание соответствию правилам пожарной безопасности, охраны труда и всем государственным нормам, предъявляемым к объектам данного вида, а также разработке большого количества мероприятий по инженерной защите территорий, которые требуют не только надлежащего технико-экономического обоснования, но и опыта проектировщика. Определена перспективность данной технологии строительства котельных.

Ключевые слова: блочно-модульная котельная, топливо, тепло, площадь, источник, помещение, месторождение, сырье, технологии, монтаж, мощность котельной, теплотери.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Экономическое развитие множества стран мира во многом определяется темпами научно-технического прогресса, наличием перспективных технологий и разработок. Строительство блочно-модульных котельных – это одна из перспективных технологий в максимально сжатые сроки. Строительство таких котельных – наиболее востребованная услуга на рынке отопительных систем. В проектирование и строительство котельной вводятся новые технологии, которые по максимуму упрощают монтаж и дальнейшую эксплуатацию. Несомненным достоинством является уже отработанная практически до совершенства технология изготовления данного вида сооружений. Дана высокая оценка экономической эффективности проектов утилизации шахтного метана в блочно-модульной котельной [1].

Приоритетное направление отрасли теплоснабжения – высокая экономическая эффективность, технологичность, окупаемость. Как автономный источник теплоснабжения, модульная котельная позволяет получить преимущества: компактные габаритные размеры и быстрый ввод в эксплуатацию готовой конструкции, отсутствие расходов на капитальное строительство котельной, в случае переезда использование на другом объекте, а также каскадное наращивание модулей при необходимости увеличения тепловой мощности. Одним из крупнейших производителей блочно-модульных котельных является:

Группа Компаний «РЭМЭКС» – это проектирование и производство автономных блочно-модульных котельных (БМК), а также производство дополнительного нестандартного оборудования для котельных. Подразделение ООО «Рэмэкс» изготавливает и поставяет блочно-модульные котельные полной заводской готовности, а также осуществляет строительство стационарных котельных. ГК «РЭМЭКС» предоставляет услуги по шеф-монтажу, гарантийному и сервисному обслуживанию поставленных или смонтированных котельных. БМК «Рэмэкс» производятся на базе котлоагрегатов «Турботерм» с комплектацией энергоэффективным и надёжным оборудованием лучших отечественных и зарубежных производителей.

Блочно-модульные котельные производства ГК «РЭМЭКС» успешно эксплуатируются на объектах Газпрома и Транснефти в сложных климатических и эксплуатационных условиях Крайнего Севера и Западной Сибири. В блочно-модульных котельных базовой серии применяются котлы российских и зарубежных производителей: ЗИОСАБ (Россия), РЭМЭКС (Россия), ОАО «Стройтрансгаз» (Россия), Unical (Италия), Ferroli (Италия), I.VAR (Италия), Viessmann (Германия), Buderus (Германия).

А также следующее вспомогательное оборудование: горелочные устройства «Cuenod» (Франция), насосы «DAB» (Италия), пластинчатые теплообменники «Ридан» (Россия), мембранные расширительные баки «VAREM» (Италия).

По желанию заказчика БМК могут комплектоваться основным и вспомогательным оборудованием других производителей и «РЭМЭКС-ТТ-0,5-15,0» (на базе котлов «Турботерм»).

Модульные котельные, изготавливаемые заводом «Евроформат» (г. Киев) на базе конденсационных теплогенераторов ТГа или теплогенерирующих модулей МТг, позволяют в кратчайшие сроки производить монтаж и подключение, компактны, полностью автоматизированы, экологичны и надежны в эксплуатации.

Диапазон работающих в настоящее время блочно-модульных котельных велик – это заводы, санатории, детские сады, жилой фонд и т. д.

Например:

- ЗАО «ИФАКТ», г. Иваново, фабрика по производству картона котельная мощностью 1,24 МВт;
- Елатомский приборный завод, Рязанская обл. встроенная котельная мощностью 1 260 кВт [2].

Поэтому **целью** статьи является показать эффективность технологии строительства блочно-модульных котельных в максимально сжатые сроки для Донбасса с использованием шахтного метана

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА КОТЕЛЬНЫХ

Газовые котельные на сегодняшний день – наиболее востребованный и популярный источник теплоснабжения в нашей стране. Данное оборудование широко используется в самых разных сферах и применяется для обеспечения отоплением и горячей водой различных объектов, в том числе промышленного производства, строительных площадок, административных, жилых и общественных объектов. Современные газовые котельные не имеют привязки к устаревшим коммуникациям и обеспечивают производство нужного объема недорогой тепловой энергии. Стоимость одного кВт такой энергии, полученной от газовой модульной котельной установки, оснащенной современными газовыми котлами, ниже цены одного кВт, получаемого в централизованных отопительных системах.

По показателю КПД современные газовые котельные на данный момент считаются самыми лучшими – показатель достигает 95 % и выше. Кроме того, они считаются лучшими и по качеству снабжения теплом [3].

Эксплуатация автономной газовой котельной предполагает использование природного газа – это не только экологически чистое и безопасное, но и самое доступное по стоимости топливо. При сгорании газа ущерб окружающей среде минимален, соответственно, газовые котельные в плане экологической безопасности – это наиболее приемлемое оборудование для отопления.

Модульные газовые котельные по сравнению с другими типами котельных имеют достаточно малые размеры.

Установки свободно могут перемещаться на любую территорию эксплуатации.

Проектирование и строительство котельной – это один из методов, который крайне необходим в условиях зимы. Для начала необходимо все детально проанализировать и произвести выбор вида котельной. Безусловно, главным параметром является площадь отапливаемых помещений. В зависимости от количества квадратных метров и по виду топлива необходимо выбирать котельную. Существует множество видов топлива, но имеются два основных: жидкое и твердое топливо. В зависимости от региона будет удобно выбрать тот или иной источник тепла.

Следующим пунктом необходимо определить масштабы котельной. Существуют два основных вида: стационарная и мобильная котельные. У каждого вида есть свои плюсы и минусы. В зависимости от Ваших потребностей, а также консультаций у специалистов, будет подобран необходимый, а главное оптимальный вариант. Строительство котельной по принципу модулей максимально упрощает весь процесс. Модульные (блочные) котельные установки оснащены современным оборудованием отечественных и зарубежных производителей, что в свою очередь обеспечивает высокую надежность и КПД. Немаловажным фактором является и мощность котельной. Разброс довольно велик: от 0,1 до 20 МВт. Встречаются котельные и на более высокую мощность [4].

Блочно-модульные котельные – это котельные установки полной заводской готовности, предназначенные для отопления и горячего водоснабжения объектов производственного, жилищного и социального назначения. Блочно-модульные котельные работают на природном газе, сжиженном газе и жидком топливе. Все технологическое оборудование размещено в блоках заводского изготовления. Корпус котельной установки должен быть цельнометаллическим, утепленным и пожаробезопасным.

Блочно-модульные котельные – это оптимальное устройство для отопления, горячего водоснабжения различных помещений (медицинские, учебные, спортивные учреждения, жилые дома, теплицы и т. д.), производства пара, а также организации резерва в случае пиковой нагрузки или экстренных ситуаций. Они не требуют особого ухода и обслуживания, при правильной установке являются оборудованием бесперебойной работы.

По свойственным функциональным возможностям блочно-модульные котельные можно разделить на блочно-модульные и блочные котельные.

Блочно-модульная котельная – это котельная состоящая из нескольких готовых заводских блоков модулей, монтируемых на месте в единый комплекс котельной. Блочные котельные состоят из одного модуля готового к использованию.

Материалы и комплектующие изделия для изготовления блочных котельных установок должны иметь сертификаты и другие документы об их соответствии требованиям стандартов и техническим условиям. Средний срок эксплуатации котельной – не менее 15 лет. Блочные котельные установки имеют основное преимущество, которое заключается в возможности создавать практически любые производственные мощности, а также сокращать длину теплотрасс, а это обеспечивает существенное снижение теплопотерь [5].

Цель строительных работ – это подготовка площадки для монтажа привозимого блока котельной.

Значительное сокращение сроков и средств строительных работ в случае блочной котельной достигается за счет использования ленточного фундамента. Ленточный фундамент позволяет использовать намного меньшее количество строительных материалов и проводить меньшее количество земляных работ в сравнении с фундаментом монолитным плиточным (и в конечном итоге, заметно снижает стоимость всего фундамента), не требует больших строительных работ.

Технология строительства блочных котельных позволяет получить полноценную действующую котельную в максимально сжатые сроки. Наиболее эффективно работать с компанией, осуществляющей монтаж котельных «под ключ» (проект, изготовление, транспортировка, монтаж, пуско-наладка, сдача объекта). Ориентировочные сроки постройки блочной котельной от двух месяцев.

Блочные котельные могут подразделяться по способу отпускаемого тепла (водогрейные, паровые, перегретая вода), по назначению (отопительные, технологические), по виду использованного топлива (газовые, дизельные, газодизельные, мазутные, газо-мазутные, твердотопливные). Цель у котельных всегда одна – это выработка тепла для дальнейшего его использования.

Преимущества модульной котельной на газе:

1. Широкий диапазон производительности. Производители предоставляют потребителям универсальные варианты, исходя из их потребностей.

2. Применение высококачественных материалов для сбережения тепла. Для отопительной системы в целом используются лишь профильные теплоудерживающие ресурсы, которые способствуют сохранению 75 % тепла.

3. Заводская блочная котельная идет в базовой комплектации. Монтаж такой котельной, как правило, занимает гораздо меньше времени, чем на остальные аналоги. Операция установки не требует дополнительных затрат. Отсутствует необходимость устанавливать БМК с помощью специальной техники. Завершить сборку возможно за сутки или в течение месяца, исходя из предоставленного оборудования и возможных сложностей в процессе установки.

4. Отопительная система отличается незначительным весом, что прекрасно подходит для слабого фундамента или полного его отсутствия. Главное, чтобы условная установочная площадка была без рыхлостей или впадин, и не проседала под весом блочной котельной. Необходимость в фундаменте возникает лишь в случае монтирования дымовой трубы выше 10 м. Во всех остальных случаях можно использовать стандартную песчаную насыпь, которую после можно покрыть камнями среднего размера.

5. Транспортабельность. Если котельную необходимо перевезти, достаточно отсоединить её от всех систем коммуникации и убрать все лишние системы. Если котельная представлена совокупностью блоков, необходимо их поочередное разъединение (чтобы не нарушить основную конструкцию). Подобная работа может занимать несколько дней в зависимости от сложности котельной.

6. Полная автоматизация. Нет необходимости в обслуживающем персонале. Чтобы контролировать весь процесс, установлено свыше 50 датчиков. Вся информация об их работе, передается на главный пульт, с которого производится непосредственный контроль за ситуацией. Также присутствует система внешнего оповещения, которая незамедлительно проинформирует о сбое в базовой программе.

7. При нормальной комплектации оборудования котельной и правильном подборе режимов работы устройств возможно повышение КПД такой котельной, причем себестоимость ее значительно снижается.

8. Наиболее востребованы блочные газовые котельные, работающие на природном, попутном или сжиженном газе.

Следующий по популярности класс котельных – блочные дизельные котельные, а также котельные, работающие на других видах жидкого топлива (мазут, печное топливо и т. д.).

В один большой класс по виду топлива можно объединить твердотопливные блочно-модульные котельные. К твердым видам топлива относятся: уголь, торф, дрова, щепа, топливные гранулы (пеллеты), жмых и лузга зерновых и масличных сельскохозяйственных культур.

В связи с большими размерами котловых блоков и складов топлива, как правило, твердотопливные блочно-модульные котельные выпускаются мощностью до 5...10 МВт в зависимости от вида топлива.

В классификации по видам теплоносителя наиболее популярны котельные, в которых в качестве теплоносителя используется вода с температурой до 115 °С. Следующим по популярности классом являются паровые блочные котельные. Как правило, паровые котельные применяются для производственных и технологических нужд.

Стоит отметить, что к блочным котельным можно отнести и передвижные котельные.

Передвижные котельные установки (мобильные котельные) состоят из блока, собранного на шасси прицепа или полуприцепа со смонтированным в нем основным и вспомогательным оборудованием. Котельный блок представляет собой каркас, состоящий из металлических профилей с ограждающими сэндвич-панелями, с внешней обшивкой из профнастила с полимерным покрытием (цвет уточняется при заказе) и утеплителем.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Модульная котельная – это отдельный модуль или блок модулей с комплектом необходимого технологического оборудования для теплоснабжения и горячего водоснабжения жилых, общественных и производственных помещений. Модульно-котельные установки (МКУ) обладают несомненными преимуществами.

Сравнивая модульную котельную с котельными, представленными на рынке, можно с уверенностью назвать несколько технических и потребительских характеристик, по которым модульная котельная опережает аналоги, это:

- возможность сборки на базе марок котлов;
- высокий уровень индивидуализации (учет всех индивидуальных технических требований заказчика);
- отличное качество, которое отмечают специалисты в отрасли теплооборудования;
- бесшумность работы;
- безопасность;
- умеренная цена, которая является одной из самых низких.

Для Донбасса использование блочно-модульной котельной очень актуальная тема. При подземной добыче угля в зависимости от геологических условий выделяется определенное количество метана.

Метан может образовывать с воздухом горючие или взрывоопасные смеси. По этой причине отвод и надежная дегазация данного газа являются важной составной частью горных работ угольных шахт.

Выделяемая в атмосферу метановоздушная смесь имеет различное содержание метана. Диапазон концентрации колеблется от 1 и до 100 %. С точки зрения негативного воздействия шахтный метан рассматривается в двух направлениях: метановая опасность и антропогенные выбросы.

Дана высокая оценка экономической эффективности проектов утилизации шахтного метана в блочно-модульной котельной.

Строительство блочно-модульных котельных – наиболее востребованная услуга на рынке отопительных систем. Такие котельные подходят для отопления как загородных поселков, так и промышленных

объектов. Если необходима горячая вода или перегретый пар и нет лишних денег на постройку стационарной котельной, то блочно-модульная котельная – оптимальный выбор. Строительство серийной котельной занимает не больше двух месяцев. А срок службы модульной котельной при соблюдении всех норм и правил составляет не менее 15 лет. Подводя итоги, можно выделить следующее. Блочная котельная, в сравнении с традиционными аналогами, менее затратная отопительная система. Уникальные возможности (автономность, транспортабельность и т. д.) сильно расширяет возможный функционал, выводя устройство на совершенно новый уровень и самое главное в максимально сжатые сроки, что с учетом климата Донбасса весьма важно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карякин, Е. А. Промышленное газовое оборудование [Текст] : справочник / Е. А. Карякин, П. Н. Багров, Л. К. Брук, Р. П. Гордеева ; Под общ. ред. Е. А. Карякина. – 6-е изд., перераб. и доп. – Саратов : Научно-исследовательский центр промышленного газового оборудования «Газовик», 2013. – 1280 с. – ISBN 978-5-9758-1454-8.
2. Сидельковский, Л. Н. Котельные установки промышленных предприятий [Текст] / Л. Н. Сидельковский, В. Н. Юренев (стереотипно с 1988 г). – М. : Изд-во ООО «БАСТЕТ», 2009. – 164 с.
3. Фокин, В. М. Расчет и эксплуатация теплоэнергетического оборудования котельных [Текст] / В. М. Фокин. – Волгоград : Волгоград. гос. архит.-строит. ун-т, 2004. – 125 с.
4. Бойко, Е. А. Котельные установки и парогенераторы. Конструкционные характеристики энергетических котельных агрегатов [Текст] : справочное пособие / Е. А. Бойко, Т. И. Охорзина. – Красноярск : КГТУ, 2004. – 147 с.
5. Сидельковский, Л. Н. Котельные установки промпредприятий [Текст] / Л. Н. Сидельковский. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 243 с.

Получено 11.10.2018

С. В. КОЖЕМЯКА, А. В. ШОПЯК

ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВНИЦТВА КОТЕЛЕНЬ В МАКСИМАЛЬНО СТИСЛІ ТЕРМІНИ

ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У даній статті розглянуто питання технології будівництва блокових котелень в максимально стислі терміни, що дозволило зробити будівництво та інші тимчасові роботи більш простими і зручними. Розглядається одна з основних відмінностей блочно-модульних котелень від інших – це їх висока мобільність. Проведено аналіз технології будівництва блочно-модульних котелень, що дозволяє отримати повноцінну діючу котельню в максимально стислі терміни. При технології будівництва котелень у максимально стислі терміни приділяється увага відповідності правилам пожежної безпеки, охорони праці та всім державним нормам, що пред'являються до об'єктів даного виду, а також розробці великої кількості заходів з інженерного захисту територій, які потребують не лише належного техніко-економічного обґрунтування, але і досвіду проектувальника. Визначено перспективність даної технології будівництва котелень.

Ключові слова: блочно-модульна котельня, паливо, тепло, площа, джерело, приміщення, родовище, сировина, технології, монтаж, потужність котельні, тепловтрати.

SERGEY KOZHEMYAKA, ANDREY SHOPYAK

TECHNOLOGY OF CONSTRUCTION OF BOILER ROOMS IN THE SHORTEST POSSIBLE TIME

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. This article deals with the technology of construction of block boilers in the shortest possible time, which made the construction and other temporary work easier and more convenient. One of the main differences of block-modular boiler houses from others is their high mobility. The analysis of the technology of construction of modular boiler houses, which allows you to get a full operating boiler in the shortest possible time. When the construction of boilers in the shortest possible time it is paid attention to the rules of fire safety, labor protection and state standards established for facilities of this type, as well as the development of a large number of measures on engineering protection of territories, which require not only the proper technical and economic justification, but the experience of the designer. The prospects of this technology of boiler houses construction are determined.

Key words: block-modular boiler, fuel, heat, area, source, room, field, raw materials, technology, installation, power boiler, heat loss.

Кожемяка Сергей Викторович – кандидат технических наук, доцент; профессор кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технология строительства котельных в максимально сжатые сроки.

Шопяк Андрей Владимирович – магистрант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технология строительства котельных в максимально сжатые сроки.

Кожемяка Сергей Викторович – кандидат технічних наук, доцент; професор кафедри технології і організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: технологія будівництва котелень в максимально стислі терміни.

Шопяк Андрій Володимирович – магістрант кафедри технології і організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: технологія будівництва котелень в максимально стислі терміни.

Kozhemyaka Sergey – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Professor Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: technology of construction of boiler rooms in the shortest possible time.

Shopyak Andrey – Master's student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: technology of construction of boiler rooms in the shortest possible time.

УДК 624.014: 693.977

В. В. ТАРАН, К. Э. СЕЛИЩЕВ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ВОЗВЕДЕНИЕ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ ИЗ ЛЕГКИХ СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. В статье рассмотрена технология возведения зданий из легких стальных тонкостенных конструкций. Представлены конструктивные решения возведения зданий по системе «СТАЛДОМ». Описаны особенности возведения зданий по данной технологии и последовательность возведения каркаса зданий по системе «СТАЛДОМ». Приведены достоинства и недостатки возведения малоэтажных зданий по технологии ЛСТК. Технология возведения зданий из ЛСТК позволяет сократить сроки строительства.

Ключевые слова: каркасные системы, материалоемкость, легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК), малоэтажные здания.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Одним из путей решения жилищной проблемы является активное внедрение в строительство малоэтажных (1–3 этажа) быстровозводимых, энергоэффективных каркасных домов. Для их возведения целесообразно использовать легкое строительство, сочетающее в себе скорость, экологичность, низкое энергопотребление, легкость и в то же время прочность строящихся домов. Такой подход позволит решить жилищную проблему в самые короткие сроки.

К материалам, которые широко используются в легком строительстве, прежде всего относятся стальные тонкостенные оцинкованные профили, из которых быстро, без использования тяжелых грузоподъемных механизмов, собирается каркас здания. Крепление конструктивных элементов каркаса между собой выполняется без применения электросварки, с помощью самонарезающих винтов из высокопрочной стали и антикоррозийным защитным покрытием. Сборка металлических каркасов может осуществляться как на строительной площадке, так и заводских условиях в виде легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК).

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

11–12 сентября 2009 года в Санкт-Петербурге в рамках выставки «Балтийская строительная неделя» проходила научно-практическая конференция «Легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК): история, практика, проблемы и перспективы применения на отечественном строительном рынке». Во вступительном слове один из членов президиума конференции, к. т. н., главный специалист ЦНИИПСК им. Мельникова, Эдуард Леонович Айрумян отметил, что центр изучения легких стальных тонкостенных конструкций в последние годы переместился из Москвы в Санкт-Петербург. Во многом это заслуга ГОУ «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» (СПГПУ), выступившего организатором конференции [1].

ЦЕЛИ

Основной целью статьи является анализ конструктивно-технологических решений и методов возведения малоэтажных зданий из ЛСТК с каркасно-обшивными наружными стенами.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Здания, возводимые из легких стальных тонкостенных конструкций, относят к быстромонтируемым зданиям (БМЗ). Их отличительная особенность заключается в том, что построены они по принципу быстро, качественно, доступно. Использование данного принципа в строительстве домов дает возможность заказчику такого здания знать точную стоимость строительства ещё на стадии проектной подготовки, получить готовое здание в максимально сжатые сроки, не использовать тяжелую технику при строительстве дома, строить на проблемных грунтах, в сейсмоопасных районах (сейсмостойчивость 9 баллов). При необходимости дом, построенный по данной технологии, можно разобрать и собрать в другом месте с минимальными затратами. Также технология подходит для реконструкции зданий, надстройки дополнительных этажей. Особенно это актуально в старинных районах города, где затруднено использование тяжелой техники, а ветхие здания нельзя «нагружать» тяжелыми материалами [2].

На примере технологии СТАЛДОМ рассмотрим возведение малоэтажных зданий из ЛСТК с каркасно-обшивными наружными стенами. СТАЛДОМ – это современная технология альтернативного легкосборного домостроения. В основе данной технологии строительства домов применяются легкие стальные тонкостенные конструкции. По заявлению производителя строительство дома происходит в максимально сжатые сроки: от закладки фундамента до сдачи объекта проходит от 2,5 до 3,5 месяцев в зависимости от объема работ. При производстве металлокаркаса по технологии СТАЛДОМ применяется только высококлассная сталь с высоким классом цинкования, что позволяет говорить о долговечности здания примерно в 100 лет [3].

Выбор сечений стальных профилей для обеспечения несущей способности и эксплуатационных параметров зависит от:

- высоты этажа;
- принятого шага стоек каркаса стен;
- ветровой нагрузки в районе строительства;
- нужной толщины теплоизоляции в соответствии с результатами теплотехнического расчета;
- технологических и архитектурных требований к наружным стенам, предусмотренных проектом.

Статический расчет металлического каркаса и его элементов выполняется в соответствии с действующими нормами, например, Еврокод 3 или [8], которые учитывают особенности работы холодногнутого профиля из оцинкованной стали в конструкциях зданий и сооружений.

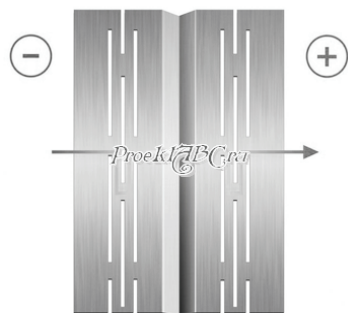


Рисунок 1 – Стальной тонкостенный перфорированный профиль со сквозными прорезями для каркаса здания.

При использовании технологии строительства ЛСТК в несущих конструкциях используются тонкостенные профили со сквозными прорезями, выполненными в шахматном порядке (рис. 1). Таким образом в конструкции значительно увеличивается путь прохождения тепловых потоков, что улучшает более чем втрое теплотехнические свойства стеновой панели, а также и её звукопоглощающие свойства. Строительство по технологии ЛСТК снижает материальные и стоимостные показатели и существенно увеличивает скорость работ.

Профили соединяются с помощью болтов или саморезов. Сварка не применяется при монтажных работах с ЛСТК.

Изготовленные точно в размер профили легко монтируются в стеновые системы, кровлю, каркасы и перекрытия.

1 кв. м каркаса из профилей весит 20–26 кг, тогда как вес 1 кв. м самого здания в среднем составляет 150 кг [4].

Стеновые панели представляют собой термopанели стандартной шириной в 150 мм. В панелях проложены тонкостенные профили с сечением от 0,7 до 1,6 мм. Кроме того, в состав панели входят листы минеральной ваты или другой теплоизоляционный материал (рис. 2) для того, чтобы защитить утеплитель от конденсата, его дополнительно защищают пароизоляционной плёнкой. Наружными отделочными материалами чаще всего служат облицовочный кирпич или сайдинг, а также каменные материалы [4].

Крыша и перекрытие дома также собираются из ЛСТК профилей.

Технологические этапы выполнения работ по возведению малоэтажных зданий из ЛСТК:

1. Подготовка площадки под фундамент. Расчистка и выравнивание территории, после чего заливается фундамент согласно требованиям проекта.

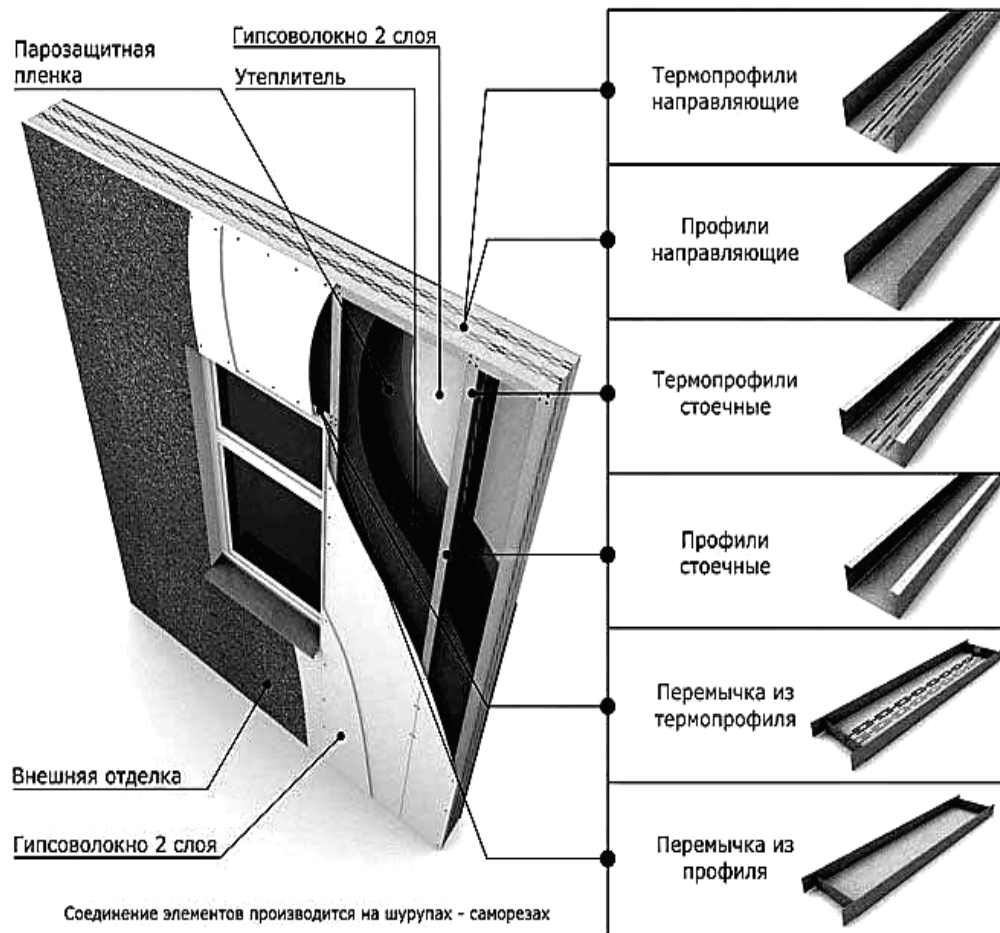


Рисунок 2 – Схема конструкции стеновой панели при возведении зданий ЛСТК.

2. Сборка и установка элементов каркаса. Выполняется соединение фрагментов профилей саморезами, разметка оконных и дверных проемов. После завершения сборки каркас отправляется на место монтажа, где закрепляется в требуемое положение. Выполнение этого этапа занимает 3–4 дня.

3. Монтаж перекрытий и стен на 2 этаже. Выполнение этого этапа занимает до 3 суток.

4. Установка внутренних коммуникаций. Инженерные сети прокладываются внутри здания в кабель-канатах и в пустотах стен. Выполнение этого этапа занимает до 3 суток.

5. Установка гидро- и ветроизоляции, теплоизоляции стен. Укладывается утеплитель. Во внешние стены монтируется гидроизоляция. Перед тем, как приступить к обшивке помещения, требуется установить внутри пароизоляцию. Происходит устранение холодных мостиков. Выполнение этого этапа занимает до 4–6 дней.

6. Установка крыши. Для монтажа крыши и установки стропил не нужна грузоподъемная техника. Выполнение этого этапа занимает 3–4 суток.

7. Монтаж дверей и окон, обшиваются стены. Выполняется 3–4 дня.

8. Внешняя отделка: штукатурка, покраска стен, отделка диким камнем и т. п. Занимает до 10 дней.

9. Внутренняя отделка. Уходит около 5–7 дней.

10. Монтаж водостоков, установка доборных элементов по кровле. Продолжительность около 3 суток [5].

К достоинствам зданий выполненных по технологии ЛСТК можно отнести:

1. Скорость строительства. Лёгкие конструкции из прочной стали позволяют построить дом в 100 кв. м за два–три месяца, одной рабочей бригадой из 4 человек.

2. Обладает достаточной прочностью (для малоэтажных зданий) и устойчивостью к негативным воздействиям внешней среды, таким как сейсмоактивность, влага, ветер.

3. Технологичность. Применение системы предполагает снижение затрат на материалы. Кроме того, технология ЛСТК требует небольшого расхода стали, что также снижает общую стоимость строительства.

4. Конструкции имеют малый вес. Это в первую очередь позволяет снизить затраты на возведение мощных фундаментов, что существенно снижает стоимость строительства. Для малоэтажных зданий, возводимых по данной технологии, достаточно лёгкого малозаглубленного фундамента. В процессе строительства нет необходимости в тяжелом подъемном оборудовании, поскольку части каркаса имеют небольшие размеры и вес. Использование строительных лесов не является обязательным, поскольку строительство ведется «послойно».

5. Конструкции выполняются на высокоточном заводском оборудовании, поэтому имеют точные размеры и очень стабильны, сохраняются практически на весь период службы здания.

6. Само строительство очень экологично, на строительной площадке отсутствует мусор, не образуются никакие технологические отбросы.

7. Из-за легкости возведения зданий из ЛСТК строительный процесс не требует большого количества строительных машин. Зачастую требуется только транспорт, который доставляет готовые профили и небольшой автокран, если возводится здание в 2 и более этажей [4].

Технология строительства с применением ЛСТК весьма перспективна, но обладает не только достоинствами, но и вполне реальными недостатками, которые должны быть заранее изучены и найдены пути их устранения:

1. При возведении зданий из ЛСТК на пучинистых грунтах зимой при продолжительных морозах каркас может деформироваться и перекашиваться из-за выталкивания грунтом лёгкой конструкции. При проектировании необходимо учитывать снеговую и ветровую нагрузки, климатические условия в регионе строительства.

2. Строительно-монтажные работы должны проводиться только специалистами высокой квалификации, строительными организациями.

3. Продукция должна быть сертифицирована. При достаточных нагрузках профили перекрытия могут пружинить под ногами, что, во-первых, вызывает негативные эмоции, а во-вторых, приводит к отслаиванию элементов внутренней отделки.

4. Металлопрофили не горят, но, к сожалению, при воздействии достаточно небольшой температуры (порядка 180 градусов) через 10 минут значительно теряют свою прочность [4].

ВЫВОД

Возведение малоэтажных (1-3 этажа) домов с легким каркасом является эффективным за счет сокращения сроков возведения, снижения энергопотребления, повышения теплоизоляционных свойств наружных стен за счет применения современных отделочных материалов. Типологический ряд жилых зданий социального типа (малой и средней этажности; индивидуальных жилых домов) содержит большое количество решений, предлагаемых как к проектированию, так и разработке технологических решений. Возникает необходимость оценки рациональности технологического процесса возведения новых индивидуальных жилых малоэтажных быстровозводимых, энергоэффективных каркасных домов.

Легкие стальные быстровозводимые композитные конструкции не требуют большого количества рабочих и больших затрат, однако следует тщательно подбирать участок для застройки и особое внимание уделить проектированию фундамента. Здания из ЛСТК являются хорошим вариантом для решения жилищного вопроса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Якубсон, В. М. Санкт-Петербург как российский центр изучения ЛСТК [Текст] / В. М. Якубсон // Инженерно-строительный журнал. – 2009. – № 6. – С. 2–3.
2. Попов, К. М. Применение цементных плит aquapanel@outdoor в малоэтажном легком каркасном строительстве [Текст] : дис... магистр. 08.04.01 / К. М. Попов. – Макеевка : [б. и.], 2017. – 176 с.
3. Технология СТАЛДОМ [Электронный ресурс] // СТАЛДОМ. – [Днепропетровск : б. и.]. – [2016]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://staldom.com.ua/technology>.
4. ЛСТК технология [Электронный ресурс] // Proekt ABC Design. – [М. : б. и.]. – [2017]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://proektabc.ru/94-tehnologiya-stroitelstva/128-shchitovoj-dom-stroitelstva/298-lstk-.html>.
5. Строительство из ЛСТК – сроки и этапы [Электронный ресурс] // Global Panel. – [М. : ПромСтрой]. – [2018]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://www.globalpanel.ru/poleznaia-informatcia/poslednie-novosti/stroitelstvo-iz-lstk-sroki-i-etapy>.

6. Основания, фундаменты и подземные сооружения [Текст] / М. И. Горбунов-Посадов, В. А. Ильичев, В. И. Крутов и др. ; Под общ. ред. Е. А. Сорочана и Ю. Г. Трофименкова. – М. : Стройиздат, 1985. – 480, с ил. – (Справочник проектировщика).
7. Наружные стены с каркасом из термопрофилей Сталдом® с наружной обшивкой из цементно-минеральных плит Аквапанель® наружная для малоэтажных зданий различного назначения [Текст] : Материалы для проектирования и рабочие чертежи узлов. КС 10.03/2008. – М. : Талдом-Профиль, 2008. – 53 с.
8. СТО 50186441-4.05.2006 Расчет и проектирование легких стальных конструкций из гнутых тонкостенных профилей [Текст] / Подготовлен ООО «Талдом-Профиль» на основе собственного перевода издания: Dokumentation 560 «Häuser in Stahl-Leicht bauweis», 7 февраля 2007 г. – М. : ООО «Талдом-Профиль», 2007. – 130 с.

Получено 08.10.2018

В. В. ТАРАН, К. Е. СЕЛИЩЕВ
ЗВЕДЕННЯ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ З ЛЕГКИХ СТАЛЕВИХ
ТОНКОСТІННИХ КОНСТРУКЦІЙ
ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У статті розглянута технологія зведення будівель з легких сталевих тонкостінних конструкцій. Представлені конструктивні рішення зведення будівель за системою «СТАЛДОМ». Описано особливості зведення будівель за даною технологією і послідовність зведення каркаса будівель за системою «СТАЛДОМ». Перелічено переваги і недоліки зведення малоповерхових будівель за технологією ЛСТК. Технологія зведення будівель з ЛСТК дозволяє скоротити терміни будівництва.

Ключові слова: каркасні системи, матеріаломісткість, сталеві тонкостінні конструкції (ЛСТК), малоповерхові будівлі.

VALENTINA TARAN, KONSTANTIN SELISHCHEV
CONSTRUCTION OF LOW-RISE BUILDINGS OF LIGHT STEEL THIN-
WALLED STRUCTURES
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. In this article it has been considered the technology of construction of buildings from light steel thin-walled structures. It has been presented constructive solutions for the construction of buildings on the system «STALDOM». It has been described features of erection buildings by this technology and the sequence of erection of the frame buildings by the system «STALDOM». It has been also given the advantages and disadvantages of the construction of low-rise buildings using LSTWS technology. The technology of construction from LSTWS allows reducing construction time.

Key words: frame systems, material consumption, light steel thin-walled structures (LSTWS), low-rise buildings.

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

Селищев Константин Эдуардович – магистрант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: изучение технологии возведения малоэтажных зданий из легких тонкостенных конструкций.

Таран Валентина Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології і організації будівництва ДОУ 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.

Селищев Костянтин Едуардович – магістрант кафедри технології і організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вивчення технології зведення малоповерхових будівель з легких тонкостінних конструкцій.

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 effectiveness of the constructive-technological solutions at erection of monolithic wireframe civil buildings, reducing energy consumption, material, labor and cost of construction products.

Selishchev Konstantin – Master's student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: study the construction technology of low-rise buildings from Self-framing metal buildings.

УДК 624.074.2

А. М. ЮГОВ, И. В. КИЛИМЕНКО

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ МОНТАЖА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО КУПОЛА

Аннотация. В данной статье приведен обзор существующих купольных покрытий, классификация методов монтажа купольных покрытий в зависимости от их конструктивной схемы. Рассмотрен вопрос о зависимости способа возведения большепролетного металлического купола от геометрической схемы его каркаса и о выборе рациональной технологии монтажа купольного покрытия, которая позволит удовлетворить технологические требования и обеспечить заданную надежность конструкции и ее оптимальную стоимость.

Ключевые слова: металлические конструкции, большепролетный металлический купол, геометрические схемы каркасов, конструктивные схемы куполов, способы возведения, монтаж купола, монтаж конструкций.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

В современном промышленном производстве часто используются технологические схемы, предполагающие размещение технологического процесса в зданиях с купольным покрытием большого диаметра. Поскольку возведение такого покрытия достаточно трудоемкий процесс, стоит вопрос о выборе рациональной технологии монтажа купольного покрытия, которая позволит удовлетворить технологические требования и одновременно обеспечить заданную надежность конструкции и ее оптимальную стоимость.

Технология монтажа купольных покрытий зависит от конструктивной схемы купольного покрытия и имеет свою область применения.

Технологические и функциональные требования обуславливают постоянное увеличение пролетов конструктивных элементов зданий и сооружений. Улучшение конструктивных решений и методов монтажа куполов во многом способствует более широкому их применению в строительстве.

Купольные покрытия в зависимости от их конструктивной схемы (купол-оболочка, ребристые, ребристо-кольцевые, сетчатые) используют различные схемы и методы монтажа – от навесного путем поэлементной сборки конструкции до монтажа укрупненными блоками, существенно снижающими сроки возведения данного сооружения.

Поэтому целью статьи является определение более эффективного метода монтажа металлического купола, который удовлетворит технологические требования.

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ КУПОЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ

Купола представляют собой конструкцию с криволинейным или многоугольным планом и имеют криволинейное очертание в вертикальной плоскости.

По конструкционным схемам они подразделяются на: ребристые купола; ребристо-кольцевые; сетчатые купола; радиально-балочные купола.

Ребристые купола

Конструкции ребристых куполов состоят из отдельных плоских или пространственных ребер в виде балок, ферм или полуарок, расположенных в радиальном направлении и связанных между собой прогонами.

Верхние пояса рёбер образуют поверхность купола (обычно сферическую). По прогонам устраивают кровлю.

В вершине для перестыковки рёбер устраивают жёсткое кольцо, работающее на сжатие. Рёбра к центральному кольцу могут крепиться шарнирно или иметь жёсткое закрепление. Пара рёбер купола, расположенных в одной диаметральной плоскости и прерванных центральным кольцом, рассматривается как единая, например арочная, конструкция (двухшарнирная, трёхшарнирная или бесшарнирная).

Ребристые купола являются распорными системами. Распор воспринимается стенами или специальным распорным кольцом в форме окружности или многогранника с жёсткими или шарнирными сопряжениями в углах.

Между рёбрами с определённым шагом укладывают кольцевые прогоны, на которые опирается кровельный настил. Прогоны, помимо своего основного назначения, обеспечивают общую устойчивость верхнего пояса ребер из плоскости, уменьшая их расчётную длину.

Для обеспечения общей жёсткости купола в плоскости прогонов устраиваются с определённым шагом скатные связи между рёбрами, а также вертикальные связи для развязки внутреннего пояса арки – между вертикальными связями устраивают распорки.

Расчётные нагрузки – собственный вес конструкции, вес оборудования и атмосферные воздействия.

Расчётными элементами купольного покрытия являются: рёбра, опорное и центральное кольцо, прогоны, скатные и вертикальные связи.

Если распор купола воспринимают распорным кольцом, то при расчёте арки кольцо может быть заменено условной затяжкой, находящейся в плоскости каждой пары полуарок (образующих плоскую арку).

Ребристо-кольцевые купола

В них прогоны с рёбрами составляют одну жёсткую пространственную систему. В этом случае кольцевые прогоны работают не только на изгиб от нагрузки на покрытие, но и от реакций промежуточных рёбер и воспринимают растягивающие или сжимающие кольцевые усилия, возникающие от распоров в месте опирания многопролётных полуарок.

Вес рёбер (арок) в таком куполе уменьшается благодаря включению в работу кольцевых прогонов как промежуточных опорных колец. Кольцевые рёбра в таком куполе работают так же, как и опорное кольцо в ребристом куполе, и при расчёте арок могут быть заменены условными затяжками.

При симметричной нагрузке расчет купола можно вести, расчленив его на плоские арки с затяжками на уровне кольцевых рёбер (прогонов).

Сетчатые купола

Если в ребристом или ребристо-кольцевом куполе увеличить связность системы, то можно получить сетчатые купола с шарнирным соединением стержней в узлах.

В сетчатых куполах между рёбрами (арками) и кольцами (кольцевыми прогонами) располагают раскосы, благодаря которым усилия распределяются по поверхности купола. Стержни в этом случае работают в основном только на осевые силы, что уменьшает вес рёбер (арок) и колец.

Стержни сетчатых куполов выполняют из замкнутых профилей (круглого, квадратного или прямоугольного сечения). Узлы соединений стержней как и в структурах или сетчатых оболочках.

Расчёт сетчатых куполов производят на ЭВМ по специально разработанным программам.

Приблизительно их рассчитывают по безмоментной теории оболочек – как сплошную осесимметричную оболочку по формулам из соответствующих расчётно-теоретических справочников.

Радиально-балочные купола

Представляют собой ребристые купола, составленные из сегментных полуферм, расположенных радиально. В центре сегментные полуфермы присоединяются к жёсткому кольцу (решётчатому или сплошнотенчатому с диафрагмами жёсткости).

В целом большепролётные купола являются пространственными стержневыми системами с многочисленными элементами, поэтому их проектирование и строительство сопряжено с решением сложных задач. К основным задачам относятся: конструирование и расчет пространственного каркаса, выбор способа и последовательности монтажа элементов каркаса. Геометрическая схема каркаса большепролётного металлического купола определяет его конструктивное решение и характер монтажа его отдельных элементов. Оба этих фактора влияют на выбор способа возведения, схемы и

последовательности монтажа конструкций. Монтаж каркасов большепролетных металлических куполов представляет собой технически сложную задачу. Это обусловлено значительными пролетами, изменяющейся высотой, множеством по-разному ориентированных в пространстве конструктивных элементов и необходимостью соединения их под разными углами. Возведение каркасов большепролетных металлических куполов выполняется самыми разными способами, из которых наибольшее распространение получили следующие:

- 1) монтаж с применением временной центральной опоры;
- 2) монтаж с применением нескольких временных опор (в центре и (или) вокруг него);
- 3) сборка или монтаж со строительных лесов или специальных временных подмостей;
- 4) установка подъемом и (или) перемещением целиком после поэлементной сборки на земле;
- 5) монтаж навесным способом поэлементно, конструкциями или укрупненными фрагментами (блоками);
- 6) комбинированный из вышеуказанных.

Первые два способа применяются в основном при монтаже каркасов ребристых и ребристо-кольцевых куполов, а также циклически симметричных сетчатых куполов. Третий и четвертый – при монтаже каркасов сетчатых куполов в случае их относительно небольших пролетов. Пятый способ применяется только для каркасов двухсетчатых высоких куполов больших пролетов. При комбинированном возведении обычно сочетают первый или второй способы с третьим. Например, при помощи временных опор устанавливают собранные на земле меридиональные конструкции каркаса, а затем с использованием подмостей монтируют остальные элементы. Возможна также сборка на земле секториальных частей купольного каркаса отдельно друг от друга с последующей их установкой на временную центральную опору. В зависимости от предполагаемого способа монтажа купольные каркасы при проектировании разбиваются на крупные пространственные части (сектора), объемные стержневые монтажные блоки (фрагменты каркаса), плоские решетчатые конструкции (ребра), отдельные элементы конструкций (фрагменты ребер или колец) и отдельные стержневые элементы каркаса. Монтаж купольных каркасов первым и вторым способами производится цельными меридиональными ребрами или их крупными частями. В качестве временной центральной опоры применяются решетчатые башни (сквозного сечения) из четырех и более ветвей, а также мачты сквозного сечения, которые поддерживаются в вертикальном положении системой оттяжек. Для промежуточных опор применяют башни и мачты сквозного сечения. В случае применения башни для временной центральной опоры она может быть использована в качестве нижней части стационарного (башенного) подъемного крана или служить опорой для поворотных стреловой или Г-образной опорной частей крана. При монтаже каркасов большепролетных металлических куполов как крупными конструкциями, так и их небольшими частями применяются подвижные башенные краны на рельсах или самоходные стреловые краны на гусеничном ходу. Высота башенного крана или длина стрелы гусеничного, как и их грузоподъемность, зависят от размеров и конструкции купольного покрытия.

С использованием временной центральной опоры возведены большепролетные купола следующих зданий:

Колизей в Шарлотте в США, построенный в 1955 г. Покрытием Колизея служит однопоясной каркас ребристо-кольцевого купола пролетом 100 м и высотой 16,4 м [3], установленный на высокие, немного наклоненные наружу колонны. В каждой ячейке купольного каркаса имеются гибкие крестовые связи, что отчасти способствует его работе по схеме Шведлера.

Московский цирк на проспекте Вернадского, построенный в 1971 г. Покрытие из складчатого двухпоясного ребристого купола (ребра-складки из наклонных ферм переменной высоты) пролетом 65 м и высотой 20,7 м, опирающегося на металлические колонны. Ко всем складчатым ребрам у опорного кольца прикреплены длинные консоли, образующие широкий контурный навес углового очертания.

Спортивно-оздоровительный комплекс «Динамо» в Москве, построенный в 2006 г. Купольное покрытие двухслойное. Верхний слой поддерживает кровельные конструкции и через систему стоек опирается на нижний. Нижний несущий слой представляет собой однопоясной ребристо-кольцевой купол пролетом 72 м и высотой 14 м, установленный на железобетонный контур. Опорным контуром служит верхний и самый большой по диаметру кольцевой ярус круглого четырехэтажного здания из железобетона.

Учебно-тренировочный центр «Фристайл» в Минске, построенный в 2015 г. Покрытие основной части здания выполнено в виде двухпоясного ребристо-кольцевого купола пролетом 90 м и высотой 24 м, опирающегося на короткие колонны. Ребра купола выполнены из плоских криволинейных ферм

серповидного очертания внизу, а между отдельными кольцами по всему контуру устроены связи. К основной части здания примыкает закрытый трамплин для фристайла с опорной башней.

С использованием нескольких временных опор возведены большепролетные купола следующих зданий:

Аквапарк «Аквасфера» в Донецке, построенный в 2012 г. Покрытием Аквасферы служит двухъярусный каркас ребристого купола пролетом 85 м и высотой 25 м, установленный на короткие колонны. Половина опирающихся на них меридиональных ребер доходят до верхнего кольца, а остальные заканчиваются в средней части купола. В верхней части покрытие оснащено четырьмя подвижными лепестками (в виде секторов по 1/8 сферы).

Стадион для бейсбола и американского футбола Астродам (Astrodome) в Хьюстоне в США, построенный в 1965 г. Покрытием Астродама служит двухъярусный каркас секториально-сетчатого купола (схема Чивитта) пролетом 196 м и высотой 28,4 м, установленный на высокие вертикальные колонны. Элементы купольного каркаса выполнены в виде ферм с параллельными поясами, которые при возведении устанавливались на временные опоры – в центре и по двум окружностям вокруг него.

Склад Серебрянского цементного завода в Рязанской области, построенный в 2013 г. Покрытие склада выполнено в виде двухъярусного купола Шведлера пролетом 102 м и высотой 33 м, установленного на короткие металлические колонны. Каркас купола характеризуется чередованием одиночных плоских и парных пространственных ребер из ферм криволинейного очертания с параллельными поясами. Между всеми ребрами по всей высоте купола установлены связи.

С использованием строительных лесов или подмостей возведены большепролетные купола следующих зданий:

Торгово-развлекательный центр Глобал Сити в Москве, построенный в 2007 г. Покрытием основной части ТРЦ служит одноярусный каркас секториально-сетчатого купола (схема Чивитта) пролетом 60 м. Купол опирается на пространственное решетчатое кольцо (четырёхугольного сквозного сечения), установленное на высокие решетчатые колонны. Сначала с использованием временной центральной опоры устанавливались собранные вместе стержни, расположенные на границах секторов купола (ребра), а остальные элементы монтировались со строительных лесов.

Концертный зал Москва-Сити, построенный в 2017 г. Покрытием зала служит ребристый купол пролетом 64 м и высотой 14 м. Решетчатые пространственные ребра опираются на верхний контур многоярусного круглого здания из железобетона и поддерживают центральную сетчатую верхушку купола. Покрытие имеет подвижную (трансформирующуюся) оболочку. Монтаж купольного каркаса выполнялся со специальных поддерживающих строительных лесов.

Сборка каркасов куполов на земле с последующим подъемом их на проектную высоту производилась при возведении следующих покрытий:

Покрытия цилиндрических резервуаров для хранения нефти в Нижнем Новгороде, построенные в 2002 г. Покрытием каждого резервуара служит одноярусный сетчатый купол пролетом 40 м и высотой 8,2 м. Каркас купола выполнен по звездчатой схеме и опирается на кольцо по верху цилиндрической стенки.

Электродепо Московской монорельсовой транспортной системы, построенное в 2004 г. Покрытием здания трансбордера электродепо служит одноярусный сетчатый купол пролетом 46 м и высотой 8 м. Каркас купола выполнен по звездчатой схеме. Для подъема полностью собранного на земле каркаса использовались лебедки, закрепленные на опорном контуре, установленном на металлические колонны.

Монтаж купольных каркасов навесным способом применялся при возведении следующих зданий и сооружений:

Американский павильон (теперь Канадский музей водных экосистем) «Биосфера» в Монреале в Канаде, построенный в 1967 г. и ставший мировой туристической достопримечательностью. Павильон запроектирован Р. Б. Фуллером как геодезический купол в виде усеченной сферы двухсетчатого вида диаметром 76 м и высотой 62 м. Внутри сферы расположены несколько зданий и сооружений.

Арена «Глобус» (Ericsson Globe Arena) в Стокгольме в Швеции, построенная в 1989 г. Покрытие арены представляет собой двухъярусный купол в виде полусферы диаметром 110 м и высотой 55 м. Каркасом купола служит стержневая система структурного типа, которая опирается на высокие, искривленные во-внутрь (под сферу) мощные металлические колонны, соединенные друг с другом кольцевыми элементами. Снаружи к куполу прикреплены меридиональные рельсы для подъема двух обзорных сферических кабин.

Приведенные примеры сооружений свидетельствуют о многообразии способов возведения построенных большепролетных купольных покрытий.

Все эти способы соответствуют представленной ранее классификации.

Из примеров видно, что огромное влияние на способ и характер возведения купола оказывает схема каркаса и его конструктивное решение, включая число поясов. Монтаж ребристых куполов существенно отличается от возведения сетчатых куполов. Определяющим фактором для сетчатых куполов при выборе способа возведения служат размеры купола – его пролет и высота. Таким образом, выполненный обзор возведенных металлических купольных покрытий зданий и сооружений больших пролетов позволяет сделать следующие **выводы**:

1. Металлический купол как конструктивная форма покрытия имеет большое распространение в практике мирового строительства зданий и сооружений различного назначения.
2. Монтаж большепролетных куполов представляет собой трудоемкий процесс, связанный с соединением друг с другом большого количества конструкций разной пространственной ориентации.
3. Способ возведения каркасов куполов во многом зависит от геометрической схемы и конструктивного решения их каркасов, от размеров пролета, от соотношения высоты и пролета.
4. При строительстве большепролетных относительно невысоких двухпоясных или высоких однопоясных куполов применяются способы возведения с временными опорами всех видов или сборка на земле с последующим перемещением в проектное положение.
5. При строительстве высоких двухпоясных большепролетных куполов, геометрически приближающихся к полусфере или более ее, предпочтение отдается навесному способу монтажа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тур, В. И. Купольные конструкции: формообразование, расчет, конструирование, повышение эффективности [Текст] / В. И. Тур. – М. : АСВ, 2004. – 96 с.
2. Зверев, А. Н. Большепролетные конструкции покрытий общественных и промышленных зданий [Текст] / А. Н. Зверев. – Л. : Санкт-петербургский государственный архитектурно строительный университет, 1998. – 142 с.
3. Каталог рекомендуемых пространственных конструкций для общественных зданий с большими пролетами [Текст] / Б. А. Миронков. – Л. : Стройиздат, Ленинград. отд-ние, 1977. – 160 с. (Гос. ком. по гражд. стр-ву и archit. при Госстрое СССР, Ленинград. зон. науч.-исслед. и проект. ин-т типов. и эксперимет. проектир. жилых и обществ. зданий. ЛенЗНИИЭП).
4. Федорцев, И. В. Технология возведения конструкций покрытия большепролетных зданий [Текст] : учебное пособие / И. В. Федорцев, Е. А. Султанова. – Уфа : Изд-во УГНТУ, 2008. – 134 с.
5. Снарский, В. И. Технология возведения большепролетных конструкций [Текст] : учебное пособие / В. И. Снарский, С. В. Снарский. – Саратов : Саратов. гос. техн. ун-т, 2009. – 167 с.
6. Технология и организация монтажа строительных конструкций [Текст] : справочник / Под ред. В. К. Черненко, В. Ф. Баранникова. – К. : Будивэльник, 1988. – 276 с.

Получено 11.10.2018

А. М. ЮГОВ, І. В. КИЛИМЕНКО

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ МОНТАЖУ МЕТАЛЕВОГО КУПОЛА
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У даній статті наведено огляд існуючих купольних покриттів, класифікація методів монтажу купольних покриттів залежно від їх конструктивної схеми. Розглядається питання про залежність способу виготовлення багатопрольного металевго купола від геометричної схеми його каркаса та вибору раціональної технології монтажу купольного покриття, яка дозволить задовольнити технологічні вимоги та забезпечити задану надійність конструкції та її оптимальну вартість.

Ключові слова: металеві конструкції, металевий купол, геометричні схеми каркасів, конструктивні схеми куполів, способи зведення, монтаж купола, монтаж конструкцій.

ANATOLIY YUGOV, IRINA KYLYMENKO
SELECTION OF RATIONAL TECHNOLOGY OF INSTALLATION OF METALLIC
COPPER

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. This article provides an overview of existing dome coatings, classification of dome cover mounting methods depending on their design scheme. The question of the dependence of the method of constructing a large-span metallic dome on the geometric scheme of its frame and on the choice of rational dome cover installation technology, which will satisfy the technological requirements and ensure the specified reliability of the structure and its optimal cost, is considered.

Key words: metal constructions, metal span metal dome, geometric schemes of skeleton, constructive schemes of domes, methods of erection, installation of a dome, installation of structures.

Югов Анатолий Михайлович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой 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.

Килименко Ирина Валерьевна – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технология и организация работ при возведении металлического купола.

Югов Анатолій Михайлович – доктор технічних наук, професор, завідувач 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.

Килименко Ірина Валеріївна – студент ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: технологія та організація робіт зі зведення металевих куполів.

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: planning, editing, exploitation, technical diagnostics, estimation of the technical state, reconstruction and strengthening of build metallic constructions, technology and organization of works, at building and reconstruction of buildings and buildings.

Kylymenko Irina – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: technology and organization of work during the erection of a metal dome.

УДК 692.232.2

В. А. МАЗУР, М. А. ЧАЙКА, А. В. МАЗУР

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО УСТРОЙСТВУ УТЕПЛЕНИЯ БЫСТРОВОЗВОДИМЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ БЕСКАРКАСНЫХ АРОЧНЫХ АНГАРОВ

Аннотация. Быстровозводимые бескаркасные ангары – современная технология строительства, позволяющая в сжатые сроки возводить объекты разного назначения. Рассмотрены существующие варианты устройства теплоизоляции бескаркасных металлических ангаров. Выявлено, что в современном строительстве выполняется внутреннее утепление (напыляемым пенополиуретаном или приклеиванием минераловатных плит) и внешнее утепление металлических бескаркасных ангаров с устройством внешнего гидроизоляционного слоя. Определены факторы, влияющие на выбор конструктивно-технологического решения по устройству теплоизоляции ангаров. К ним относятся: внутренние факторы (назначение здания, технологический процесс, условия эксплуатации), внешние (природно-климатические и территориальные факторы), конструктивные факторы (способы утепления, геометрические размеры арки, ширина вентилируемого зазора, наличие вентиляционных отверстий). Выбор оптимального утепления металлических арочных ангаров является сложной задачей, требующей дальнейших исследований в этом направлении.

Ключевые слова: бескаркасный металлический ангар, способы утепления, факторы, влияющие на технологию утепления.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Быстровозводимые бескаркасные ангары – современная технология строительства, позволяющая в сжатые сроки возводить объекты разного назначения. Кроме того, бескаркасные ангары являются достаточно мобильными, то есть их можно довольно быстро перенести на другое место или поменять их назначение. Однако существенным недостатком данных объектов является сложность выполнения их качественной теплоизоляции, так как недостаточно изучены факторы, влияющие на выбор конструктивного решения и технологии производства работ.

Целью работы является определение факторов, влияющих на выбор конструктивно-технологического решения по утеплению бескаркасных металлических арочных ангаров.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Бескаркасные арочные ангары универсальны и применимы в различных отраслях деятельности: в промышленности, в сельском хозяйстве, в качестве торговых и спортивных центров и т. п. В зависимости от назначения ангара бывают утепленные и неутепленные (холодные).

Проанализировав литературу [3, 4], выявлено, что в современном строительстве выполняется внутреннее утепление (напыляемым пенополиуретаном или приклеиванием минераловатных плит) и внешнее утепление металлических бескаркасных ангаров с устройством внешнего гидроизоляционного слоя.

При внутреннем утеплении (рис. 1) бескаркасных ангаров методом напыления пенополиуретана (ППУ) получается неветилируемая ограждающая конструкция, которая имеет неравномерную толщину утепления (из-за технологии вспенивания пенополиуретана) и специфический внешний вид. Для уменьшения паропроникания в теплоизоляционный слой необходимо выполнять дополнительный паро-, гидроизоляционный мастичный слой, что приводит к удорожанию теплоизоляционных работ. Кроме того, выполняется вынужденное утепление полостей арок, что также приводит

© В. А. Мазур, М. А. Чайка, А. В. Мазур, 2018

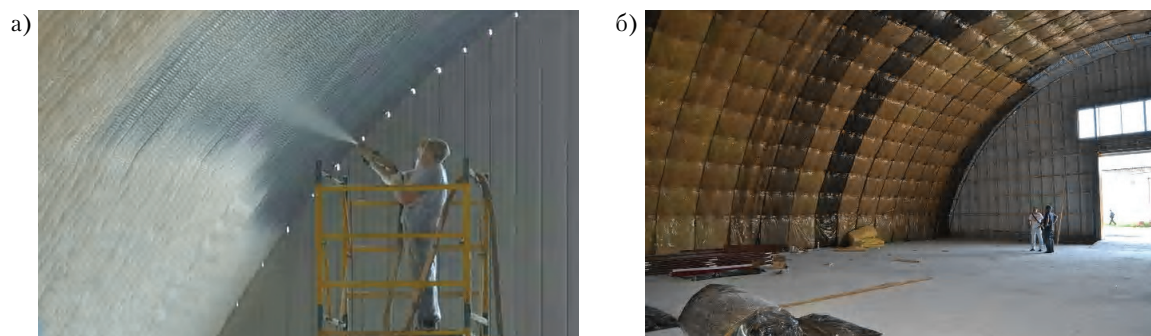


Рисунок 1 – Варианты с внутренним утеплением бескаркасных арок: а) утепление напылением пенополиуретаном; б) устройство внутреннего утепления минераловатными плитами.

к увеличению затрат и практически не влияет на теплоизоляционные характеристики ограждающих конструкций. При устройстве внутреннего утепления методом приклеивания минераловатных плит также отсутствует вентиляционный зазор, так как оставшиеся полости в арках не обеспечивают достаточной вентиляции утеплителя.

При наружном утеплении (рис. 2) проблемы с устройством вентиляционного зазора не возникает – его образование обусловлено самой технологией – методом двойной арки или методом, предусматривающим устройство гидроизоляционной оболочки с вентиляционным зазором.



Рисунок 2 – Варианты с наружным утеплением арок.

Выбор оптимального варианта утепления бескаркасных ангаров является сложной задачей, зависящей от многих факторов: внутренних, внешних и конструктивных (рис. 3). Условно их можно считать регулируемыми и нерегулируемыми, постоянными и переменными. Между собой факторы взаимосвязаны, исключение одного из факторов влечет за собой изменение методов подхода к методу утепления.

К внутренним факторам относятся: назначение объекта, технологические процессы в ангаре, и условия эксплуатации. Условно эти факторы могут считаться постоянными нерегулируемыми.

В зависимости от назначения объекта определяются технологические процессы, в нем протекающие, которые в свою очередь обуславливают условия эксплуатации объекта (влажность, температуру воздуха, необходимость создания внутренней принудительной вентиляции), формируя микроклимат помещений.

К внешним факторам относятся природно-климатические и территориальные факторы.

Внешние факторы, включающие в себя природно-климатические: ветровые воздействия, инсоляционный режим, температуру и влажность окружающей среды, атмосферные осадки, являются нерегулируемыми переменными факторами.

Воздействие ветра на здание зависит от скорости и направления ветра (по отношению к зданию), от территориальных факторов: рельефа местности, плотности застройки и объемно-планировочных решений (при увеличении высоты и пролета ангара воздействие ветра возрастает).

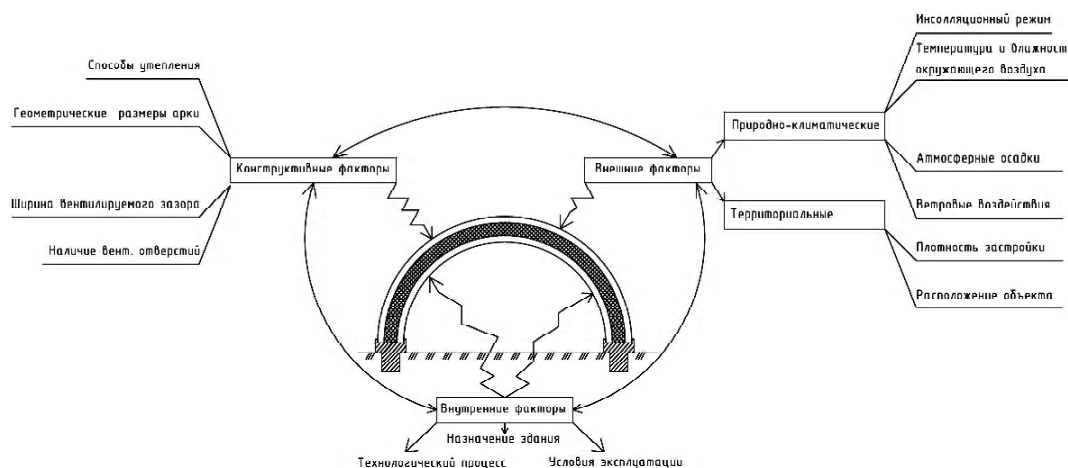


Рисунок 3 – Факторы, влияющие на конструктивно-технологические решения по утеплению ангаров.

Температурный перепад, возникающий при разности температур наружного воздуха и воздуха внутри помещения, запускает механизм движения пара в направлении от большего давления к меньшему. Вследствие передвижения пара в слои конструкций с меньшей температурой возникают условия, при которых пар достигает своего предельного насыщения и выпадает в конденсат. Длительная и интенсивная конденсация приводит к увлажнению и ухудшению теплофизических свойств теплоизоляционного материала, снижая термическое сопротивление ограждающей конструкции.

К конструктивным факторам, влияющим на технологию утепления ангаров, относят геометрические размеры арки, ширину вентиляционного зазора, наличие вентиляционных отверстий, расположение теплоизоляционного слоя. Эти факторы являются регулируемыми на стадии проектирования.

Теплофизические свойства вентилируемых зазоров и их влияние на сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций рассмотрены в работах К. Ф. Фокина, В. В. Козлова, В. Г. Гагарина и других специалистов [2, 3, 7].

Проанализировав исходные работы выявлено, что интенсивность отвода влаги и паров зависит от высоты и ширины зазора, температуры и скорости воздуха в зазоре, от площади вентиляционных отверстий создаваемых разности давлений внизу иверху фасада. Необходимо отметить, что все труды посвящены вентилируемым фасадам зданий с прямоугольной формой. Ширина зазора определяется скоростью движения воздуха в нем. Вследствие множества проведенных авторами опытов и расчетов выявлено, что оптимальной скоростью движения воздуха в вентиляционном зазоре является скорость в диапазоне 0,04...0,06 м/с. Однако геометрия арки предопределяет прохождение воздушного потока через вентиляционный зазор как криволинейное движение, представляющееся в виде совокупности движения по дугам окружности с определяющими его угловыми характеристиками. Угловая скорость воздуха пропорционально зависит от линейной скорости и радиуса. Следовательно, чем больше радиус изгиба профиля ангара, тем больше скорость движения воздушного потока в вентиляционном зазоре. Но соотношение геометрических размеров арки может предполагать изменение радиуса (например, стрельчатые арки), поэтому необходимо дополнительное изучение влияния этих параметров.

Выбор оптимального утепления металлических арочных ангаров, учитывая все факторы, является достаточно сложной задачей для создания энергоэффективного объекта на стадии проектирования, охранения ограждающих конструкций и поддержания температурно-влажностного режима на стадии эксплуатации. Поэтому необходимы дальнейшие исследования в этом направлении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.2.6-31:2006 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель [Текст]. – Замість СНиП II-3-79** ; надано чинності 2007-04-01. – К. : Мінбуд України, 2006. – 71 с.
2. Гагарин, В. Г. Расчет теплозащиты фасадов с вентилируемым воздушным зазором [Текст] / В. Г. Гагарин, В. В. Козлов, Е. Ю. Цыкановский // Журнал АВОК. – 2004. – № 2, № 3. – С. 20–26.
3. Зарубина, Л. П. Теплоизоляция зданий и сооружений. Материалы и технологии [Текст] / Л. П. Зарубина. – 2-е изд. – СПб. : БХВ-Петербург, 2012. – 416 с.

4. Мазур, В. А. Анализ конструктивно-технологических особенностей утепленных бескаркасных металлических ангаров [Текст] / В. А. Мазур, А. В. Мазур // Сборник научных трудов Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона в 2 т. Т 2 / под ред. Л. А. Скворцова. – Саратов : СГТУ, 2018. – С. 240–244.
5. Способы и особенности утепления ангаров [Электронный ресурс] // Быстровозводимое строительство. Информационный портал. – [Б. м. : б. и.]. – [2018]. – Электр. дан. – Режим доступа : <https://bvzd.ru/vopros/sposoby-i-osobennosti-utepleniya-angarov-0>.
6. Справочник по физике для поступающих в вузы [Текст] / А. И. Гаевой, Н. П. Калабухов, Л. Е. Левашова [и др.]. – К. : Наукова думка, 1986. – 358 с.
7. Фокин, К. Ф. Строительная теплофизика ограждающих частей зданий [Электронный ресурс] / Под ред. Ю. А. Табунщикова, В. Г. Гагарина. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2006. – 251 с. – ISBN 5-98267-023-5. – Режим доступа : <http://www.bibliorossica.com/book.html?currBookId=12054>.

Получено 12.10.2018

В. О. МАЗУР, М. О. ЧАЙКА, О. В. МАЗУР
ФАКТОРИ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ
РІШЕННЯ ПО УЛАШТУВАННЮ УТЕПЛЕННЯ ШВИДКОЗБІРНИХ
МЕТАЛЕВИХ БЕЗКАРКАСНИХ АРОЧНИХ АНГАРІВ
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Швидкозбірні безкаркасні ангари – сучасна технологія будівництва, що дозволяє в стислі терміни зводити об'єкти різного призначення. Розглянуто існуючі варіанти влаштування теплоізоляції безкаркасних металевих ангарів. Виявлено, що у сучасному будівництві виконується внутрішнє утеплення (напилюванням пінополіуретаном або приклеюванням мінераловатних плит) і зовнішнє утеплення металевих безкаркасних ангарів з улаштуванням зовнішнього гідроізоляційного шару. Визначено фактори, які впливають на вибір конструктивно-технологічного рішення щодо влаштування теплоізоляції ангарів. До них належать: внутрішні фактори (призначення будівлі, технологічний процес, умови експлуатації), зовнішні (природно-кліматичні та територіальні фактори), конструктивні фактори (засоби утеплення, геометричні розміри арки, ширина вентиляційного проміжку, наявність вентиляційних отворів). Вибір оптимального утеплення металевих арок ангарів є складним завданням, що вимагає подальших досліджень у цьому напрямку.

Ключові слова: безкаркасний металевий ангар, способи утеплення, фактори, які впливають на технологію утеплення.

VICTORIA MAZUR, MARIIA CHAIKA, ALEXANDER MAZUR
FACTORS AFFECTING THE DESIGN AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS
FOR INSULATION OF PREFABRICATED METAL FRAMELESS ARCH HANGARS
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Prefabricated frameless hangars-modern construction technology, allowing in a short time to build objects for different purposes. It has been considered the existing insulation metal frameless hangars. It is revealed that in modern construction internal warming (sprayed polyurethane foam or gluing mineral wool plates) and external warming of metal frameless hangars with the device of an external waterproofing layer is carried out. The factors influencing the choice of the design and technological decision on the device of thermal insulation of hangars have been determined. They are internal factors (purpose of the building, process, operating conditions), external (climatic and territorial factors), structural factors (methods of insulation, geometric dimensions of the arch, the width of the ventilated gap, the presence of ventilation holes). The choice of optimal insulation of metal arched hangars is a complex task that requires further research in this direction.

Key words: frameless metal hangar, methods of insulation, factors affecting the technology of insulation.

Мазур Вікторія Александровна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології та організації будівництва ГОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Научні інтереси: ремонт і реконструкція кровель і фасадів гражданських і промислових будівель.

Чайка Марія Александровна – магістрант кафедри технології та організації будівництва ГОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Научні інтереси: технологія улаштування теплоізоляції огорожувальних конструкцій будівель і споруд.

Мазур Александр Владимирович – инженер. Научные интересы: технология и организация строительных и ремонтно-восстановительных послемотажных работ.

Мазур Вікторія Олександрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології і організації будівництва ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: ремонт та реконструкція покрівель та фасадів цивільних і промислових будівель.

Чайка Марія Олександрівна – магістрант кафедри технології і організації будівництва ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: технологія улаштування теплоізоляції огорожуючих конструкцій будівель та споруд.

Мазур Олександр Володимирович – інженер. Наукові інтереси: технологія та організація будівельних та ремонтно-відновлювальних після монтажних робіт.

Mazur Victoria – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: repair and reconstruction of roofs and facades of civil and industrial buildings.

Chaika Mariia – Master's student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: technology of thermal insulation of enclosing structures of buildings and structures.

Mazur Alexander – an engineer. Scientific interests: technology and organization of construction and repair, post-installation work.

УДК 624.015

Н. С. НОВИКОВ, А. М. ЮГОВ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕМОНТУ И ВОССТАНОВЛЕНИЮ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. При эксплуатации зданий и сооружений, а также при их обследовании широко применяются для оценки технического состояния строительных конструкций визуальные обследования. В связи с этим возникает необходимость в установлении надежности конструкций обследуемых зданий и сооружений по внешним признакам повреждений. Своевременная оценка технического состояния и надежности зданий и сооружений позволит вовремя провести их ремонт и усиление и тем самым обеспечить их надежность при эксплуатации. В данной статье приводятся результаты обследования железобетонных конструкций здания главного корпуса агломерационного цеха ЧАО «ЕМЗ». Подробно освещен регламент по ремонту и восстановлению железобетонных конструкций со значительными повреждениями.

Ключевые слова: техническое состояние здания, обследование, железобетонные конструкции, повреждения, коррозия арматуры, защитный слой.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Оценка технического состояния зданий и сооружений, обоснование необходимости их ремонта или усиления может быть дана только на основе результатов их обследования. Задачей обследования является установление фактического качественного состояния конструкций:

- при обнаружении в конструкциях дефектов и повреждений;
- при увеличении нагрузок на конструкции;
- при проведении мероприятий по реконструкции;
- в том случае, если конструкции зданий подверглись воздействиям, не предусмотренным при проектировании (высокие и низкие температуры, пожары и другие стихийные бедствия);
- с профилактической целью, что обеспечивает поддержание конструкций в нормальном эксплуатационном состоянии.

Своевременная оценка технического состояния и надежности зданий и сооружений позволит вовремя провести их ремонт и усиление и тем самым обеспечить их надежность при эксплуатации. Однако в литературе недостаточно сведений о современных технологиях восстановления железобетонных конструкций.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Большой вклад в изучение рекомендаций по ремонту и восстановлению железобетонных конструкций внесли следующие российские исследователи: Д. Н. Лазовский, А. А. Калинин, В. И. Леде-нев, И. В. Матвеева, Е. В. Аленичева, И. В. Гиясова и др.

Исследования в области обследования, усиления и ремонта железобетонных конструкций рассмотрено в работах [1–5].

Автор Д. Н. Лазовский рассматривает вопросы оценки фактического технического состояния на основе обследования, поверочных расчетов и натурных испытаний, а также вопросы конструирования усиления строительных конструкций зданий и сооружений [1].

В работе А. А. Калинина изложены методики обследования и оценки несущей способности конструкций эксплуатируемых зданий с учетом выявленных дефектов и предложены способы усиления конструкций, повышающие надежность зданий и сооружений [2].

Авторы В. И. Леденев, И. В. Матвеева, Е. В. Аленичева, И. В. Гиясова рассматривают общие принципы обследования конструкций перед реконструкцией. В работе детально освещены проблемы восстановления и повышения несущей способности оснований и фундаментов при реконструкции и ремонте зданий [3].

Целью настоящих исследований была разработка регламента восстановления поврежденных железобетонных конструкций здания Главного корпуса агломерационного цеха ЧАО «ЕМЗ».

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

При проведении обследований особое внимание обращают на определение технического состояния конструкций и отдельных их элементов, на выявление имеющихся запасов прочности, а также установление возможности их сохранения и дальнейшего использования. При обследовании зданий целесообразно обратить внимание на наиболее уязвимые места в конструкциях, в которых чаще всего имеются дефекты.

При эксплуатации конструктивных элементов зданий и сооружений в них могут появляться дефекты и повреждения, возникать аварии и катастрофы. Дефектами называют отклонения формы, качества, размеров от установленных техническими правилами, условиями и нормами, полученные в процессе изготовления, перевозки или монтажа. Дефекты в конструкциях зданий и сооружений можно подразделить на внешние (поверхностные) и внутренние (глубинные), невидимые при визуальном осмотре; легко и трудно устранимые; на развивающиеся во времени от воздействия среды и нагрузок и на не оказывающие влияния на прочность конструкции в целом. Внешние дефекты, как правило, относятся к числу сравнительно легко поддающихся исправлению, тогда как внутренние дефекты могут потребовать выполнения специальных работ для их устранения.

Зачастую железобетонные конструкции в результате воздействия агрессивных сред находятся в аварийном состоянии. На сегодняшний день технология восстановления железобетонных конструкций требует подробного регламента по технологии их восстановления.

В 2017 г. было проведено обследование железобетонных конструкций здания Главного корпуса агломерационного цеха ЧАО «Енакиевский металлургический завод», срок эксплуатации конструкций к этому времени составил 79 лет. В результате воздействия агрессивных сред произошла карбонизация защитного слоя бетона и развились процессы коррозии арматуры. Фрагмент железобетонной конструкции с поврежденным бетоном и коррозией арматуры приведен на рисунке.



Рисунок – Фрагмент железобетонного перекрытия с поврежденным бетоном и коррозией арматуры.

Для ремонта и восстановления железобетонных конструкций разработан регламент по восстановлению целостности бетона поврежденных железобетонных конструкций методом послойного мокрого торкретирования.

По степени повреждения железобетонные конструкции разделяются на следующие группы:

I. Отслаивание защитного слоя бетона в отдельных местах с обнажением и коррозией арматуры до 15 %.

II. Обширные отслаивания защитного слоя бетона в растянутой зоне, коррозия обнаженной арматуры 15...30 %.

III. Разрушение бетона на глубину от 10 до 40 мм с обнажением и коррозией арматуры от 30 до 40 %, присутствуют обрывы хомутов.

IV. Разрушение бетона на глубину более 40 мм с обнажением и коррозией арматуры более 40 %; присутствуют обрывы стержней продольной арматуры, сцепление арматуры с бетоном нарушено.

Основные этапы ремонта железобетонных конструкций группы I и II следующие:

1. Диагностика и оценка технического состояния бетона и арматуры (определение зон и степени разрушения бетона и коррозии арматуры).

2. Расчистка поверхности железобетонных конструкций от продуктов разрушения бетона и коррозии арматуры. Очистка поврежденной поверхности механическим способом, пескоструйной или водоструйной очисткой.

3. Покрытие подготовленной поверхности составом Ceresit CD-30 с помощью кисти.

4. Восстановление отслоившегося защитного слоя бетона оштукатуриванием раствором смеси Ceresit CD-24. Толщина штукатурного слоя 15...20 мм.

5. Проведение гидрофобизации всей поверхности железобетонной конструкции путем нанесения пропиточного состава Ceresit CD-13.

Основные этапы ремонта железобетонных конструкций группы III и IV следующие:

1. Диагностика и оценка технического состояния бетона и арматуры (определение зон и степени разрушения бетона и коррозии арматуры).

2. Расчистка поверхности железобетонных конструкций от продуктов разрушения бетона и коррозии арматуры. Очистка поврежденной поверхности механическим способом, пескоструйной или водоструйной очисткой.

3. При повреждении стержней старой арматуры необходимо:

– при обнаружении арматуры с коррозией более 40 %, производится усиление путем приварки внахлест новой арматуры;

– при обнаружении обрыва арматуры производится усиление путем приварки новой арматуры, согласно проектной.

4. Прикрепление сетки к поврежденной поверхности с помощью анкеров, забиваемых в предварительно пробуренное отверстие глубиной 50...100 мм. Перед забивкой анкеров в отверстие необходимо инжектировать эпоксидный клей с прочностью на срез не менее 2 МПа (анкера вклеиваются в тело бетона).

5. Выполнение торкретирования мокрым методом. Для торкретирования использовать бетон на мелком заполнителе (фракция 1...5 мм) с добавлением стальной фибры длиной 25...30 мм диаметром 1 мм. Также рекомендуется добавить гидрофобизатор ГКЖ-11К в смесь в количестве 0,4 % от массы цемента. Перед нанесением торкретбетона поверхность плиты необходимо обильно смочить.

Все этапы ремонта железобетонных конструкций должны быть подвержены контролю качества выполнения работ.

ВЫВОДЫ

На основании выполненного обследования железобетонных конструкций здания Главного корпуса агломерационного цеха 1938 г. ЧАО «ЕМЗ» можно сделать следующие выводы:

1. Состояние несущих железобетонных конструкций здания в основном объеме классифицируются как непригодное к нормальной эксплуатации (категория III) и аварийное (категория IV).

2. Железобетонные конструкции, имеющие дефекты и повреждения, которые выявлены в процессе обследования, требуют немедленного усиления и восстановления эксплуатационных свойств. Необходимо выполнить ремонтные и восстановительные работы.

3. Разработан технологический регламент по ремонту и восстановлению железобетонных конструкций с позицией совместимости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лазовский Д. Н. Проектирование реконструкции зданий и сооружений [Текст] : учеб.-метод. комплекс в 3 ч. Ч. 2. Оценка состояния и усиление строительных конструкций / Д. Н. Лазовский. – Новополюк : ПГУ, 2008. – 336 с. – С. 27–31.

2. Калинин, А. А. Обследование, расчет и усиление зданий и сооружений [Текст] : учебное пособие / А. А. Калинин. – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – 162 с. – С. 40–50.
3. Леденев, В. И. Организация и технология ремонтно-строительных работ при реконструкции и капитальном ремонте гражданских зданий [Текст] : учеб. пособие / В. И. Леденев, И. В. Матвеева, Е. В. Аленичева, И. В. Гиясова. – Ч. 1. Общие сведения. Восстановление и усиление оснований и фундаментов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – 100 с.
4. Алексеев, С. Н. Коррозионная стойкость железобетонных конструкций в агрессивной промышленной среде [Текст] / С. Н. Алексеев, Н. К. Розенталь. – М. : Стройиздат, 1976. – 205 с.
5. Савицкий, Н. В. Теоретические основы и практические результаты разработки технологий ремонта железобетонных и каменных конструкций [Текст] / Н. В. Савицкий, А. Н. Пшинько, Н. В. Савицкий // Строительные материалы и изделия. – 2003. – № 3(17). – С. 31–33.

Получено 10.10.2018

М. С. НОВИКОВ, А. М. ЮГОВ
РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО РЕМОНТУ ТА ВІДНОВЛЕННЯ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. При експлуатації будівель та споруд, а також при їх обстеженні широко застосовуються для оцінки технічного стану будівельних конструкцій візуальні обстеження. У зв'язку з цим виникає необхідність встановлення надійності конструкцій досліджуваних будинків та споруд за зовнішніми ознаками пошкоджень. Своєчасна оцінка технічного стану і надійності будівель та споруд дозволить вчасно провести їх ремонт та підсилення і тим самим забезпечити їх надійність при експлуатації. У даній статті наводяться результати обстеження залізобетонних конструкцій будівлі головного корпусу агломераційного цеху. Докладно висвітлено регламент щодо ремонту та відновлення залізобетонних конструкцій зі значними ушкодженнями.

Ключові слова: технічний стан будівлі, обстеження, залізобетонні конструкції, пошкодження, корозія арматури, захисний шар.

NYKYTA NOVYKOV, ANATOLIY YUGOV
RECOMMENDATIONS FOR REPAIR AND RESTORATION REINFORCED
CONCRETE STRUCTURES
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. In the operation of buildings and structures, as well as during their survey, visual inspections are widely used to assess the technical condition of building structures. In connection with this, there is a need to establish the reliability of structures of surveyed buildings and structures on the basis of external signs of damage. Timely assessment of the technical condition and reliability of buildings and structures will allow them to be repaired and strengthened in time and thereby ensure their reliability during operation. This article presents the results of a survey of reinforced concrete structures of the building of the Main Building of the Sintering Plant. Details covered the rules for the repair and restoration of reinforced concrete structures with significant damage.

Key words: technical condition of the building, inspection, reinforced concrete structures, damage, corrosion of reinforcement, protective layer.

Новиков Никита Сергеевич – аспирант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: строительство в теснённых условиях, технология возведение подземных частей зданий на основе ограждения «стена в грунте», разработка грунта в котлованах.

Югов Анатолий Михайлович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: техническая диагностика, мониторинг и оценка технического состояния конструкций зданий и сооружений, технология монтажа и расчеты на монтажные состояния конструкций зданий и сооружений, реконструкция зданий и сооружений, системы управления качеством.

Новиков Микита Сергійович – аспірант кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: будівництво в обмежених умовах, технологія зведення підземних частин будівель на основі огорожі «стіна в ґрунті», розробка ґрунту в котлованах.

Югов Анатолій Михайлович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: технічна діагностика, моніторинг і оцінка технічного стану конструкцій будівель і споруд, технологія монтажу і розрахунки на монтажні стани конструкцій будівель і споруд, реконструкція будівель і споруд, системи управління якістю.

Novykov Nykyta – post-graduate student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: construction in cramped conditions, technology, the construction of underground parts of buildings on the basis of the fence «wall», the development of the soil in the pits.

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: technical diagnostics, monitoring and estimation of the technical being of constructions of buildings and buildings, technology of editing and calculations on the assembling being of constructions of buildings and buildings, reconstruction of buildings and buildings, control system by quality.

УДК 692.232.2: 536.2.022

В. А. МАЗУР, Е. И. НОВИЦКАЯ, А. В. КРУПЕНЧЕНКО

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ДЛЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ С ВНУТРЕННИМ УТЕПЛЕНИЕМ

Аннотация. Рассмотрены существующие методики теплотехнических расчетов наружных ограждающих конструкций, применяемые в России, Украине и в странах Европейского Союза. Выявлены принципиальные отличия в методиках расчета и недостаточное исследование расчетных параметров для зданий с внутренним утеплением.

Ключевые слова: ограждающие конструкции, методики теплотехнических расчетов, теплопередача, паропроницаемость.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В настоящее время в Украине и России ужесточились требования к теплотехническим показателям ограждающих конструкций. В связи с этим были увеличены нормы, предполагающие повышение тепловой защиты зданий [1, 2]. Существующие методики расчета тепловой изоляции зданий применимы исключительно для стандартных конструктивных решений стеновых конструкций с внешним теплоизоляционным слоем и сложно применимы при утеплении изнутри. Поэтому необходимо определить применимость существующих методик при устройстве внутренней теплоизоляции.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ проектной и нормативно-технической документации [3] показал, что широкое распространение получили конструктивные решения по устройству внешней теплоизоляции. А изучение последних исследований и публикаций [4, 5, 6] позволило выявить, что наиболее часто в качестве теплозащитной оболочки зданий применяют навесные вентилируемые системы, теплотехнический расчет которых основывается на методологии проектирования однослойных стен. Несмотря на большое количество исследований в данном направлении, методика расчета является неидеальной вследствие большого числа неучтенных факторов, например, отверстий в наружной облицовке (швы и щели), давления ветра на фасад, вертикальных и горизонтальных углов, вертикальных потоков и завихрений вблизи выступающих конструкций кровель и т. д.

ЦЕЛИ

Целью работы является анализ применимости существующих теплотехнических расчетов для ограждающих конструкций зданий с внутренним утеплением.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Накопление влаги в многослойных ограждающих конструкциях зданий снижает их теплозащитные свойства и оказывает негативное воздействие на ограждающие конструкции в процессе их эксплуатации. Поэтому оценка влажностного режима стеновой ограждающей конструкции является важной задачей еще на стадии проектирования зданий, когда выполняются расчеты по определению комфортных условий в помещении.

© В. А. Мазур, Е. И. Новицкая, А. В. Крупенченко, 2018

В целом теплотехнические характеристики ограждающих конструкций в России и в Украине определяются по схожей методике. На основании нормативных требований [1, 2], принятых на территории Российской Федерации и Украины, должны выполняться требования, согласно которым приведенное сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций должно быть не меньше нормируемых значений ($R_{пр} \geq R_{норм}$); температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений и др.

В стандарте Российской Федерации нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции определяют при помощи поправочного коэффициента m_p .

В отличие от нормативных требований России и Украины, согласно которых при расчете сопротивления теплопередачи в России и Украины нормируется приведенное сопротивление теплопередачи, а в странах Европейского Союза нормируется условное сопротивление теплопередачи. При выборе требуемой толщины слоя теплоизоляции по российским нормам нормируется приведенное сопротивление теплопередаче, которое учитывает и толщину слоя теплоизоляции, и теплопроводные включения, их состав и свойства. В европейских нормах толщина слоя теплоизоляции подбирается без учета состава и свойств теплопроводных включений. Тем не менее, минимальная толщина теплоизоляции ограждающих конструкций стен для европейских стран составляет 250...350 мм, а для России и Украины чаще всего толщина теплоизоляции не превышает 100...150 мм. Кроме того, отсутствие в нормативных стандартах России и Украины инновационных конструктивных решений ограждающих конструкций и применяемых строительных материалов резко ограничивает их область применения.

Прогнозирование температурно-влажностного режима ограждающих конструкций выполняется на базе европейского стандарта [9], регламентирующего последовательность расчета. Методика является стандартизированной и одинаковой для стран ЕС, а также России и Украины.

Следует отметить, что на сегодняшний день недостаточно исследованы зависимости коэффициентов теплопроводности строительных материалов от влажности как в отечественной, так и мировой практике. В основном данные теплотехнических характеристик и заявленных значений используемых материалов берутся по данным производителей материалов. Заявленные характеристики одинаковых материалов могут значительно отличаться между собой. В соответствии с европейским стандартом в качестве базовых значений по теплопроводности могут быть использованы расчетные значения, заявленные производителем, измеренные в лабораторных или натурных условиях, или табличные значения при условии, что влажность и температура изделий идентичны стандартным условиям. Во всех других случаях расчетный коэффициент теплопроводности определяется по расчету в соответствии со стандартом ISO 10456 [8].

Кроме того, по ряду положений допущены неточности, влияющие на корректность результатов расчетов. Например, так как диффузионный перенос потоков пара происходит в воздушной среде, в том числе и в воздухе, заполняющем поры материалов, то, соответственно, водяной пар не диффундирует сквозь непористые материалы, такие как сталь, алюминий, стекло, но в рекомендациях это не отражается.

По рекомендациям ученого К. Ф. Фокина [5], сформулирован лишь принцип проектирования ограждающих конструкций с учетом диффузии парообразной влаги: при проектировании теплоизоляционной оболочки здания на основе многослойной конструкции необходимо размещать с внутренней стороны конструкции слои из материалов, которые имеют более высокое сопротивление паропроницаемости. Таким образом, к внутренней поверхности располагают материалы плотные, теплопроводные и малопроницаемые, а к наружным поверхностям – пористые, малотеплопроводные и более паропроницаемые. Но взаимодействие и расположение слоев в многослойном ограждении с учетом паропроницаемости материалов требует дополнительных исследований.

На основании проведенных исследований в работе была рассмотрена двухслойная стеновая ограждающая конструкция с внутренним утеплением сэндвич-панелями (рис. 1).

Приняты следующие расчетные значения: температура внутреннего воздуха $t_v = 20^\circ\text{C}$, относительная влажность внутри помещения $\phi_v = 50\%$. Из указанных условий принят влажностный режим помещения – нормальный. Расчет выполнен для условий г. Донецка. Рассмотрены три варианта двухслойной стеновой ограждающей конструкции (рис. 2) различной толщины:

а) наружный слой из полнотелого красного кирпича толщиной – 380 мм, внутренний слой из сэндвич-панелей толщиной – 50 мм;

б) наружный слой из полнотелого красного кирпича толщиной – 380 мм, внутренний слой из сэндвич-панелей толщиной – 150 мм;

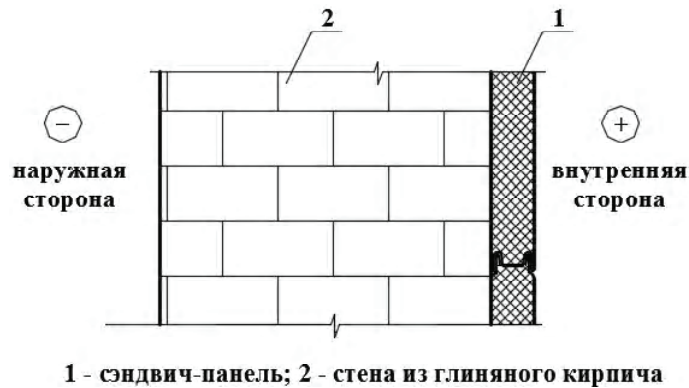


Рисунок 1 – Конструктивная схема наружной стены зданий с внутренним теплоизоляционным слоем.

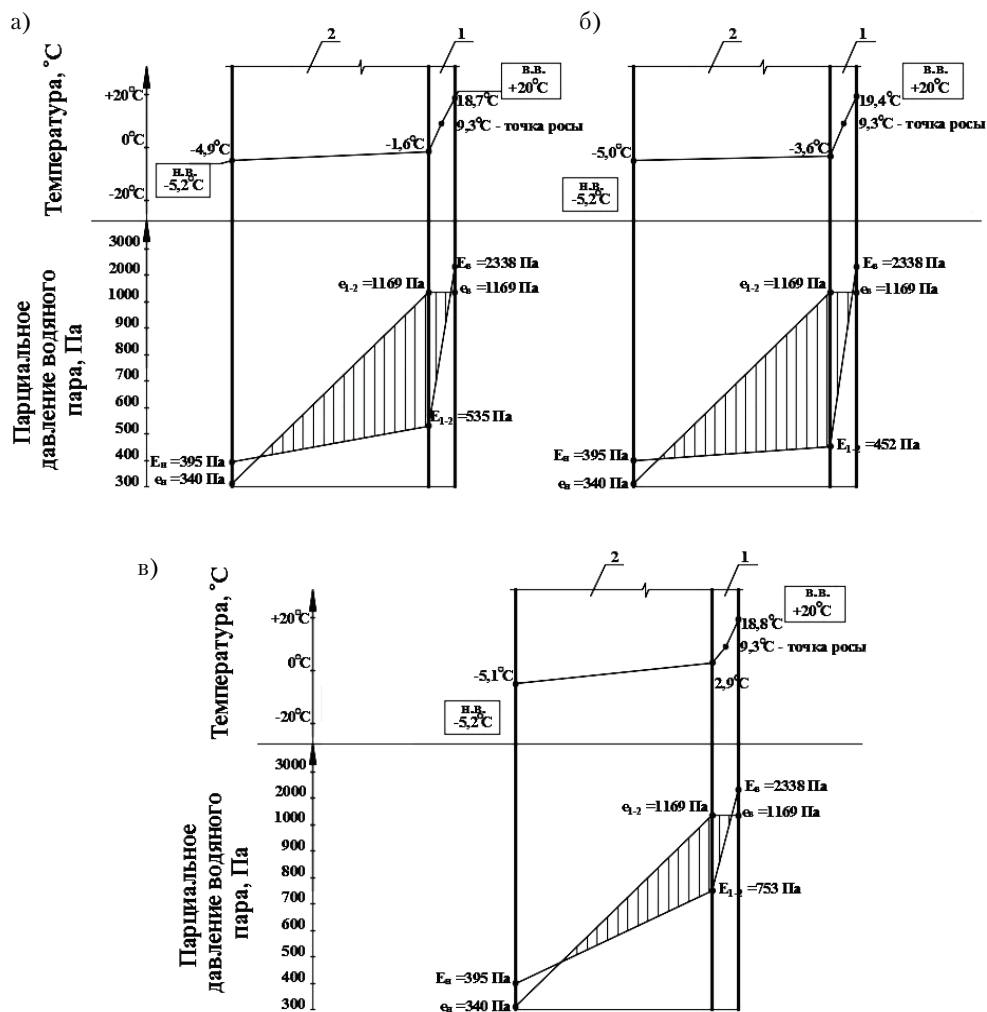


Рисунок 2 – Распределение температур действительных (е) и максимальных (Е) давлений пара по сечению ограждающей конструкции: 1 – сэндвич-панель; 2 – стена из глиняного кирпича (н. в. – наружный воздух; в. в. – внутренний воздух).

в) наружный слой из полнотелого красного кирпича толщиной – 1 000 мм, внутренний слой из сэндвич-панелей толщиной – 50 мм;

Выполненный тепловлажностный расчет конструкции по стандартной методике показал, что внутри конструкции для всех вариантов, образуется конденсат.

Результаты расчетов для трех вариантов показаны на сечении ограждающей конструкции (рис. 2 а, б, в).

Согласно выполненным теплотехническим расчетам все конструкции соответствуют нормативным требованиям, но при определении паропроницаемости возникают некоторые вопросы.

Так как линии Е и е пересекаются, то в толще конструкции, между 1 и 2 слоем, образовывается зона конденсации водяного пара. На рис. 2а и 2б показано, что при увеличении толщины слоя внутренней теплоизоляции (сэндвич-панели) температура на внутренней поверхности кирпичной стены понижается и все время находится в отрицательном диапазоне. Аналогичная тенденция наблюдается и при увеличении толщины внутреннего теплоизоляционного слоя до 500 мм и более, т. е. температура внутренней поверхности кирпичной стены понижается.

При увеличении толщины кирпичной стены (для третьего варианта) температура на ее внутренней поверхности переходит уже в положительный диапазон, но является недостаточной для выполнения условия: $E \geq e$, в результате чего, в толще конструкции на основании расчета образуется конденсация водяного пара (рис. 2 в). То есть при внутреннем утеплении стеновых ограждающих конструкции изменение толщины слоев не имеет смысла, так как заведомо при любых условиях образуется конденсат. В то же время в строительной практике имеется достаточное количество длительно эксплуатируемых конструкций, утепленных изнутри.

Кроме того, принятые в работе в качестве теплоизоляции сэндвич-панели состоят из слоя утеплителя и стальной обкладки, которая является сама по себе паронепроницаемым материалом, исключаяющим проникновение пара внутрь конструкции. То есть исключаяющим возникновение конденсата.

Поэтому можно сделать выводы о том, что существующие методики теплотехнических расчетов неприменимы в отношении стеновой ограждающей конструкции с внутренним утеплением из сэндвич-панелей.

ВЫВОДЫ

Выявленные неясности и неточности нормативных документов по оценке обеспечения нормального тепловлажностного режима ограждающих конструкций с внутренним утеплением из сэндвич-панелей указывают на необходимость продолжения исследований и дальнейшие разработки, касающиеся методики проектирования ограждающих конструкций с учетом последовательности расположения слоев многослойной конструкции и их паропроницаемости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.2.6-31:2006 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель [Текст]. – Замість СНиП II-3-79** ; надано чинності 2007-04-01. – К. : Мінбуд України, 2006. – 71 с.
2. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий [Текст]. – Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 ; введ. 2013-07-01. – М. : Минрегион России, 2012. – 95 с.
3. ДБН В.2.6-33:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації [Текст]. – Вводяться вперше ; надано чинності 2009-07-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 21 с.
4. Гагарин, В. Г. Теплозащита фасадов с вентилируемым воздушным зазором [Текст] / В. Г. Гагарин, В. В. Козлов, Е. Ю. Цыкановский // АВОК. – 2004. – № 2. – С. 20–26.
5. Фокин, К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий [Текст] / Под ред. Ю. А. Табунщикова, В. Г. Гагарина. – 5-е изд., пересмотр. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2006. – 250 с.
6. Перехоженцев, А. Г. Теоретические основы и методы расчета температурно-влажностного режима ограждающих конструкций зданий [Текст] / А. Г. Перехоженцев / Волгогр. гос. ар-хит.-строит. ун-т. – Волгоград : ВолГАСУ, 2008. – 212 с.
7. EN ISO 6946:2017 Building components and building elements. Thermal resistance and thermal transmittance. Calculation method [Text] / Supersedes EN ISO 6946:2007 ; This European Standard was approved by CEN 2017-06. – Brussels : CEN, 2017. – 40 p.
8. EN ISO 10456:2007 Building material and products. Hydrothermal properties. Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values [Text] / Supersedes BS EN ISO 10456:2000 ; This European Standard was approved by 2007. – London : [S. n.], 2007. – 25 p.
9. EN ISO 13788: 2012 Hydrothermal performance of building components and building elements. Internal surface temperature to avoid critical humidity and interstitial condensation. Calculation methods [Text] / This European Standard was approved by CEN 2012-12-01. – Brussels : CEN, 2012. – 52 p.

Получено 12.10.2018

В. О. МАЗУР, О. І. НОВИЦЬКА, Г. В. КРУПЕНЧЕНКО
АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ІСНУЮЧИХ МЕТОДИК ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ
РОЗРАХУНКІВ ДЛЯ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ З
ВНУТРІШНІМ УТЕПЛЕННЯМ

ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Анотація. Розглянуто існуючі методики теплотехнічних розрахунків зовнішніх огорожувальних конструкцій, що застосовуються в Росії, Україні і в країнах Європейського Союзу. Виявлено принципові відмінності в методиках розрахунку та недостатнє дослідження розрахункових параметрів для будівель з внутрішнім утепленням.

Ключові слова: огорожувальні конструкції, методики теплотехнічних розрахунків, теплопередача, паропроникність.

VICTORIA MAZUR, ELENA NOVITSKAYA, ANNA KRUPENCHENKO
ANALYSIS OF THE APPLICABILITY OF EXISTING METHODS OF HEAT
ENGINEERING CALCULATIONS FOR ENCLOSING STRUCTURES OF
BUILDINGS WITH INTERNAL INSULATION

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The existing methods of thermal engineering calculations of external enclosing structures used in Russia, Ukraine and in the countries of the European Union are considered. The fundamental differences in the methods of calculation and insufficient study of design parameters for buildings with internal insulation are revealed.

Key words: enclosing structures, heat engineering calculations, heat transfer, vapor permeability.

Мазур Вікторія Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: ремонт и реконструкция кровель и фасадов гражданских и промышленных зданий.

Новицкая Елена Ивановна – ассистент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: ремонт и реконструкция фасадов гражданских зданий.

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

Мазур Вікторія Олександрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології і організації будівництва ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ. Наукові інтереси: ремонт та реконструкція покрівель та фасадів цивільних і промислових будівель.

Новицька Олена Іванівна – асистент кафедри технології і організації будівництва ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ. Наукові інтереси: ремонт та реконструкція фасадів цивільних будівель.

Крупенченко Ганна Вікторівна – асистент кафедри технології і організації будівництва ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ. Наукові інтереси: реконструкція промислових і цивільних споруд.

Mazur Victoria – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: repair and reconstruction of roofs and facades of civil and industrial buildings.

Novitskaya Elena – assistant, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: repair and reconstruction of facades of civil buildings.

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

УДК 624.074.2

И. Г. ПАВЛОВА

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ПРОФИЛЕЙ СТАЛЬНЫХ ГНУТЫХ ЗАМКНУТЫХ СВАРНЫХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. Представленная статья посвящена исследованию вопросов технологии и особенностям производства гнутосварных профилей, выявлению основных преимуществ и недостатков применения данного типа конструкций. Рассмотрены и проанализированы действующие в настоящее время нормы и правила проектирования строительных конструкций из стальных гнутых замкнутых сварных профилей, выполнен анализ исследований зарубежных и отечественных ученых в области производства гнутосварных профилей для строительных металлоконструкций.

Ключевые слова: гнутосварные профили, гнутые замкнутые сварные профили, трубы стальные, строительные конструкции.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Основываясь на подробном изучении проблематики, исследование в области производства металлических конструкций позволило обратить внимание на выявление основных преимуществ и недостатков применения профилей стальных гнутых замкнутых, определить особенности технологии их производства, составить полный типологический анализ для дальнейших научно-практических исследований и постановки задач.

Одним из показателей рационального выбора формы и размеров элементов является уменьшение полезной массы, отхода материала, трудоемкости и себестоимости сварных заготовок и узлов. Указанным рекомендациям соответствуют элементы простой геометрической формы прямолинейные, цилиндрические, конические и полусферические с длинными прямыми и замкнутыми кольцевыми стыковыми и тавровыми соединениями между ними.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Заявленная статья основана на:

- результатах теоретических и экспериментальных исследований отечественных и зарубежных ученых в области производства металлических конструкций: проф. А. А. Уманского [32], С. Ф. Березовского и Ф. М. Кропылева [4], А. С. Марутяна [23], В. М. Клыкова [22], А. Р. Ржаницына [24];
- требованиях государственных стандартов:
 - ГОСТ 1050-2013 «Металлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия» [5];
 - ГОСТ 10704-91 «Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент» [6];
 - ГОСТ 10707-80 «Трубы стальные электросварные холоднодеформированные. Технические условия» [7];
 - ГОСТ 13663-86 «Трубы стальные профильные. Технические требования» [8];
 - ГОСТ 14637-89 «Прокат толстолистовой из углеродистой стали обыкновенного качества. Технические условия» [9];
 - ГОСТ 16523-97 «Прокат тонколистовой из углеродистой стали качественной и обыкновенного качества общего назначения. Технические условия» [10];

- ГОСТ 17066-94 «Прокат тонколистовой из стали повышенной прочности. Технические условия» [11];
 - ГОСТ 19281-2014 «Прокат повышенной прочности. Общие технические условия» [12];
 - ГОСТ 19903-2015 «Прокат листовой горячекатаный. Сортамент» [13];
 - ГОСТ 23118-2012 «Конструкции стальные строительные. Общие технические условия» [14];
 - ГОСТ 25577-83 «Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные. Технические условия» [15];
 - ГОСТ 27772-2015 «Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия» [16];
 - ГОСТ 30245-2012 «Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительных конструкций. Технические условия» [17];
 - ГОСТ 32931-2015 «Трубы стальные профильные для металлоконструкций. Технические условия» [18];
 - ГОСТ 8639-82 «Трубы стальные квадратные. Сортамент» [19];
 - ГОСТ Р 57351-2016 «Конструкции стальные строительные. Общие технические условия» [20];
 - требованиях технических условий:
 - ДСТУ Б В.2.6-8-95 «Будівельні конструкції. Профілі сталеві гнуті замкнуті зварні квадратні і прямокутні для будівельних конструкцій. Технічні умови» [21];
 - ТУ 1303-004-12281990-2012 «Профили стальные замкнутые сварные для элементов каркаса контейнеров-цистерн в соответствии с нормами и правилами Российского Морского Регистра Судоходства» [27];
 - ТУ 14-105-568-93 «Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные» [28];
 - ТУ 14-162-16-96 «Трубы стальные электросварные прямошовные повышенной коррозионной стойкости и хладостойкости» [29];
 - ТУ 14-162-17-96 «Трубы стальные электросварные прямошовные повышенной точности и надежности» [30];
 - ТУ 14-2Р-328-97 «Профили электросварные замкнутые стальные гнутые квадратные и прямоугольные. Технические условия» [31];
 - требованиях сводов норм и правил:
 - СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*» [25];
 - СП 53-101-98 «Изготовление и контроль качества стальных строительных конструкций» [26];
 - требованиях европейских стандартов:
 - ASTM A500/A500M «Standard Specification for Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes» [1];
 - DIN EN 10219-1 «Cold formed welded structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels. Part 1: Technical delivery conditions» [2];
 - DIN EN 10219-2 «Cold formed welded structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels. Part 2: Tolerances, dimensions and sectional properties» [3].
- Исследование построено с учетом технического регламента о нормах безопасности зданий и сооружений Украины и Российской Федерации.

ЦЕЛИ

Изучение основных особенностей технологии изготовления гнутосварных профилей, определение преимуществ и недостатков строительных конструкций данного вида профилей.

1. Технология изготовления и основные особенности производства гнутосварных профилей

Гнутосварные профили изготавливаются из стали, которая обладает высокой несущей способностью, хорошей огнестойкостью, прочностью при широком диапазоне температур, высокой пластичностью, свариваемостью и более низкой теплопроводностью по сравнению с алюминиевыми сплавами. Для стальных профилей используется высококачественная гальванизированная сталь. Так же, как и алюминиевые стальные профили, могут быть «теплыми» и «холодными».

Труба металлическая профильная изготавливается из прямошовных либо электросварных труб. Технология изготовления замкнутого профиля такова: предварительно из «штрипса» (заготовка) изготавливается круглая труба со сварным швом, затем с помощью горячего либо холодного деформирования производят трубу профильную. Форма, размер и толщина стенок профильной металлической трубы

зависят от назначения и технологии изделия. В процессе изготовления труба металлическая профильная может подвергаться термической обработке для снятия внутреннего механического напряжения.

В зависимости от конфигурации поперечного сечения труб бывают:

- о квадратные замкнутые профили;
- о прямоугольные замкнутые профили.

Размеры сторон замкнутых профилей варьируются от 50 до 400 мм. Чем больше этот показатель, тем толще стенки трубы и выше сопротивление к изгибу и скручиванию.

Чаще всего для производства гнутого металлического сварного профиля используется листовой стальной прокат в рулонах толщиной от 3 мм.

Замкнутый стальной профиль изготавливают длиной от 6 до 12 м:

- немерной длины;
- мерной длины;
- кратной мерной длины.

Металлический профиль стальной изготавливают из листового проката, поставляемого в рулонах, по [13], из стали:

- углеродистой общего назначения и низколегированной по [16] – толщиной 3 мм и более;
- углеродистой стали общего назначения толщиной от 4 мм – по [9], толщиной 3 мм – по [10];
- углеродистой качественной стали марок 10, 15, 20 по [5];
- низколегированной стали толщиной от 4 мм по [12], толщиной 3 мм – по [11].

Среди всего сортамента стальных профильных труб выделяют нержавеющие профильные трубы. Производят профильную нержавеющую трубу из особых сортов стали, которая трудно поддается коррозии. Изготовленная из такой стали профильная труба в дополнения ко всем своим качествам получает дополнительную устойчивость и надежность. Конструкции из подобного типа труб могут применяться на открытом воздухе, в условиях повышенной влажности и при этом выдерживать довольно длительное время без дополнительного внешнего защитного покрытия, определяя устойчивость и надежность каркаса. Но следует отметить, что такой сорт материала обходится значительно дороже обычной стали, а значит и производство профильных нержавеющих труб имеет большую стоимость, что влияет на цену конечного товара. Это следует учитывать при проектировании конструкции и определять целесообразность применения именно профильной трубы из нержавейки в особо ответственных узлах, к примеру в несущих опорах.

Важно учитывать, что выбор стали связан с дальнейшим применением гнутого замкнутого сварного профиля.

II. Применение гнутосварных профилей в строительстве

Этот вид строительного материала разрабатывался непосредственно для ответственных конструкций специального назначения, например купола зданий, каркасы, фермы, другие виды металлоконструкций.

Раньше стальной профиль применялся редко, так как существенным недостатком стальных профилей была коррозия, в отличие от аналогичных конструкций из алюминия. В настоящее время при изготовлении стальных профилей используется гальванизированная сталь, которая в сочетании с порошковой окраской или покраской эпоксидными красителями высокой стойкости практически сводит на нет риск появления коррозии.

Стальные профили широко применяются в качестве усиливающих элементов в алюминиевых и комбинированных системах, в то время как в облицовочных фасадах они не получили широкого распространения.

Использование замкнутых гнутосварных профилей в конструкциях позволяет возводить сооружения большого пролета, воспринимающие высокие нагрузки. Это могут быть промышленные здания и сооружения, склады, эстакады, торговые залы, выставочные павильоны, спортивные сооружения, мачты и башни, мосты, подъемники и др.

III. Преимущества и недостатки конструкций из гнутосварных профилей

Квадратные и прямоугольные гнутосварные профили обладают выгодными геометрическими характеристиками поперечного сечения. Распределение материала по периметру профиля обеспечивает высокие показатели радиусов инерции относительно площади поперечного сечения. Это позволяет эффективно использовать квадратные и прямоугольные трубы в сжатых и сжато-изогнутых стержнях. Замкнутость поперечного сечения повышает устойчивость этого вида профиля к

воздействию кручения. С точки зрения конструктивных решений форма поперечного сечения квадратных и прямоугольных труб позволяет получать очень эффективные узлы решетчатых конструкций методом приторцовки при полном отсутствии фасонки, накладок, ребер. Масса решетчатых конструкций из этих труб ниже на 20...25 %, чем у конструкций, изготовленных из горячекатаных профилей, а поверхность элементов таких конструкций на 30...40 % меньше, чем у других профилей. Это снижает стоимость антикоррозионной защиты.

Относительно малая поверхность конструкций из квадратных и прямоугольных труб существенно снижает затраты по нанесению огнезащитных покрытий, стоимость которых достаточно высока. А поскольку в подобных конструкциях практически отсутствуют щели и пазухи, в которых скапливаются пыль и грязь и развиваются процессы коррозии, такие трубы не требуют защиты от коррозии внутренней поверхности.

Достоинства применения гнутосварных замкнутых профилей в строительстве:

- высокая прочность и эргономичность;
- минимальное количество сварных швов и возможность качественного их исполнения и контроля;
- возможность сварки встык под любым углом;
- снижение общей массы конструкции на 25...30 %, что является совершенно значительным показателем, применительно к строительству, т. к. уменьшаются затраты не только непосредственно на металл, но и на размер фундамента (экономия средств на устройство фундамента составляет порядка до 10 % от всей стоимости сооружения. При возведении башенных, мачтовых, антенных сооружений с применением гнутосварных профилей за счет снижения «парусности» обеспечивается экономия средств на устройство фундамента до 50 %);
- высокая стойкость к механическим нагрузкам за счёт наличия угловых рёбер жёсткости;
- уменьшение ветровой нагрузки;
- возможность изготовления метало-бетонных конструкций путем заполнения бетоном внутренней полости трубчатых элементов для повышения несущей способности сжатых элементов;
- преимущества при нанесении противопожарных, антикоррозионных и других покрытий, т. к. площадь поверхности конструкций из гнутосварных профилей на 30...40 % меньше площади подобных объектов, сооружённых с применением других видов металлопроката, что значительно снижает очень высокие затраты;
- отсутствие трещин, пазух и щелей, что дает возможность делать санитарную обработку и дезинфекцию качественно, содержать объект в чистоте, соблюдая требования и нормы санитарии и гигиены;
- сокращение времени монтажных работ, что позволяет намного быстрее вводить в эксплуатацию объекты, ускорить окупаемость вложенных средств и экономить на затратах труда;
- минимальное количество деталей в конструкции;
- высокая эстетичность и архитектурная выразительность таких конструкций, что позволяет находить при строительстве нестандартные решения для архитекторов и дизайнеров, причем для этого не требуются дорогостоящие решения;
- увеличение освещенности до 20 % в сравнении конструкциями из других видов металлопроката в сооружениях с арочными сводами и ребристыми куполами с применением светопрозрачных покрытий. Это объясняется отсутствием дополнительных поверхностей в угловых соединениях и позволяет обеспечить экономию затрат на освещение помещений, также приносит дополнительные эстетические преимущества;
- оптимальное применение при совершении логистических операций (транспортировка, погрузка-разгрузка, складирование), в связи с их уменьшенным весом по сравнению с таким же объемом металлопроката.

Но, при всех очевидных плюсах, такие профили, как и любые изделия из металла, подвержены коррозии. Соответственно, это приводит к ухудшению или нарушению эксплуатационных свойств. Для решения указанной проблемы, на сегодняшний день производители налаживают производство оцинкованных профильных труб. Если в недалеком прошлом оцинкованные трубы применялись в основном для систем водогазоснабжения, то сегодняшние технологии позволяют производить оцинкованные профильные трубы для применения практически во всех областях деятельности человека. Данная технология цинкования увеличивает срок службы конструкций из металлического профиля в разы [3].

ВЫВОДЫ

Анализ научных данных позволил определить, что профили стальные гнутосварные замкнутые – это современный и востребованный строительный материал. Он используется в качестве основы строительных конструкций, начиная от зданий и заканчивая ограждениями, детскими площадками, столбами для фонарей. Размеры сторон замкнутых профилей варьируются от 50 до 400 мм. Чаще всего для производства гнутого металлического сварного профиля используется листовой стальной прокат в рулонах толщиной от 3 мм.

В дальнейших исследованиях предполагается вычислить коэффициент надежности гнутосварных профилей различных производителей по результатам измерения линейных размеров их сторон и толщин для изучения эффективности, обнаружить возможные нарушения в технологии производства данного вида конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ASTM A500/A500M Standard Specification for Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes [Text] / This European Standard was approved by CEN 2010-09-10. – United States : West Conshohocken, 2010. – 6 p.
2. DIN EN 10219-1 Cold formed welded structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels [Text]. Part 1: Technical delivery conditions (ДСТУ EN 10219-1:2009 «Профили полые сварные холодного формирования из нелегированных и мелкозернистых сталей для конструкций. Часть 1. Технические условия поставки (EN 10219-1:2006, IDT)») / It supersedes BS EN 10219-1:1997 which is withdrawn ; This European Standard was approved by CEN on 16 March 2006. – London : BSI, 2006. – 70 p.
3. DIN EN 10219-2 Cold formed welded structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels [Текст]. Part 2: Tolerances, dimensions and sectional properties (ДСТУ EN 10219-2:2009 «Профили полые сварные холодного формирования из нелегированных и мелкозернистых сталей для конструкций. Часть 2. Размеры, предельные отклонения и характеристики (EN 10219-2:2006, IDT)») / It supersedes BS EN 10219-2:1997 which is withdrawn ; This European Standard was approved by CEN on 31 May 2006. – London : BSI, 2006. – 40 p.
4. Березовский, С. Ф. Производство гнутых профилей [Текст] / С. Ф. Березовский, Ф. М. Кропылев. – М. : Металлургия, 1978. – 152 с.
5. ГОСТ 1050-2013 Металлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 1050-88 и ГОСТ 4543-71 в части стали марок 15Г, 20Г, 25Г, 30Г, 35Г, 40Г, 45Г, 50Г, 10Г2, 30Г2, 35Г2, 40Г2, 45Г2, 50Г2 ; введ. 2015-01-01 / ФГУП «ЦНИИЧермет им. И. П. Бардина». – М. : Стандартинформ, 2014. – 35 с.
6. ГОСТ 10704-91 Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент [Текст]. – Взамен ГОСТ 10704-76 ; введ. 1993-01-01 / Минчермет СССР. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1997. – 15 с.
7. ГОСТ 10707-80 Трубы стальные электросварные холоднодеформированные. Технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 10707-73 ; введ. 1982-01-01 / Минчермет СССР. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1982. – 12 с.
8. ГОСТ 13663-86* Трубы стальные профильные. Технические требования [Текст]. – Взамен ГОСТ 13663-68 ; введ. 1988-01-01 / Минчермет СССР. – М. : Стандартинформ, 2010. – 39 с.
9. ГОСТ 14637-89 Прокат толстолистовой из углеродистой стали обыкновенного качества. Технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 14637-79, ГОСТ 380-71 в части требований к толстолистовому прокату ; введ. 1991-01-01 / Минчермет СССР. – М. : Стандартинформ, 2009. – 17 с.
10. ГОСТ 16523-97 Прокат тонколистовой из углеродистой стали качественной и обыкновенного качества общего назначения. Технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 16523-97 ; введ. 2000-01-01. – М. : Стандартинформ, 2008. – 14 с.
11. ГОСТ 17066-94 Прокат тонколистовой из стали повышенной прочности. Технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 17066-80 ; введ. 1997-01-01. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2003. – 9 с.
12. ГОСТ 19281-2014. Прокат повышенной прочности. Общие технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 19281-89 ; введ. 2015-01-01. – М. : Стандартинформ, 2015. – 47 с.
13. ГОСТ 19903-2015 Прокат листовой горячекатаный. Сортамент [Текст]. – Взамен ГОСТ 19903-74 ; введ. 2016-09-01. – М. : Стандартинформ, 2016. – 12 с.
14. ГОСТ 23118-2012 Конструкции стальные строительные. Общие технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 23118-99: Общие технические условия ИУС 10-2013 ; введ. 2013-07-01. – М. : Стандартинформ, 2013. – 26 с.
15. ГОСТ 25577-83. Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные. Технические условия [Текст]. – Введ. 1984-01-01. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1990. – 6 с.
16. ГОСТ 27772-2015 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 27772-88 ; введ. 2015-09-01. – М. : Стандартинформ, 2016. – 17 с.
17. ГОСТ 30245-2012 Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительных конструкций. Технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 30245-2003 ; введ. 2017-01-01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 37 с.
18. ГОСТ 32931-2015 Трубы стальные профильные для металлоконструкций. Технические условия [Текст]. – Введ. 2016-09-01. – М. : Стандартинформ, 2016. – 77 с.

19. ГОСТ 8639-82 Трубы стальные квадратные. Сортамент [Текст]. – Взамен ГОСТ 8639-68 ; введ. 1983-01-01. – М. : Стандартинформ, 2006. – 78 с.
20. ГОСТ Р 57351-2016 Конструкции стальные строительные. Общие технические условия [Текст]. – Введ. 2017-07-01. – М. : Стандартинформ, 2017. – 178 с.
21. ДСТУ Б В.2.6-8-95 Будівельні конструкції. Профілі сталеві гнуті замкнуті зварні квадратні і прямокутні для будівельних конструкцій. Технічні умови [Текст]. – Введ. 1996-04-01. – К. : Держкоммістобудування, 1996. – 183 с.
22. Лихтарников, Я. М. Расчет стальных конструкций [Текст] : справ. пособие / Я. М. Лихтарников, Д. В. Ладыженский, В. М. Клыков. – 2-е изд., испр. и доп. – К. : Будівельник, 1984. – 368 с.
23. Марутян, А. С. Расчет и экспериментальное проектирование решетчатых прогонов из гнутосварных профилей [Текст] : учебное (справочное) пособие / А. С. Марутян. – Пятигорск : СКФУ, 2014. – 116 с.
24. Ржаницын, А. Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность [Текст] / А. Р. Ржаницын. – М. : Стройиздат, 1978. – 239 с.
25. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* [Текст]. – Введ. 2011-05-20 / ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, ОАО «НИЦ "Строительство"» ЦНИИПСК им. Мельникова. – М. : ОАО «ЦПП», 2011. – 171 с.
26. СП 53-101-98 Изготовление и контроль качества стальных строительных конструкций [Текст]. – Разработан в развитие ГОСТ 23118 ; введ. 1999-01-01. – М. : Госстрой России, 1999. – 32 с.
27. ТУ 1303-004-12281990-2012 Профили стальные замкнутые сварные для элементов каркаса контейнеров-цистерн в соответствии с нормами и правилами Российского Морского Регистра Судоходства [Текст]. – Введ. 2013-04-01. – М. : РМРС, 2014. – 13 с.
28. ТУ 14-105-568-93 Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные [Текст]. – Введ. 1995-01-01. – Череповец : ЧерМК, 1993. – 10 с.
29. ТУ 14-162-16-96 Трубы стальные электросварные прямошовные повышенной коррозионной стойкости и хладостойкости [Текст]. – Введ. 1997-07-01. – Челябинск : АОТ «ЧТПЗ», 1999. – 17 с.
30. ТУ 14-162-17-96 Трубы стальные электросварные прямошовные повышенной точности и надежности [Текст]. – Введ. 1997-05-01. – Сургут : ОАО «Сургутнефтегаз», 1997. – 8 с.
31. ТУ 14-2Р-328-97 Профили электросварные замкнутые стальные гнутые квадратные и прямоугольные. Технические условия [Текст]. – Введ. 1999-01-01. – Череповец : ЧерМК, 1999. – 7 с.
32. Уманский, А. А. Кручение и изгиб тонкостенных авиаконструкций [Текст] / А. А. Уманский. – М. : Оборонгиз, 1959. – 112 с.

Получено 08.10.2018

І. Г. ПАВЛОВА

АНАЛІЗ РОЗВИТКУ І ВИРОБНИЦТВА ПРОФІЛІВ СТАЛЕВИХ ГНУТИХ ЗАМКНУТИХ ЗВАРНИХ ДЛЯ БУДІВЕЛЬНИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Представлена стаття присвячена дослідженню питань технології та особливостям виробництва гнутозварних профілів, виявленню основних переваг і недоліків застосування даного типу конструкцій. Розглянуто і проаналізовано чинні на даний час норми і правила проектування будівельних конструкцій зі сталевих гнутих замкнутих зварних профілів, виконано аналіз досліджень зарубіжних і вітчизняних вчених в галузі виробництва гнутозварних профілів для будівельних металоконструкцій.

Ключові слова: гнутозварні профілі, гнуті замкнуті зварні профілі, труби сталеві, будівельні конструкції.

IRINA PAVLOVA

ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT AND PRODUCTION OF STEEL BENT CLOSED WELDED PROFILES FOR CONSTRUCTION STEEL STRUCTURES Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. This article is devoted to the study of technology issues and features of the production of welded profiles, identifying the main advantages and disadvantages of using this type of structure. It has been considered and analyzed the currently valid norms and rules for the design of building structures from steel bent closed welded profiles, analyzed the research of foreign and domestic scientists in the production of welded profiles for construction metal structures.

Key words: welded profiles, curved closed welded profiles, steel pipes, building structures.

Павлова Ирина Геннадиевна – ассистент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технология и организация работ при устройстве теплоизоляции РВС для хранения нефти и нефтепродуктов, исследование надежности конструкций и металлических элементов из гнутосварных профилей.

Павлова Ірина Геннадіївна – асистент кафедри технології і організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: технологія і організація робіт при влаштуванні теплоізоляції РВС для зберігання нафти і нафтопродуктів, дослідження надійності конструкцій і металевих елементів з гнутозварних профілів.

Pavlova Irina – assistant, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: technology and organization of work in the installation of thermal insulation RVS for the storage of oil and petroleum products, the study of the reliability of structures and metal elements of welded profiles.

УДК 528.48

П. И. СОЛОВЕЙ, А. Н. ПЕРЕВАРЮХА, А. А. БЕЛОВА

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВЫТЯЖНОЙ БАШНИ

Аннотация. Рассмотрены вопросы геодезического мониторинга вертикальных осей вытяжной башни и газоотводящего ствола, а также оседаний фундаментов. Выполнен сравнительный анализ точности метода координат и наклонного проектирования, который по трудозатратам значительно меньше метода координат.

Ключевые слова: геодезический мониторинг, точность, деформации.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

К высотным сооружениям башенного типа предъявляются повышенные требования к их устойчивости при воздействии ветровой нагрузки, температурных деформаций, неравномерных оседаний и других неблагоприятных факторов. Поэтому эффективный и своевременный геодезический мониторинг таких сооружений позволяет выявить недопустимые деформации и предотвратить возможные аварии.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросам геодезического мониторинга высотных сооружений посвящено большое количество исследований. В основном исследования посвящены железобетонным дымовым трубам, металлическим телебашням и мачтам [1, 3, 8]. Очень мало публикаций уделено геодезическому мониторингу вытяжных башен, которые имеют различие в конструкции и по другому воспринимают нагрузки по сравнению с дымовыми трубами, телебашнями и мачтами.

ЦЕЛИ

Выполнить сравнительный анализ геодезического мониторинга вертикальной оси вытяжной башни методами наклонного проектирования и координат.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Металлическая вытяжная башня представляет собой (рис. 1) газоотводящий цилиндрический ствол высотой $H = 181$ м, диаметром 2 020 мм, который крепится к решетчатому каркасу, представляющему собой усеченную трехгранную пирамиду высотой 158 м. Сечение каркаса имеет вид правильного треугольника, сторона которого изменяется от 27 метров (внизу) до 4 метров (вверху). Фундаменты несущей башни выполнены отдельно под каждый опорный узел. Газоотводящий ствол опирается на решетчатый узел, расположенный за пределами башни.

В результате натурных обследований сооружения оказалось, что крепление газоотводящего ствола к башне в некоторых местах нарушено. В связи с этим возникла необходимость проведения геодезического мониторинга пространственного положения вертикальных осей ствола и башни для объективного анализа причин нарушения крепления.

В процессе эксплуатации разбивочные оси оказались утраченными. В таких условиях выполнить геодезический контроль положения вертикальных осей сооружения эффективным и не трудоемким

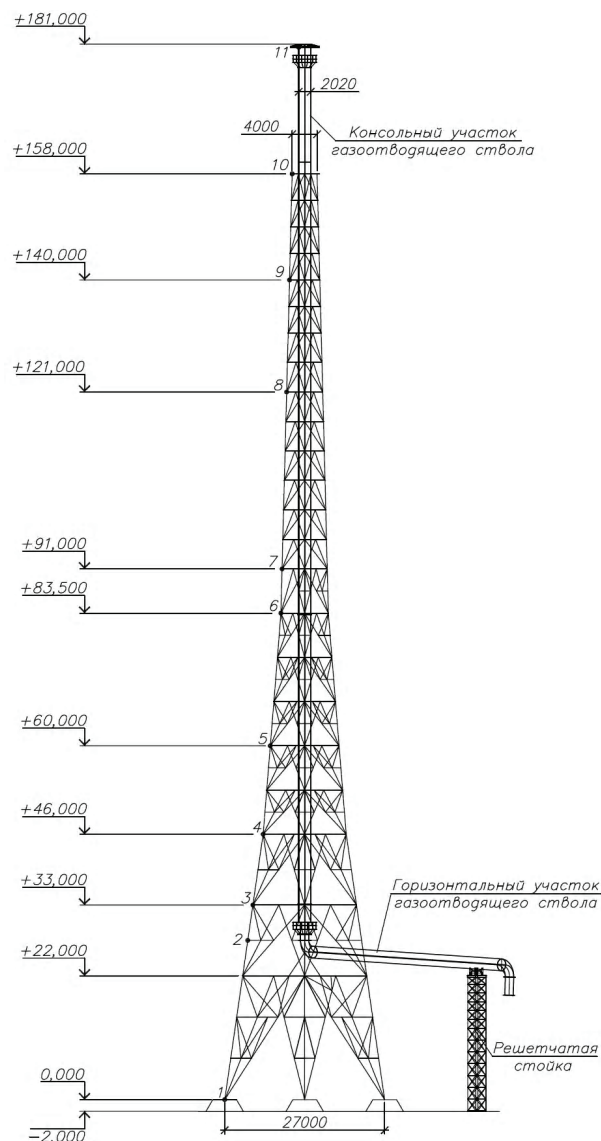


Рисунок 1 – Конструктивная схема вытяжной трубы.

способом наклонного проектирования из опорных пунктов, закрепленных на осях симметрии объекта, оказалось затруднительным. Потребовалось выполнить дополнительные работы по восстановлению осей симметрии сооружения.

Общая погрешность положения точки вертикальной оси m_o зависит от погрешности восстановления оси симметрии сооружения $m_{вос}$, погрешности наклонного проектирования m_n , погрешности визирования m_v и выражается формулой:

$$m_o^2 = m_{вос}^2 + m_n^2 + m_v^2. \quad (1)$$

Погрешности наклонного проектирования m_n и погрешности визирования m_v достаточно хорошо освещены в геодезических публикациях [5]. Влияние погрешности $m_{вос}$ восстановления оси симметрии башни изучено недостаточно полно.

Применив принцип равных влияний, запишем:

$$m_{вос} = m_n = m_v = m. \quad (2)$$

Подставив формулу (2) в выражение (1), получим:

$$m_o^2 = 3m^2. \quad (3)$$

Откуда:

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{3}}. \quad (4)$$

Предельная погрешность геодезического контроля положения вертикальной оси высотных сооружений регламентируется ГОСТ 24846-81 [4] и не должна превышать:

$$m_{Q,пред} \leq 0,0005H, \quad (5)$$

где H – высота сооружения.

Для рассматриваемой вытяжной башни высотой $H = 158$ м предельная погрешность составит:

$$m_{Q,пред} \leq 0,0005 \cdot 158 \text{ м} = 0,079 \text{ м}.$$

Рассмотрим при какой погрешности восстановления $m_{вос}$ она не превысит предельную погрешность. Пусть точка G восстановлена с некоторым отклонением $t = FG$ от оси симметрии XX_1 (рис. 2).

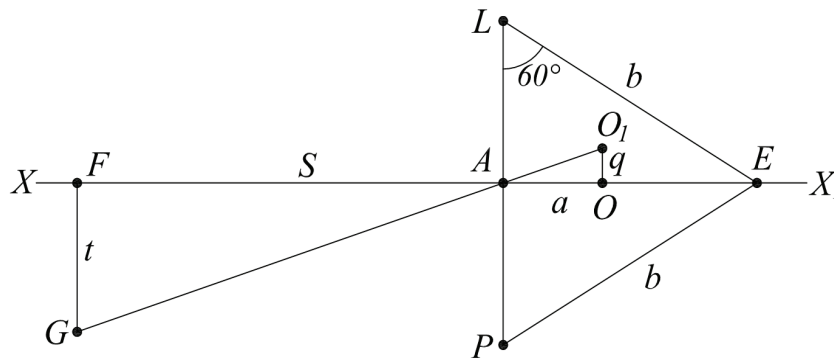


Рисунок 2 – Схема геодезического мониторинга вытяжной башни методом наклонного проектирования.

Чтобы определить вероятнейшее направление на центр (точка O) контролируемого сечения из точки G теодолитом (тахеометром) визируют на внешние образующие (точки L и P) вертикальных стоек, берут отсчеты и вычисляют среднее значение из двух отсчетов. Установив среднее значение на горизонтальном круге, визирная ось теодолита пройдет на некотором расстоянии $q = OO_1$ от центра контролируемого сечения. Из подобия прямоугольных треугольников AOO_1 и AFG получим:

$$\frac{t}{q} = \frac{S}{a}, \quad (6)$$

где S – расстояние от теодолита до стороны LP правильного треугольника LPE ;
 $a = AO$ – расстояние от точки A до центра контролируемого сечения.

Из выражения (6) получим:

$$q = \frac{a \cdot t}{S}. \quad (7)$$

Продифференцировав выражение (7) и перейдя к средним квадратическим погрешностям, получим:

$$m_q = \sqrt{\left(\frac{a}{S} m_t\right)^2 + \left(\frac{t}{S} m_a\right)^2 + \left(\frac{at}{S^2}\right)^2 m_s^2}, \quad (8)$$

где $m_t = m_{вос}$, m_a , m_s – предельные средние квадратические погрешности измерения параметров t , a , S .

Анализ формулы (8) показывает, что второй и третий члены подкоренного выражения малы и ими можно пренебречь. Тогда из формулы (8) получим:

$$m_q = \frac{a}{S} m_t, \quad (9)$$

откуда:

$$m_{вос} = m_t = \frac{m_q S}{a}. \quad (10)$$

Формула (10) показывает, что средняя квадратическая погрешность восстановления оси симметрии прямо пропорциональна расстоянию S и обратно пропорциональна параметру a .

Пусть в контролируемом сечении сторона правильного треугольника $b = 27$ м (рис. 2), $a = (b \cdot \operatorname{tg} 30^\circ) / 2 \approx 8$ м. При рекомендуемом [4] расстоянии $S = 2H = 2 \cdot 158 = 316$ м из формулы (10) получим $m_{вос} = m_t = 3$ м.

Погрешность восстановления будет уменьшаться с высотой контролируемого сечения, так как параметр a будет уменьшаться и на высоте $H = 158$ м составит 1,15 м. При этом погрешность m_t составит 22 мм, что в 4 раза меньше предельной погрешности.

Специальные исследования показали, что восстановление оси симметрии опытный наблюдатель может выполнить на глаз с погрешностью $\pm 0,8$ м, что приведет к погрешности контроля положения вертикальной оси $m_q = 0,020$ м в нижнем сечении. В то же время эта погрешность при контроле оси в верхнем сечении составит 0,003 м и является несущественной.

Кроме способа вертикального проектирования, геодезический мониторинг вытяжной башни выполнялся способом координат. С этой целью возле сооружения был закреплен базис, с пунктов которого были хорошо видны все три ребра решетчатой трехгранной пирамиды башни. Расстояния от пунктов базиса до центра сооружения принималось не менее $2H$ [4]. Базис AB был вовлечен в полигонометрический ход заводской полигонометрии 1 разряда. В результате уравнивания хода оказалось, что длина базиса, вычисленная по уравненным координатам, больше на 27 мм, что могло повлиять на точность вычисления координат контролируемых точек. Было принято решение взять координаты пункта A и дирекционный угол линии AB из результатов уравнивания, а координаты пункта B вычислить из решения прямой геодезической задачи. Этим самым было исключено влияние погрешностей исходных данных. Определение координат контролируемых точек, выполнялось способом прямой угловой засечки, который достаточно хорошо освещен в геодезической литературе [1, 5].

На рисунке 3 представлено плановое положение вертикальных осей вытяжной башни и газоотводящего ствола, полученных способом координат и наклонного проектирования.

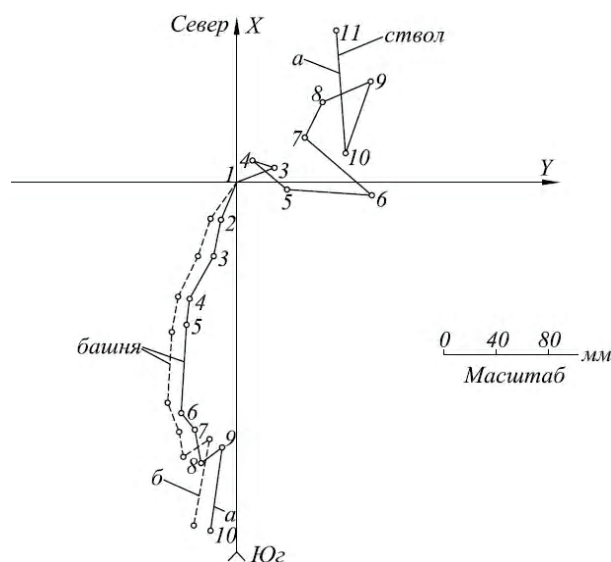


Рисунок 3 – Плановое положение вертикальной оси башни и ствола, полученное способами наклонного проектирования (а) и способом координат (б).

Анализ результатов (рис. 3) показал:

1. Положение контрольных точек вертикальной оси вытяжной башни, полученное способом координат и наклонного проектирования совпадают. Максимальное расхождение составило 21 мм, что подтверждает примерно одинаковую точность обоих методов.

2. Форма планового положения вертикальной оси башни имеет вид прямой линии, направленной в южную сторону, что характерно крену сооружения, вызванному неравномерным оседанием фундаментов башни.

3. Максимальный крен башни зафиксирован на высоте 158 м и составил 272 мм, что в относительной мере равно 0,0017 и не превышает предельно допустимое значение (0,0030) согласно [7].

4. Плановое положение газоотводящего ствола представляет собой хаотичный разброс контролируемых точек, расположенных в северо-восточном направлении. Такая форма вертикальной оси ствола характерна отклонениям, полученным в результате погрешностей монтажа.

5. Максимальное отклонение оси ствола зафиксировано на высоте 181 м и составило 141 мм, что в относительной мере равно 0,00078 и не превышает предельно допустимое значение (0,0030) согласно [7].

6. Геодезический мониторинг оседания фундаментов башни подтвердил вывод о том, что причиной возникновения крена башни является неравномерная осадка фундаментов.

7. Основной причиной нарушения креплений ствола к башне явился образовавшийся крен башни в южном направлении. В то время как газоотводящий ствол остался в неизменном положении.

В заключении отметим, что геодезический мониторинг вертикальных осей вытяжной башни и ствола, выполненный способами координат и вертикального проектирования, по точности примерно одинаковы, но по трудозатратам способ наклонного проектирования почти в 3 раза меньше способа координат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баран, П. И. Инженерна геодезія [Текст] : монографія / П. И. Баран. – К. : ПАТ «ВІПОЛ», 2012. – 618 с.
2. Баран, П. И. Определение крена дымовых труб с изолированных опорных пунктов [Текст] / П. И. Баран, П. И. Соловей // Геодезические работы на подрабатываемых территориях : сб. науч. тр. – М. : Науч. труды ВАГО, 1987. – С. 81–85.
3. Бикташев, М. Д. Башенные сооружения. Геодезический анализ осадки, крена и общей устойчивости положения [Текст] / М. Д. Бикташев. – М. : Изд-во ассоциации строит. вузов, 2006. – 376 с.
4. ГОСТ 24846-2012. Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений [Текст]. – Введ. 2013-07-01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 18 с.
5. Левчук, Г. П. Прикладная геодезия: Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ [Текст] : учебник для вузов / Г. П. Левчук, В. Е. Новак, В. Г. Конусов. – М. : Недра, 1981. – 438 с.
6. Соловей, П. И. Исследование точности определения величины и направления крена дымовых труб с двух изолированных пунктов [Текст] / П. И. Соловей // Совершенствование геодезических и фотограмметрических работ : сб. науч. тр. – М. : Всес. астрон. геод. о-во при АН СССР, 1990. – С. 93–97.
7. СНиП 2.02.01.-83 Основание зданий и сооружений [Текст]. – Взамен СНиП II-15-74 и СН 475-75 ; введ. 1985-01-01 / Госстрой СССР. – М. : Стройиздат, 1985. – 40 с.
8. Чирва, А. С. Комплексный подход к исследованию и прогнозированию деформаций металлических башенных и мачтовых сооружений в процессе испытаний, строительства и эксплуатации [Текст] : автореф. дис... канд. техн. наук / А. С. Чирва. – К. : [б. и.], 2012. – 18 с.

Получено 03.10.2018

П. І. СОЛОВЕЙ, А. М. ПЕРЕВАРЮХА, А. А. БЕЛОВА
ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ВИТЯЖНОЇ ВЕЖІ
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Розглянуті питання геодезичного моніторингу вертикальних осей витяжної вежі і газовідвідного ствола, а також осідань фундаментів. Виконано порівняльний аналіз точності методу похилого проектування, який за трудовитратами значно менше від методу координат.

Ключові слова: геодезичний моніторинг, точність, деформації.

PAVEL SOLOVEJ, ANATOLY PEREVARJUHA, ALINA BELOVA
GEODETIC MONITORING OF THE EXHAUST TOWER
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The questions of geodetic monitoring of the vertical axes of the exhaust tower and the gas-discharge barrel, as well as the subsidence of the foundations are considered. A comparative analysis of the accuracy of the oblique projection method, which is much less than the coordinate method, is performed.

Key words: geodetic monitoring, accuracy, deformation.

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 кафедры инженерной геодезии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций колеблющихся и вращающихся объектов.

Белова Алина Александровна – ассистент кафедры инженерной геодезии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: геодезический мониторинг металлических высотных сооружений башенного типа.

Соловей Павло Ілларіонович – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної геодезії ДОУ 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 кафедри інженерної геодезії ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження статичних і динамічних деформацій коливних і обертових об'єктів.

Белова Аліна Олександрівна – асистент кафедри інженерної геодезії ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: геодезичний моніторинг металевих висотних споруд баштового типу.

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

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

Belova Alina – assistant, Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: geodetic monitoring of high-rise metal structures of the tower type.

УДК 621.873

А. Г. ВОДОЛАЖЧЕНКО, А. Ю. ГОРУЛЁВ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ВЫНОСНАЯ ОПОРА АВТОМОБИЛЬНОГО КРАНА С ПОСТУПАТЕЛЬНО-ВРАЩАТЕЛЬНЫМ ПРИВОДОМ МЕХАНИЗМА ВЫДВИЖЕНИЯ ГИДРОДОМКРАТА

Аннотация. В работе проанализированы основные конструкции выносных опор автомобильных кранов, рассмотрено влияние конструкции выносной опоры на параметры проходимости базовой машины и предложена конструкция выносной опоры с поступательно-вращательным приводом механизма выдвижения гидродомкрата, позволяющая увеличить угол съезда базовой машины.

Ключевые слова: кран автомобильный, опора выносная, гидроцилиндр, поршень, шток, якорь винтовой.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

При эксплуатации выносных опор автомобильных кранов возникают проблемы, связанные с просадкой выносных опор, которая может быть вызвана утечкой рабочей жидкости из поршневой полости гидродомкрата в штоковую [1].

Утечки рабочей жидкости происходят в результате местных пластических деформаций стенок гильзы цилиндра и дефектов поршня и манжет.

Возникновение данных дефектов вызвано действием изгибающего момента, обусловленного горизонтальной составляющей нагрузки P_g (рис. 1), действующей в узле телескопического сочленения гильзы и поршня. Горизонтальная нагрузка складывается из ветровых нагрузок, сил инерции и силы возникающей из-за уклона площадки, на которой установлена машина. На рис. 1 показана схема приложения нагрузок и эпюра моментов, на которой видно, что с увеличением длины штока – увеличивается нагрузка от горизонтальной составляющей нагрузки. Для уменьшения нагрузки и повышения надёжности и долговечности гидродомкрата необходимо уменьшить ход штока.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Основные конструкции выносных опор, применяемых на автомобильных кранах, показаны на рис. 2 [2, 3]. Наибольшее распространение получили выносные опоры выдвижного типа (рис. 2 а), работа которых полностью механизирована и которые позволяют получить наибольшие размеры опорного контура. Откидные выносные опоры (рис. 2 б) на автомобильных кранах встречаются редко, так как не позволяют получить достаточный опорный контур для обеспечения устойчивости кранов большой грузоподъемности. Выносные опоры поворотного типа (рис. 2 в) позволяют использовать гидродомкраты с существенно меньшим установочным ходом поршня, в транспортном положении эти опоры не уменьшают угол съезда и дорожный просвет, однако перевод опор из транспортного положения в рабочее и обратно осуществляется вручную.

Исследования, проведенные О. А. Бардышевым, Я. С. Ватулиным и др. [4], показали, что для предотвращения проседания выносной опоры из-за внутренних утечек рабочей жидкости, вызванных местными деформациями гильзы гидроцилиндра, необходимо применять гидродомкраты с уменьшенным ходом. В своей статье [1] Ю. Е. Семенов отмечает, что для автомобильного крана средней грузоподъемности (16...25 т) на базе автомобиля «КамАЗ» или «Урал» ход штока гидродомкрата выносной опоры выдвижного типа составляет около 700 мм, из которых не более 200 мм занимает

© А. Г. Водолажченко, А. Ю. Горулёв, 2018

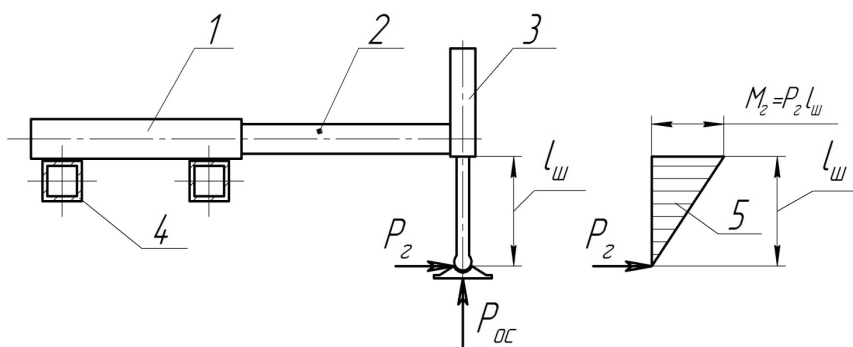


Рисунок 1 – Схема нагружения выносной опоры: 1 – неподвижная направляющая; 2 – выдвижная балка; 3 – гидродомкрат; 4 – рама базовой машины; 5 – эпюра изгибающего момента.

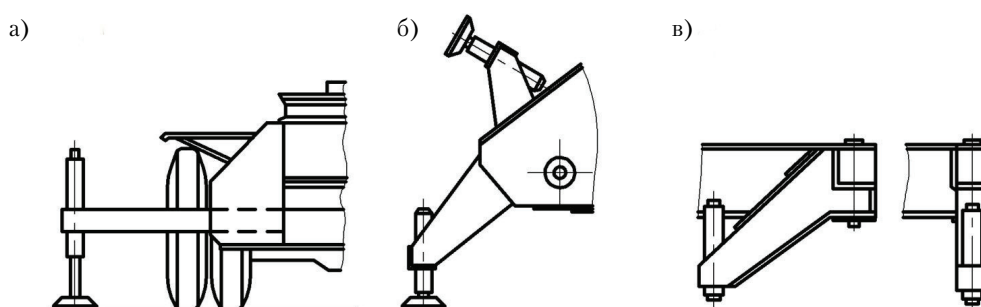


Рисунок 2 – Типы конструкций выносных опор автомобильных кранов: а) выдвижная; б) откидная; в) поворотная.

подъём крана, остальные 500 мм хода штока являются установочным движением. При использовании короткоходового гидродомкрата он должен быть расположен как можно ближе к опорной поверхности, что в свою очередь ухудшает параметры проходимости автомобильного крана [1], а именно уменьшается угол съезда (рис. 3).

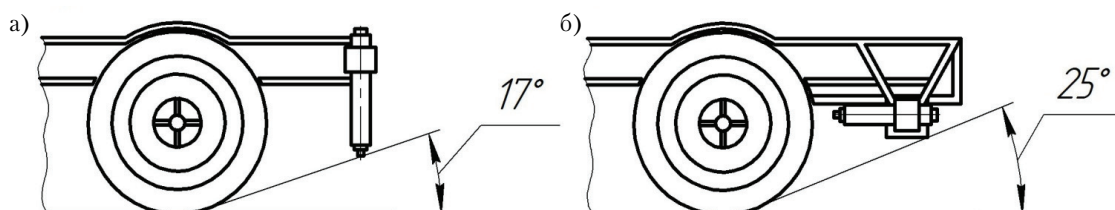


Рисунок 3 – Схема расположения выдвижной выносной опоры на базовой машине: а) обычная выносная опора; б) выносная опора с короткоходовым гидродомкратом и возможностью его поворота.

В патенте [5] предложена конструкция выносной опоры с поворотным гидродомкратом (рис. 4), которая предусматривает формирование на внешней поверхности выдвижной балки 3 направляющей канавки 8, которая обеспечивает поворотное и поступательное движение выдвижной балки.

В нерабочем состоянии опорный гидродомкрат 6 находится в горизонтальном положении, а при переводе в рабочее положение, при выдвижении балки 3, гидродомкрат поворачивается на угол 90° , занимая вертикальное положение. Это достигается благодаря специальной конструкции опоры, где выдвижная балка 3 имеет круглое сечение, что позволяет ей совершать поворот за счёт наваренной на нее направляющей дорожки 7, на которой выполнена канавка 8, начинающаяся продольной проточкой 9, переходящей в винтовую проточку 10 и заканчивающейся продольной проточкой 11. На неподвижной направляющей 2 установлен фиксатор 12, рабочая часть которого входит в канавку 8.

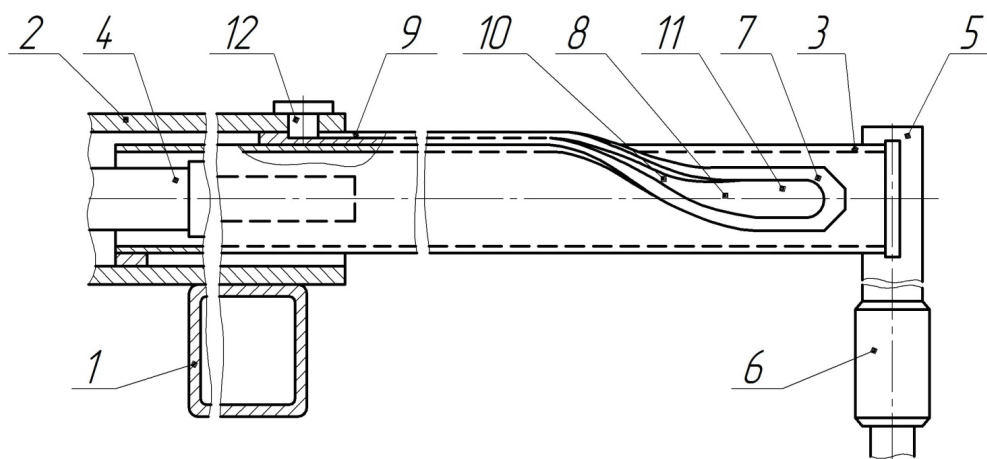


Рисунок 4 – Выдвижная опора с механизмом поворота короткоходового гидродомкрата: 1 – рама; 2 – направляющая; 3 – выдвижная балка; 4 – гидроцилиндр; 5 – кронштейн; 6 – опорный гидродомкрат; 7 – направляющая дорожка; 8 – канавка; 9 – продольная проточка; 10 – винтовая проточка; 11 – продольная проточка; 12 – фиксатор.

Выдвижение балки 3 осуществляется гидроцилиндром 4, при этом в начале движения рабочая часть фиксатора контактирует с продольной проточкой 11 и балка совершает только поступательное движение, когда фиксатор 12 оказывается на участке винтовой проточки 10 происходит и поступательное движение, и одновременно поворот балки на угол 90° , а затем на участке 9 снова только поступательное движение. Таким образом, гидродомкрат занимает вертикальное положение. В данной конструкции основная проблема связана с технологией изготовления направляющей дорожки – требуется выполнение сварочных работ и применение специальных приспособлений.

Для обеспечения поступательно-вращательного движения выдвижной балки можно использовать дополнительный гидродвигатель, но это приведёт к усложнению гидравлической системы и её удорожанию.

Известна конструкция гидроцилиндра, разработанная на кафедре ТЭСАТМО (ГОУ ВПО «ДОН-НАСА» под руководством профессора В. А. Пенчука [6], с поступательно-вращательным движением штока. Такой гидроцилиндр (рис. 5) использовался в частности для погружения винтового якоря в грунт.

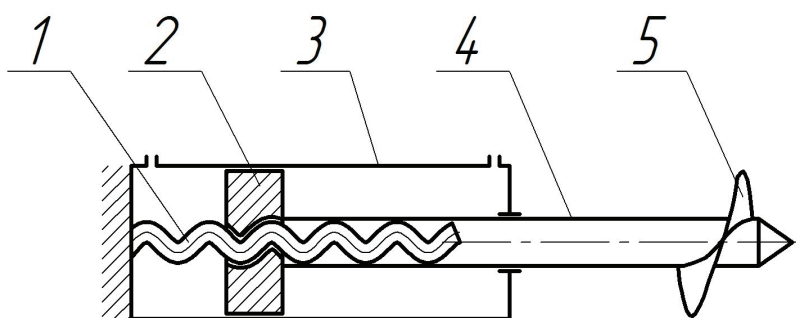


Рисунок 5 – Схема гидроцилиндра с поступательно-вращательным движением штока: 1 – винт; 2 – гайка-поршень; 3 – гидроцилиндр; 4 – шток; 5 – винтовой наконечник.

Поступательно-вращательный привод изготавливается на базе типового гидроцилиндра 3, внутри которого неподвижно закреплен винт 1, при этом поршень гидроцилиндра совмещен с гайкой 2. Винт 1 и гайка 2 представляют собой несамотормозящую винтовую пару, обеспечивающую поступательно-вращательное движение штока 4 и погружение сменного винтового наконечника 5 в грунт.

ЦЕЛЬ

Разработать выносную опору автомобильного крана с повышенной надежностью, не снижающей параметров проходимости базовой машины, за счет применения для выдвижения выдвижной балки с гидродомкратом гидроцилиндра с поступательно-вращательным движением штока.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Предлагается использовать для реализации поступательно-вращательного движения выдвижной балки выносной опоры вместе с опорным гидродомкратом использовать гидроцилиндр с поступательно-вращательным движением штока, конструкция которого приведена в работе [6].

В нашем случае требуется, чтобы выдвижная балка на начальном этапе выдвижения совершила поворот на 90° , а затем двигалась только поступательно. Это даст возможность устанавливать автокран на выносных опорах при различном вылете выносной опоры, что особенно важно при работе крана в стеснённых условиях. Для решения данной проблемы предлагается внести в известную конструкцию [6] ряд изменений:

- неподвижный элемент в гидроцилиндре должен иметь участок с винтовой проточкой и участок с прямолинейной проточкой;
- гайка-поршень не должна иметь винтовой проточки, так как её наличие не позволит совершать строго поступательное движение;
- для обеспечения движения гайки-поршня по заданной траектории предлагается использовать запрессованный в гайку цилиндрический штифт.

Предлагаемая конструкция гидроцилиндра (рис. 6) с поступательно-вращательным движением штока является более технологичной, так как для его изготовления можно использовать обычные металлорежущие станки и инструмент.

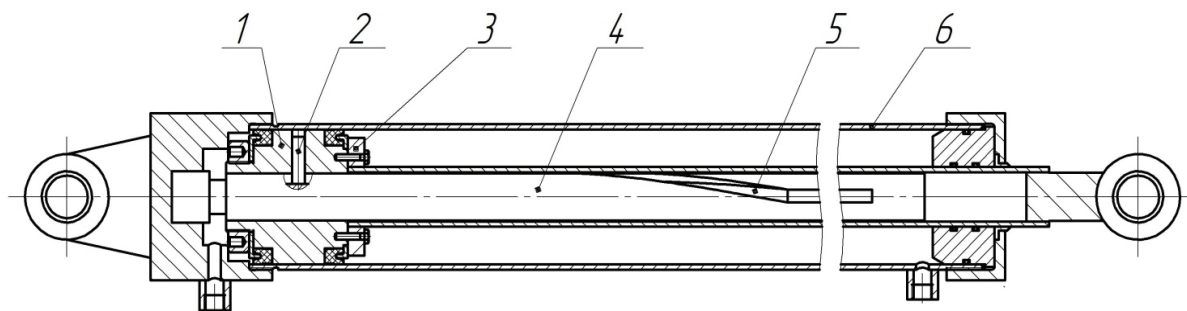


Рисунок 6 – Схема гидроцилиндра перемещения выдвижной балки выносной опоры: 1 – поршень; 2 – штифт; 3 – фланец; 4 – направляющая; 5 – винтовая проточка; 6 – шток.

В поршень гидроцилиндра 1 запрессован штифт 2, который входит в проточку 5, выполненную в неподвижной направляющей 4. Проточка имеет два прямолинейных участка, между которыми есть криволинейный участок в виде части винтовой линии. Такая конструкция позволяет поршню вместе со штоком осуществлять поступательное движение и поворот на 90° . К поршню болтами крепится фланец 3, к которому приварен шток 6. Шток выполнен в виде трубы.

ВЫВОД

Использование предложенной конструкции выносной опоры позволит увеличить срок службы гидродомкрата, повысить надёжность, увеличить угол съезда и дорожный просвет, что благоприятно скажется на проходимости автокрана, а также позволит работать машине в стеснённых условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семёнов, Ю. Е. Выносная опора с укороченным гидродомкратом [Текст] / Ю. Е. Семёнов // Механизация строительства. – 2014. – № 6(840). – С. 11–14.
2. Андриенко, Н. Н. Стреловые самоходные краны [Текст] / Н. Н. Андриенко. – Одесса : Астропринт, 2001. – 706 с.
3. Выносные опоры автокранов [Электронный ресурс] / [Александр Бердин] // Строительные машины и оборудование, справочник. – [Б. м. : Строй-Техника.Ру]. – [2007–2017]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://stroytechnics.ru/article/vynosnye-opory-avtokranov/>.

4. Адаптивная выносная опора для кранов на железнодорожном ходу [Текст] / О. А. Бардышев, Д. Е. Попов, Я. С. Ватулин, В. А. Попов // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2004. – № 2. – С. 157–162.
5. Пат. 2361806 С1 Российская Федерация, МПК В66С23/78. Выносная опора транспортного средства [Текст] / Сальников В. Г., Потапов В. А. и Семенов Ю. Е.; ГОУ ВПО Тульский государственный университет (ТулГУ). – № 2008110303/11; заявл. 17.03.2008; опубл. 20.07.09, Бюл. № 20. – 8 с.
6. Пенчук, В. А. Эффективная опора двухстороннего действия для связи строительных машин с грунтовым основанием [Текст] / В. А. Пенчук, Д. Г. Белицкий, И. В. Голубов // ИНТЕРСТРОЙМЕХ-2013: материалы Международной научно-технической конференции, 1–2 октября 2013 г., г. Новочеркасск. – Новочеркасск: Изд-во ЮРГПУ (НПИ), 2013. – С. 135–140.

Получено 01.10.2018

О. Г. ВОДОЛАЖЧЕНКО, О. Ю. ГОРУЛЬОВ
ВИНОСНА ОПОРА АВТОМОБІЛЬНОГО КРАНА З ПОСТУПАЛЬНО-
ОБЕРТАЛЬНИМ ПРИВОДОМ МЕХАНІЗМУ ВИСУНЕННЯ
ГІДРОДОМКРАТА
ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

Анотація. У роботі проаналізовані основні конструкції виносних опор автомобільних кранів, розглянуто вплив конструкції виносної опори на параметри прохідності базової машини і запропоновано конструкцію виносної опори з поступально-обертальним приводом механізму висунення гідродомкрата, що дозволяє збільшити кут з'їзду базової машини.

Ключові слова: кран автомобільний, опора виносна, гідроциліндр, поршень, шток, якорь гвинтовий.

ALEKSANDR VODOLAZHCENKO, ALEXEY GORULYOV
OUTRIGGER SUPPORT OF AN AUTOMOTIVE-TYPE CRANE WITH A
PROGRESSIVE-ROTARY DRIVE OF THE HYDRAULIC JACK EXTENSION
MECHANISM
Donbas National Academy of Building and Architecture

Abstract. The basic structures of the outriggers of automotive-type cranes are analyzed in the work, the influence of the design of the outrigger on the parameters of the possibility of the base machine is examined and the design of the outrigger with the progressive-rotary drive of the mechanism for putting forward of the hydraulic jack is proposed, which allows to increase the back angle of the overhang of the base machine.

Key words: automotive-type crane, outrigger, hydraulic cylinder, piston, rod, screw anchor.

Водолажченко Александр Григорьевич – старший преподаватель кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей, технологических машин и оборудования ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: машины и оборудование для строительства, содержания и ремонта автомобильных дорог.

Горулёв Алексей Юрьевич – магистрант кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей, технологических машин и оборудования ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: подъёмно-транспортные машины.

Водолажченко Олександр Григорович – старший викладач кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, технологічних машин і обладнання ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ». Наукові інтереси: машини та обладнання для будівництва, утримання і ремонту автомобільних доріг.

Горулів Олексій Юрійович – магістрант кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, технологічних машин і обладнання ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ». Наукові інтереси: підйомно-транспортні машини.

Vodolazhchenko Aleksandr – senior lecturer, Technical Operation and Service of Cars, Technological Machines and Equipment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: machines and equipment for building, maintenance and repair of roads.

Gorulyov Alexey – Master's student, Technical Operation and Service of Cars, Technological Machines and Equipment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: hoisting and transporting machines.

УДК 662.741

Т. В. ЛУЦКО ^а, Ю. В. КРИКУНОВ ^б^а ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,^б Филиал № 7 «Макеевкокс» ЗАО «ВНЕШТОРГСЕРВИС»

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАГРУЖЕНИЙ НА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЮ ДВЕРЕСЪЕМНОЙ МАШИНЫ, ПРИМЕНЯЕМОЙ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ КОКСОВЫХ БАТАРЕЙ

Аннотация. В статье рассмотрены конструктивные особенности, принцип работы и условия безопасной эксплуатации двересъемной машины, применяемой для обслуживания коксовых батарей. Выявлено, что на работу данной машины существенно влияют высокие температуры. В качестве объекта рассмотрения принята металлоконструкция коксонаправляющей двересъемной машины, причем для сравнения рассматривались три марки сталей: 10Г2С, 10ХСНД и 08Х13. Выполнен анализ распределения температур в передней балке металлоконструкции, подвергающейся наибольшим воздействиям высоких температур. А также проведен численный анализ влияния температурных нагрузок на напряженно-деформированное состояние металлоконструкции для указанных сталей. Наилучшие результаты показала нержавеющая жаропрочная сталь 08Х13, однако вследствие ее трудносвариваемости предпочтение следует отдавать стали 10ХСНД, которая по прочностным и температурным характеристикам незначительно отличается от стали 08Х13, а свариваемость у нее без ограничений.

Ключевые слова: деформация, двересъемная машина, коксонаправляющая, металлоконструкция, напряжение, сталь, температура.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Технологический процесс приготовления кокса сопровождается высокими температурными и значительными динамическими нагрузками в условиях сильной запыленности и загазованности производства. К коксовым машинам относятся: коксовыталькиватель, углезагрузочная машина, двересъемная машина, коксовозный вагон и электровоз [1]. Эти машины предназначены для обслуживания коксовых печей. Вследствие агрессивных и сложных условий работы машины и их механизмы достаточно часто выходят из строя. В связи с чем изучение влияния различных видов нагрузок на коксовые машины в процессе их эксплуатации, и в частности двересъемной машины, является актуальным, поскольку их надежность работы влияет на бесперебойное производство кокса.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Исследованием эксплуатационной надежности коксовых машин занимался А. С. Парфенюк, А. А. Булатов и др. [2]. Ими был проведен статистический анализ данных отказов коксового оборудования на Авдеевском коксохимическом заводе. Установлено, что доля относительного времени простоя коксового производства из-за отказов коксовых машин составляет 30,7 %. В свою очередь, доля относительного времени простоя из-за поломок двересъемной машины – 66,7 %. Наибольшую часть отказов механизмов и устройств двересъемной машины приходится на коксонаправляющую – 60,3 % [2]. В связи с этим принято решение провести исследование напряженно-деформированного состояния металлоконструкции коксонаправляющей двересъемной машины. В частности оценить влияние температурных нагрузок на металлоконструкцию двересъемной машины как объекта, безопасная эксплуатация которого существенно влияет на надежность технологического процесса коксового производства.

© Т. В. Луцко, Ю. В. Крикунов, 2018

Целью является определение максимальных напряжений и деформаций, возникающих в металлоконструкции коксонаправляющей двересъемной машины при воздействии высоких температурных нагрузок, и разработка рекомендаций по материалу металлоконструкции.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Для достижения поставленной цели выполнены следующие задачи:

1. Анализ устройства двересъемной машины, обслуживающей коксовые батареи.
2. Определение наименее надежных узлов двересъемной машины.
3. Моделирование в программном комплексе металлоконструкции двересъемной машины.
4. Численный анализ влияния температурных нагрузок на напряженно-деформированное состояние металлоконструкции двересъемной машины.

Двересъемные машины предназначены для обслуживания коксовой стороны батареи [1, 3].

Двересъемная машина выполняет следующие операции:

1. Съем и установку дверей коксовых печей.
2. Поворот дверей.
3. Чистку дверей.
4. Направление коксового пирога в тушильный вагон.
5. Чистку, передвижение вдоль батареи и транспортировку дверей для ремонта.
6. Регулировку пружин анкерных стяжек.

Условия эксплуатации данной машины весьма тяжелые. В частности повышенные температурные нагрузки как на металлоконструкцию коксонаправляющей, так и на двересъемную машину в целом. В связи с этим температурные нагрузки на металлоконструкцию повышаются в несколько раз и составляют более 500 °С. Исходя из этого повышается количество ремонтных работ коксонаправляющей, повышается вероятность деформации металлоконструкции коксонаправляющей, что в свою очередь приводит к непредвиденным поломкам, которые могут повлечь за собой срыв производства кокса.

Двересъемная машина состоит из двух основных частей, соединенных между собой сцепкой – двересъемная часть и коксонаправляющая.

Двересъемная часть состоит из следующих основных узлов и механизмов: двересъема; поворота; передвижения машины; чистки дверей; чистки рам; гидросистемы. Коксонаправляющая состоит из следующих узлов: металлоконструкции; корзины; механизма передвижения корзины.



Рисунок 1 – Металлоконструкция коксонаправляющей двересъемной машины.

На рисунке 1 представлена металлоконструкция коксонаправляющей двересъемной машины, а на рисунке 2 – схема данной металлоконструкции. Наибольшему воздействию температурных нагрузок подвергаются передние балки коксонаправляющей двересъемной машины. На рисунке 2 красным цветом выделена передняя балка.

Материал металлоконструкции коксонаправляющей двересъемной машины, которая эксплуатируется на предприятии «Макеевкокс», – сталь 10Г2С. Ее рекомендуется использовать при температурах от –70 до +475 °С [4].

Была поставлена задача, сравнить влияние температуры на металлоконструкцию, изготовленную из разных типов сталей по жаропрочности, таких как стали конструкционные низколегированные для сварных конструкций 10Г2С и 10ХСНД, а также сталь коррозионно-стойкая жаропрочная 08Х13. Сталь 10ХСНД работает при температуре от –70 до +450 °С, в течение ограниченного времени – до +600 °С. Сталь 08Х13 работает при температуре до +580 °С, в течение ограниченного времени – до +650 °С.

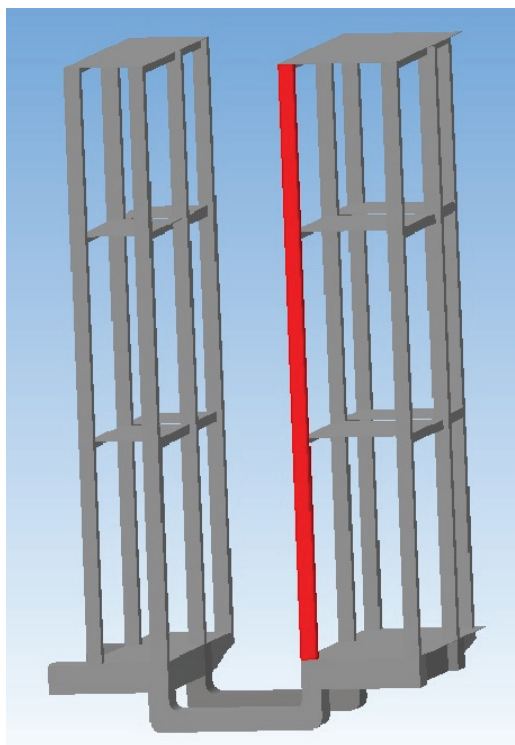


Рисунок 2 – Схема металлоконструкции коксонаправляющей двересъемной машины.

Для численного анализа использовался программный комплекс «Система прочностного анализа». В таблице приведены исходные данные для исследования напряженно-деформированного состояния металлоконструкции.

Таблица – Исходные данные

Наименование	Единицы измерения	Значения
Температура, действующая на металлоконструкцию 10Г2С 10ХСНД 08Х13	°С	$T = 475...500$ $T = 500...600$ $T = 500...650$
Длина балки	м	$l = 6,5$
Коэффициент теплопроводности стали 10Г2С 10ХСНД 08Х13	$\frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$	$\lambda = 36$ $\lambda = 31$ $\lambda = 26$
Коэффициент температурного (линейного) расширения 10Г2С 10ХСНД 08Х13	$1/^\circ C$	$\alpha = 14,6 \cdot 10^{-6}$ – $\alpha = 12,3 \cdot 10^{-6}$

Нормальная сила от воздействия температурных нагрузок, действующих на балку, определяется по следующей формуле, H :

$$N = \frac{E \cdot \alpha \cdot \Delta T \cdot l}{\frac{l}{A}} = E \cdot A \cdot \alpha \cdot \Delta T, \quad (1)$$

где E – модуль упругости стали, Па;

α – коэффициент температурного (линейного) расширения, $1/^\circ C$ [5];

T – изменения температуры, $1/^{\circ}\text{C}$;

l – длина балки, м;

A – площадь поперечного сечения балки, м^2 .

Деформация балки от воздействия температурных нагрузок, м:

$$\Delta l = \frac{N \cdot l}{E \cdot A} \quad (2)$$

Напряжения, возникающие в балке от температурных нагрузжений, МПа:

$$\sigma = \frac{N}{A} = E \cdot \alpha \cdot \Delta T. \quad (3)$$

На рисунке 3 изображены распределения температур в балке металлоконструкции для разных сталей при воздействии температуры (данные максимальной температуры в таблице). Согласно

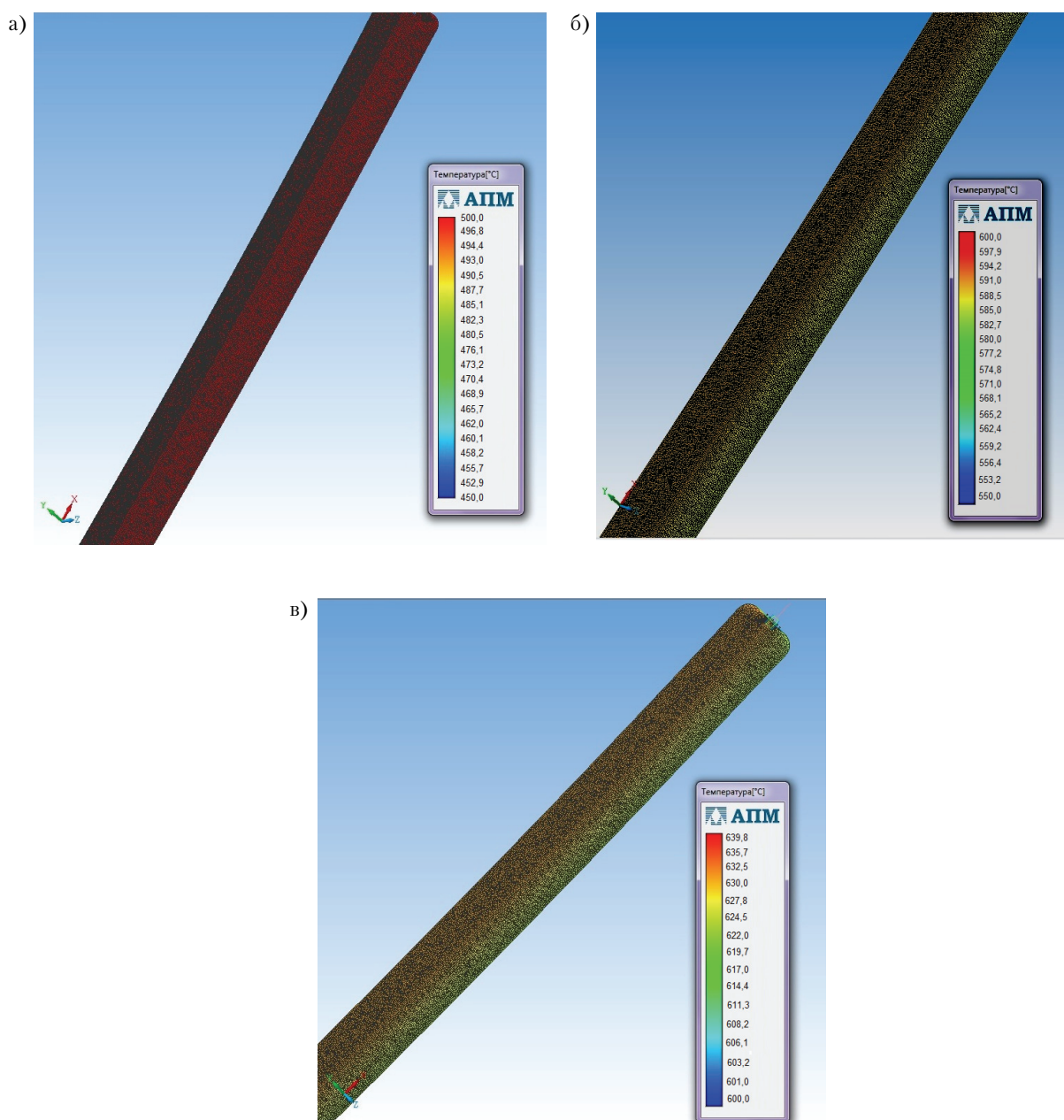


Рисунок 3 – Распределение температуры в балке металлоконструкции для сталей: а) 10Г2С; б) 10ХСНД; в) 08Х13.

полученным результатам расчета наибольшую температуру выдерживает сталь 08X13, на втором месте сталь 10XCHД и наименьшую температуру из рассматриваемых сталей выдерживает сталь 10Г2С.

На рисунке 4 представлены результаты расчета в программном комплексе напряжений и деформаций, возникающих в балке металлоконструкции при воздействии температуры 475 °С для стали 10Г2С и 500 °С для сталей 10XCHД и 08X13. Из полученных данных можно сделать вывод, что по прочности сталь 10XCHД и сталь 08X13 практически одинаковые с небольшим преимуществом у стали 08X13 (на 8 % ниже напряжения). Наибольшие значения напряжений у стали 10Г2С (170 МПа) – на 17 % выше, чем у стали 10XCHД, и на 24 % выше, чем у стали 08X13 (гистограмма, изображенную на рис. 4а). Что касается деформаций, то они во всех сталях незначительны и не превышают 6 мм, причем наибольшие значения у стали 10Г2С (5,3 мм), а наименьшие значения у стали 08X13 (4,0 мм). На гистограмме, изображенной на рис. 4б видно, что удлинение металлоконструкции балки из стали 08X13 меньше на 10 % по сравнению со сталью 10XCHД и на 25 % – со сталью 10Г2С.

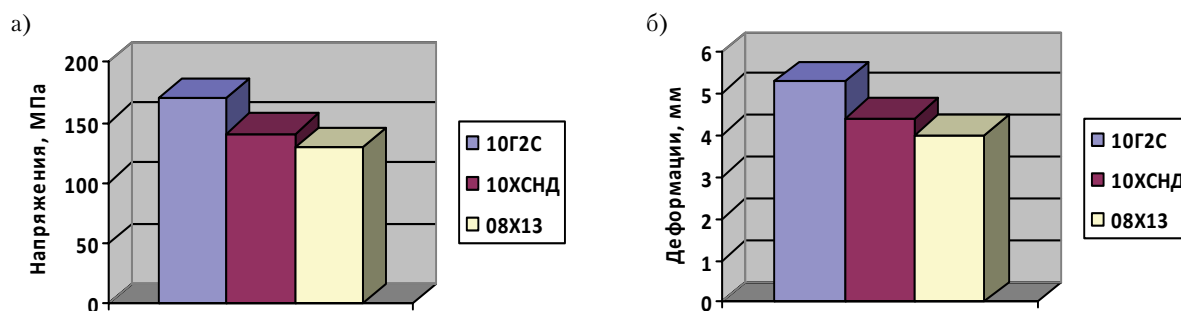


Рисунок 4 – Гистограммы напряжений (а) и деформаций (б), возникающих в балке металлоконструкции коксонаправляющей от температурных нагрузок.

Таким образом, результаты исследования напряженно-деформированного состояния металлоконструкции коксонаправляющей двересъемной машины показали, что высокие температуры влияют на возникновение напряжений, при этом деформации в элементах металлоконструкции для рассматриваемых сталей незначительны. Из трех сталей наиболее прочная и выдерживающая максимальную температуру это сталь 08X13, однако она относится к классу нержавеющей, коррозионно-стойких, жаропрочных, трудносвариваемых. Поэтому предпочтение следует отдавать стали 10XCHД, которая показывает удовлетворительные результаты как по прочности и распределению температуры (отличие от стали 08X13 не более 10 %), так и по свариваемости. Причем, как видно из проведенного анализа, сталь 10XCHД в течение ограниченного времени может работать при температуре до +600 °С, что в свете возможности возникновения температур более 500 °С является необходимостью применения более жаропрочных сталей. Необходимо отметить, что в данном рассмотрении не проводился экономический анализ.

ВЫВОДЫ

1. Наибольшее число отказов в процессе производства кокса приходится на двересъемную машину.
2. Анализ устройства и условий эксплуатации двересъемной машины показал, что она эксплуатируется в агрессивных условиях и подвержена воздействию высоких температур.
3. Проведенный численный анализ влияния температурных нагрузок на металлоконструкцию коксонаправляющей двересъемной машины показал, что из рассматриваемых сталей 10Г2С, 10XCHД и 08X13 как по прочности, так и по распределению температуры сталь 08X13 показывает наилучшие результаты. Однако из-за того, что нержавеющая сталь 08X13 трудносвариваемая, предпочтение следует отдавать стали 10XCHД, у которой анализируемые параметры незначительно отличаются от стали 08X13.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кауфман, А. А. Отечественные и зарубежные коксовые печи : конструкции и оборудование [Текст] : учеб. пособие / А. А. Кауфман, Ю. Я. Филоненко / М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2013. – 88 с.: ил.

2. Оценка влияния механизмов коксовых машин на надежность производства [Текст] / А. С. Парфенюк, А. А. Булатов, Н. А. Хромов, С. П. Веретельник, Г. А. Власов, Е. П. Романенко // Кокс и химия. – 1990. – № 2. – С. 28–32.
3. Крикунов, Ю. В. Анализ устройства и безопасной эксплуатации двересъемной машины, применяемой для коксовой печи [Текст] / Ю. В. Крикунов // Сборник тезисов докладов по материалам конференции «Научно-технические достижения студентов строительной-архитектурной отрасли», 20 апреля 2018, г. Макеевка. – Макеевка : ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 2018. – С. 96–97.
4. Металлы и сплавы [Текст] : справочник / Под ред. Ю. П. Солнцева. – С.-Пб. : АНО НПО «Профессионал», АНО НПО «Мир и Семья», 2003. – 1066 с.
5. Крайнов, А. Ю. Основы теплопередачи. Теплопередача через слой вещества [Текст] : учеб. пособие / А. Ю. Крайнов. – Томск : STT, 2016. – 48 с.

Получено 11.10.2018

Т. В. ЛУЦЬКО ^а, Ю. В. КРИКУНОВ ^б

ОЦІНКА ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЮ ДВЕРЕЗНІМНОЇ МАШИНИ, ЩО ЗАСТОСОВУЄТЬСЯ ДЛЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ КОКСОВИХ БАТАРЕЙ

^а ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», ^б Філія № 7 «Макіївкокс» ЗАТ «ВНЕСШТОРГСЕРВІС»

Анотація. У статті розглянуті конструктивні особливості, принцип роботи та умови безпечної експлуатації дверезнімної машини, застосовуваної для обслуговування коксових батарей. Виявлено, що на роботу даної машини істотно впливають високі температури. Як об'єкт розгляду прийнята метало-конструкція коксонаправівної дверезнімної машини, причому для порівняння розглядалися три марки сталей: 10Г2С, 10ХСНД і 08Х13. Виконано аналіз розподілу температур в передній балці метало-конструкції, що піддається найбільшим впливам високих температур. А також проведено числовий аналіз впливу температурних навантажень на напружено-деформований стан металоконструкції для зазначених сталей. Найкращі результати показала нержавіюча жаростійка сталь 08Х13, однак внаслідок її важкозварюваності перевагу слід віддавати сталі 10ХСНД, яка за міцністю і температурними характеристиками незначно відрізняється від сталі 08Х13, а зварюваність у неї без обмежень.

Ключові слова: деформація, дверезнімна машина, коксонаправівна, металоконструкція, напруження, сталь, температура.

TATYANA LUTSKO ^а, YURI KRIKUNOV ^б

ANALYSIS OF THE EFFECT OF THERMAL LOADINGS ON THE METAL CONSTRUCTION DOOR OF REMOVABLE MACHINE USED FOR MAINTENANCE OF COKE OVEN BATTERIES

^а Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, ^б Filial No 7, Makeevka Coke Plant CJSC «VNESHTORGSERVIS»

Abstract. The article describes the design features, principle of operation and conditions of safe operation of the door of the removable machine used for servicing coke oven batteries. It is revealed that the operation of this machine is significantly affected by high temperatures. As the object of consideration is adopted the metal construction of the coke guide of the removable door of the machine, and for comparison there were three grades of steel: 10Г2С, 10ХСНД and 08Х13 (10G2S, 10KHSND and 08KH13). It has been Carried out the analysis of the temperature distribution in the front beam of the metal structure exposed to the greatest impact of high temperatures. A numerical analysis of the influence of temperature loads on the stress-strain state of the metal structure for these steels. The best results were shown by stainless heat-resistant steel 08Х13 (08KH13), but due to its difficult weld ability, preference should be given to steel 10ХСНД (10KHSND), which strength and temperature characteristics slightly different from steel 08Х13 (08KH13), and weld ability it without restrictions.

Key words: deformation, door removable machine, metal construction, strain, steel, temperature.

Луцко Татьяна Васильевна – кандидат технических наук, доцент кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей, технологических машин и оборудования ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: статика и динамика грузоподъемных кранов.

Крикунов Юрий Васильевич – мастер по ремонту оборудования коксового цеха филиала № 7 «Макеевкокс» ЗАО «ВНЕШТОРГСЕРВИС». Научные интересы: исследование напряженно-деформированного состояния металлоконструкций грузоподъемных машин.

Луцко Тетяна Василівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, технологічних машин та обладнання ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: статика і динаміка вантажопідійомних кранів.

Крикунов Юрий Васильович – майстер з ремонту обладнання коксового цеху філії «Макіївкокс» ЗАТ «ВНЕШТОРГСЕРВІС». Наукові інтереси: дослідження напружено-деформованого стану металоконструкцій вантажопідійомних машин.

Lutsko Tatyana – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Technical Exploitation and Service of Automobiles, Technological Machines and Equipment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: static's and dynamics of lifting cranes.

Krikunov Yuri – foreman of equipment of the coke shop, Filial No 7, Makeevka Coke Plant CJSC «VNESHTORGSERVIS». Scientific interests: research of stress-strain state of metal structures of lifting machines.

УДК 621.876

Т. В. ЛУЦКО

ГОО ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ВЛИЯЮЩИХ НА РАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЫБОР АВТОГИДРОПОДЪЕМНИКОВ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы, связанные с повышением эффективности применения автогидроподъемников на строительном объекте. Определены основные тенденции развития данной грузоподъемной техники. Приведена классификация автогидроподъемников в зависимости от вида рабочего (стрелового) оборудования. В качестве объектов исследования приняты три типа подъемника: коленчатый, телескопический и коленчато-телескопический. Для оценки эффективности автогидроподъемников определялись следующие параметры: показатель оценки материалоемкости высоты подъема; обобщенный показатель материалоемкости, энергоемкости и зоны обслуживания; удельная производительность. Проведен сравнительный анализ результатов расчета коэффициентов грузовой устойчивости для рассматриваемых трех типов автогидроподъемников. На основании проведенных исследований определен наиболее эффективный тип конструкции автогидроподъемника. Таким образом, в статье обоснованы рекомендации по рациональному выбору автогидроподъемников на основании оценки их показателей.

Ключевые слова: автогидроподъемник, высота подъема, зона обслуживания, масса, показатель эффективности, устойчивость.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Автогидроподъемники широко используются при монтаже, обслуживании и ремонте линий электропередач, осветительных систем, выполнении различных фасадных работ и т. д. При расширении их геометрических и массовых параметров возникает проблема рационального выбора подъемника под конкретный объект строительства. В связи с чем является актуальным анализ и оценка показателей, определяющих эффективность эксплуатации подъемников.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Опыт эксплуатации подъемников показывает [1, 2], что в последнее время выпускаются подъемники, отличающиеся большим разнообразием конструктивного исполнения рабочего оборудования, при этом увеличиваются их основные параметры: высота подъема, вылет и грузоподъемность. Проанализируем и систематизируем показатели, влияющие на выбор той или иной модификации автогидроподъемника.

Согласно проведенным ранее исследованиям установлено, что для оценки эффективности применения строительной техники может быть использована система показателей эффективности [3–6], среди которых основными являются: производительность; удельная производительность, удельная металлоемкость (материалоемкость), удельная энергоемкость, показатели оценки энерго- и материалоемкости.

Кроме перечисленных показателей, для подъемника важна оценка его устойчивости против опрокидывания. Поскольку с увеличением высоты подъема и вылета стрелового оборудования, что несмотря на безусловно положительный фактор для эксплуатационных возможностей машины, снижается ее устойчивость, что, в свою очередь, снижает эффективность применения данной техники. Например, вносит ограничения по грузоподъемности либо возникает необходимость по увеличению опорного контура рассматриваемого типа машин.

Целью исследования является оценка показателей эффективности автогидроподъемников, определяющих их рациональное использование на строительном объекте.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Разнообразие рабочего оборудования рассматриваемой грузоподъемной техники можно привести к двум типам:

- 1) автовышки телескопические для вертикального подъема;
- 2) автогидроподъемники для наклонного движения.

Второй тип подъемников в зависимости от рабочего (стрелового) оборудования делится на:

- 1) коленчатые (шарнирно-сочлененные) (рисунок 1а);
- 2) телескопические (рисунок 1б);
- 3) коленчато-телескопические (шарнирно-телескопические) (рисунок 1в).

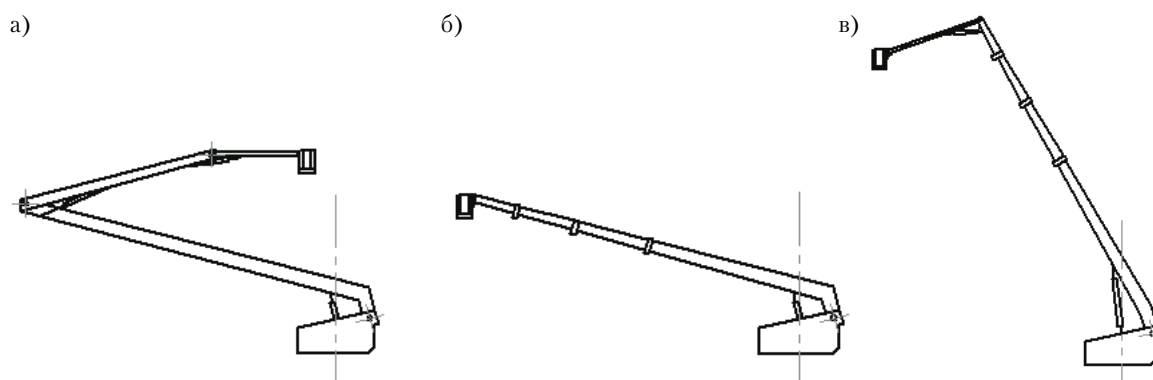


Рисунок 1 – Разновидности автогидроподъемников в зависимости от рабочего (стрелового) оборудования: а) коленчатый; б) телескопический; в) коленчато-телескопический.

В настоящее время основная тенденция развития автогидроподъемников – увеличение высоты подъема. Самая большая высота подъема у автогидроподъемников, выпускаемых в России и странах СНГ – 50 м, которую обеспечивает коленчатый подъемник АКП-50 на базе КАМАЗ-6540 российского предприятия ОАО «Пожтехника» (Тверская обл., г. Торжок) [1, 2]. Среди зарубежных наиболее известный производитель высотных подъемников – это финская компания Bronto Skylift, которая в 2010 г. выпустила автогидроподъемник S112HLA, у которого максимальная высота подъема 112 м, грузоподъемность 500 кг, на высоте 90 м вылет достигает 26 м. При этом собственная масса подъемника АГП 112 HLA небольшая – всего 75–77 т [1].

Увеличение высоты подъема влечет за собой расширение зоны обслуживания подъемника. В связи с тем, что рабочее (стреловое) оборудование может иметь различную конфигурацию, проанализируем параметры автогидроподъемников с тремя разновидностями рабочего оборудования: коленчатым, телескопическим и коленчато-телескопическим, изображенным соответственно на рисунке 1а, б и в. Для этого будем использовать систему показателей, представленных в работах [3–6]: показатель оценки материалоемкости высоты подъема, обобщенный показатель материалоемкости, энергоемкости и зоны обслуживания, удельная производительность.

Показатель оценки материалоемкости высоты подъема, кг/м:

$$П_m = \frac{m_{\text{под}}}{H} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $m_{\text{под}}$ – масса подъемника, кг;
 H – максимальная высота подъема, м.

Обобщенный показатель материалоемкости, энергоемкости и зоны обслуживания, кг кВт/м⁴:

$$П_{mNS} = \frac{m_{\text{под}} N}{S^2} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где S – площадь зоны обслуживания подъемником (очерчивается стреловым оборудованием, высотные характеристики на рис. 2), м².

Удельная производительность, кг/(кг ч):

$$P_{уд} = \frac{Q}{m_{под} \cdot t_{ц}} \rightarrow \max, \quad (3)$$

где Q – грузоподъемность, кг;

$t_{ц}$ – продолжительность рабочего цикла подъемника, ч.

Рассмотрим решение задачи оценки показателей подъемников в следующем виде: даны три подъемника с соответствующими зонами обслуживания, грузоподъемностью и временем подъема люльки на максимальную высоту, необходимо выбрать подъемник с наиболее эффективными показателями.

На рисунке 2 изображены три автогидроподъемника с максимальной высотой подъема 17 м: коленчатый ПКА-17, телескопический АПТ-17 и коленчато-телескопический ПАРТ-17, выпускаемые

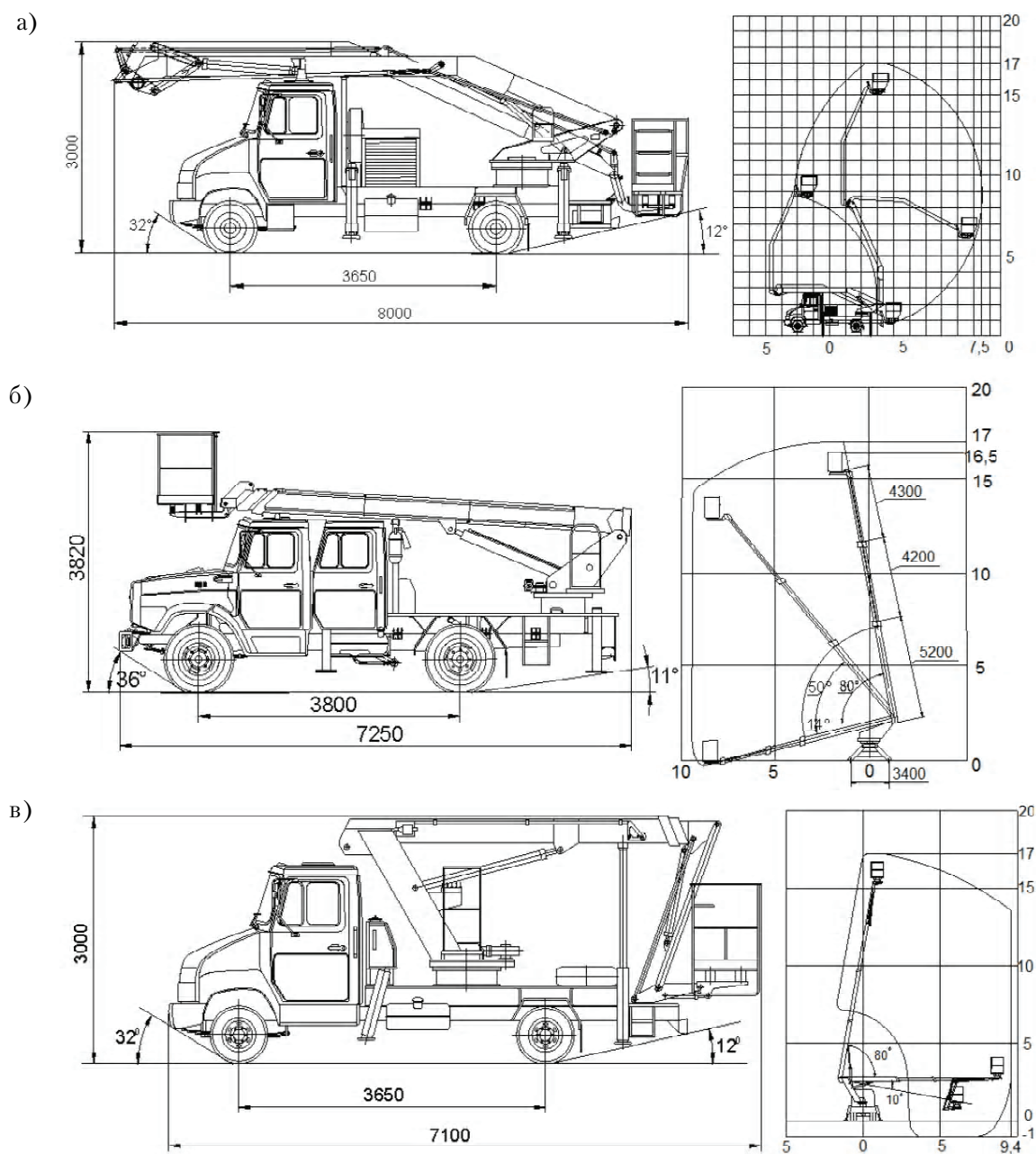


Рисунок 2 – Автогидроподъемники с максимальной высотой подъема 17 м, выпускаемые ОАО «Пожтехника» [2]: а – коленчатый ПКА-17 с зоной обслуживания; б – телескопический АПТ-17 с зоной обслуживания; в – коленчато-телескопический ПАРТ-17 с зоной обслуживания.

ОАО «Пожтехника» [2]. На рисунке 2 также представлены их зоны обслуживания. В таблице представлены их технические характеристики и результаты расчета показателей эффективности.

Таблица – Технические характеристики и показатели эффективности автогидроподъемников высотой подъема 17 м

Наименование показателей	Коленчатый ПКА-17	Телескопический АПТ-17	Коленчато- телескопический ПАРТ-17
Шасси	ЗИЛ-5301 (4×2)	ЗИЛ-433362 (4×2)	ЗИЛ-5301 (4×2)
Мощность двигателя, N , кВт	80	110	80
Максимальная скорость передвижения, v , км/ч	85	90	85
Высота подъема люльки, H , м	17	17	17
Грузоподъемность люльки, Q , кг	300	300	200
Вылет, м	7	8,5	9
Угол поворота стрелы, α , град.	370°	370°	370°
Масса полная, $m_{пол}$, кг	6 000	8 000	6 000
Габаритные размеры, м	8,0×2,5×3,0	7,25×2,50×3,82	7,1×2,5×3,0
Зона обслуживания, S , м ²	115,4	108,6	119,5
Показатель оценки материалоемкости высоты подъема, P_m , кг/м	352,9	470,6	352,9
Обобщенный показатель материалоемкости, энергоемкости и зоны обслуживания, P_{mNS} , кг·кВт/м ⁴	36,0	74,6	33,6
Удельная производительность, $P_{уд}$, кг/(кг·ч)	1,8	1,25	1,2

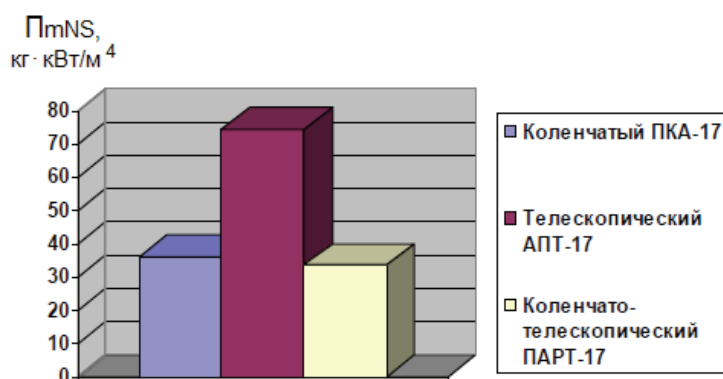


Рисунок 3 – Гистограмма показателя материалоемкости, энергоемкости и зоны обслуживания для автогидроподъемников высотой подъема 17 м.

При этом зона обслуживания у коленчато-телескопического подъемника ПАРТ-17 максимальная. Однако удельная производительность данного подъемника приняла наименьшее значение, связано это с его наименьшей грузоподъемностью 200 кг в отличие от сравниваемых подъемников других типов грузоподъемностью 300 кг. Поэтому в качестве рекомендации следует предложить увеличить скорость подъема люльки по сравнению с другими подъемниками данного класса, чтобы повысить данный показатель.

Выполнен анализ коэффициентов грузовой устойчивости подъемников, как одного из факторов, влияющих на эффективность эксплуатации данных грузоподъемных машин. Опорный контур у всех рассматриваемых подъемников приблизительно одинаковый. Поскольку изначально меньшая грузоподъемность из рассматриваемых автогидроподъемников у коленчато-телескопического подъемника ПАРТ-17, то естественно с учетом устойчивости данный подъемник оказывается наиболее устойчивым. Коэффициенты грузовой устойчивости проверялись на максимальном вылете при

На рисунке 3 представлена гистограмма показателя материалоемкости, энергоемкости и зоны обслуживания P_{mNS} для рассматриваемых подъемников.

Проанализировав значения показателей, можно сделать вывод о наиболее эффективном подъемнике – это коленчато-телескопический подъемник ПАРТ-17, у которого показатель оценки материалоемкости высоты подъема принял наименьшее значение наряду с коленчатым подъемником ПКА-17, а значение показателя материалоемкости, энергоемкости и зоны обслуживания получился минимальным среди рассматриваемых подъемников.

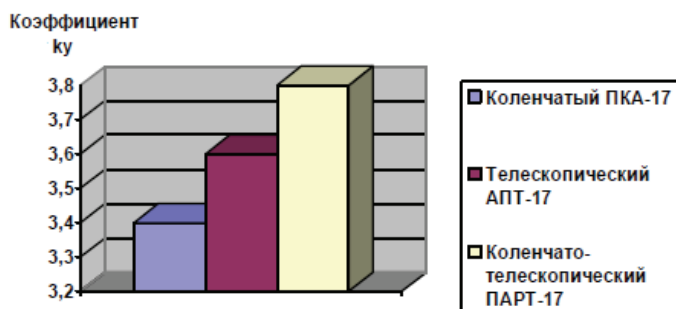


Рисунок 4 – Значения коэффициентов грузовой устойчивости k_y автогидроподъемников высотой подъема 17 м.

таллоконструкции стрелового оборудования. Значения коэффициентов устойчивости получились завышенными, однако в данном анализе не рассматривалась собственная устойчивость, что может внести коррекцию в общий анализ устойчивости подъемников. Кроме этого, повышение грузоподъемности с 200 кг до 250 кг приводит к существенному падению устойчивости – на 20%. Поэтому на данном этапе ограничимся только сравнением результатов расчета грузовой устойчивости для рассматриваемых типов подъемников.

Таким образом, на основании проведенного анализа оценки показателей эффективности потребителю по техническим характеристикам стоит остановить свой выбор на коленчато-телескопическом подъемнике ПАРТ-17. Окончательно выбор производится после экономических расчетов и определения стоимости машины.

Таким образом, определены основные показатели эффективности автогидроподъемников, по которым предлагается осуществлять их выбор.

ВЫВОДЫ

Проанализированы конструктивные особенности стрелового оборудования автогидроподъемников. Рассмотрены основные тенденции развития данной грузоподъемной техники.

Основные показатели, которые рекомендуются использовать при рациональном выборе автогидроподъемника:

- 1) показатель оценки материалоемкости высоты подъема P_m ;
- 2) показатель материалоемкости, энергоемкости и зоны обслуживания P_{mNS} ;
- 3) удельная производительность;
- 4) коэффициенты устойчивости.

Проведен численный анализ показателей эффективности, а также расчет грузовой устойчивости автогидроподъемников с высотой подъема 17 м и тремя видами стрелового оборудования: коленчатого ПКА-17, телескопического АПТ-17 и коленчато-телескопического ПАРТ-17. На основании полученных результатов рекомендуется выбирать коленчато-телескопический подъемник ПАРТ-17.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Протасов, Н. Автогидроподъемники – спецтехника широкого профиля [Текст] / Н. Протасов // Основные средства. – 2017. – № 6. – С. 2–5.
2. Строительные и коммунальные автоподъемники [Электронный ресурс] // ОАО «Пожтехника». – Торжок : [б. и.], 2018. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://www.pozhtekhnika.ru/comm.php>. – Загл. с экрана.
3. Луцко, Т. В. Анализ эффективности применения дополнительной стрелы в подъемнике гидравлическом ПГ-22.11 [Текст] / Т. В. Луцко // Механизация строительства. – 2015. – № 3. – С. 30–32.
4. Хмара, Л. А. Оценка эффективности телескопического рабочего оборудования одноковшового гидравлического экскаватора [Текст] / Л. А. Хмара // Строительство, материаловедение, машиностроение. – 2002. – Вып. 15.4.2. – С. 143–150.
5. Хмара, Л. А. Телескопическое рабочее оборудование гидравлического экскаватора и оценка его эффективности [Текст] / Л. А. Хмара, О. А. Дахно // Строительные и дорожные машины. – 2013. – № 11. – С. 8–11.
6. Улитич, О. Ю. Методика расчёта оптимальных параметров одноковшовых фронтальных погрузчиков на основе анализа системы показателей эффективности [Электронный ресурс] / О. Ю. Улитич // Электронное

издание СДМ – Строительные дорожные машины и техника. – [Б. м. : ПО «Стройтехника»], [2007]. – Режим доступа: <http://sdm.str-t.ru/publics/101/>. – Загл. с экрана.

Получено 11.10.2018

Т. В. ЛУЦЬКО

АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА РАЦІОНАЛЬНИЙ ВИБІР АВТОГІДРОПІДЙОМНИКІВ

ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Анотація. У статті розглядаються питання, пов'язані з підвищенням ефективності застосування автогідропідйомників на будівельному об'єкті. Визначено основні тенденції розвитку даної вантажопідйомної техніки. Наведено класифікацію автогідропідйомників за видом робочого (стрілового) обладнання. За об'єкти дослідження прийняті три типи підйомника: колінчастий, телескопічний і колінчасто-телескопічний. Для оцінки ефективності автогідропідйомників визначалися наступні параметри: показник оцінки матеріалоемності висоти підйому; узагальнений показник матеріалоемності, енергоемності і зони обслуговування; питома продуктивність. Проведено порівняльний аналіз результатів розрахунку коефіцієнтів вантажної стійкості для розглянутих трьох типів автогідропідйомників. На підставі проведених досліджень визначено найбільш ефективний тип конструкції автогідропідйомника. Таким чином, у статті обґрунтовано рекомендації щодо раціонального вибору автогідропідйомників на основі оцінки їх показників.

Ключові слова: автогідропідйомник, висота підйому, зона обслуговування, маса, показник ефективності, стійкість.

TATYANA LUTSKO

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE RATIONAL CHOICE OF HYDRAULIC LIFTS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article deals with issues related to improving the efficiency of hydraulic lifts at the construction site. The basic tendencies of development of this load-lifting equipment are defined. The classification of hydraulic lifts depending on the type of working (boom) equipment is determined. Three types of lift are accepted as objects of research: cranked, telescopic and cranked-telescopic. To assess the effectiveness of hydraulic lifts, the following parameters were determined: the indicator of assessment of material capacity of the lifting height; the generalized indicator of material capacity, energy intensity and service area; specific productivity. A comparative analysis of the calculation results of the load stability coefficients for the three types of hydraulic lifts is carried out. On the basis of the carried out researches the most effective type of a design of a hydraulic lift is defined. Thus, the article is substantiated the recommendations for the rational choice of hydraulic lifts based on the assessment of their performance.

Key words: hydraulic lift, lifting height, service area, weight, factor of efficiency, stability.

Луцко Татьяна Васильевна – кандидат технических наук, доцент кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей, технологических машин и оборудования ДОНБУСЬКА НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ. Научные интересы: статика и динамика грузоподъемных кранов.

Луцко Тетяна Василівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, технологічних машин та обладнання ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ. Наукові інтереси: статика і динаміка вантажопідйомних кранів.

Lutsko Tatyana – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Technical Exploitation and Service of Automobiles, Technological Machines and Equipment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: static's and dynamics of lifting cranes.

УДК 621.317.089.6

Д. Г. БЕЛИЦКИЙ, И. В. СЕЛЕЗНЁВ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

КОМПЬЮТЕРНОЕ АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАБОТЫ С УЧЕБНЫМ СТЕНДОМ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Аннотация. Среди учебных заведений наблюдается нехватка современного измерительного оборудования. Представлены основные типы тензометрических датчиков, а также рассмотрены самые популярные типы программного обеспечения для фиксации данных. Проведён анализ последних исследований и публикаций по теме регистрации и фиксации усилий на наземных транспортных и технологических машинах. Описана структурная схема всего измерительного комплекса и его составляющих частей. Рассмотрена конструкция резистивного тензодатчика и предварительного усилителя на базе современного вычислительного комплекса, оснащенного процессором Atmega 328.

Ключевые слова: ардуино, тензодатчик, программирование, обработка данных, статистика.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Состояние экономики множества стран мира во многом определяется темпами научно-технического прогресса, наличием перспективных технологий и разработок. Среди учебных заведений наблюдается нехватка современного измерительного оборудования. По данным статистики практически все измерительные комплексы относятся к сегменту дорогостоящих [1], поэтому создание недорогого аналога, способного обеспечить точные измерения и сравнительную дешевизну в производстве, также позволит повысить уровень образовательного процесса и улучшить качество профессиональных компетенций студентов.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Для регистрации измерения усилий на рабочих органах наземных транспортно-технологических машин (НТТМ) используют тензодатчики. Тензорезистивные датчики представляют собой упругий элемент, на котором зафиксирован тензорезистор [2]. Под действием силы (вес груза) происходит деформация упругого элемента вместе с тензорезистором. По изменению сопротивления тензорезистора можно вычислить степень деформации, которая будет пропорциональна силе, приложенной к конструкции [3].

Принцип измерения веса при помощи тензодатчиков основан на уравнивании массы взвешиваемого груза с упругой механической силой тензодатчиков и последующего преобразования этой силы в электрический сигнал для последующей обработки. Современная промышленность выпускает широкий диапазон тензорезистивных датчиков. Основная затратная часть их использования для фиксации усилий НТТМ ложится на специализированное программное обеспечение. К таким программам относятся Power Graph [4], National Instrument [5] и т. п.

ЦЕЛЬ

Обоснование целесообразности и технической возможности использования вычислительного комплекса на базе процессора Atmega 328 для фиксации усилий в моделях рабочих органов наземных транспортно-технологических машин.

© Д. Г. Белицкий, И. В. Селезнёв, 2018

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Для записи выходных данных использовалось специализированное программное обеспечение на базе ARDUINO, которое имеет функциональные возможности для тонкой настройки датчиков и оборудования. Для считывания данных с датчика требуется промежуточный усилитель сигнала, который имеет в своем функционале два уровня усиления сигнал (в нашем случае достаточно первого уровня). После усиления сигнала он передается на принимающую плату ARDUINO на процессоре Atmega 328, в последующей обработке сигнал переходит на ЭВМ (рисунок 1).

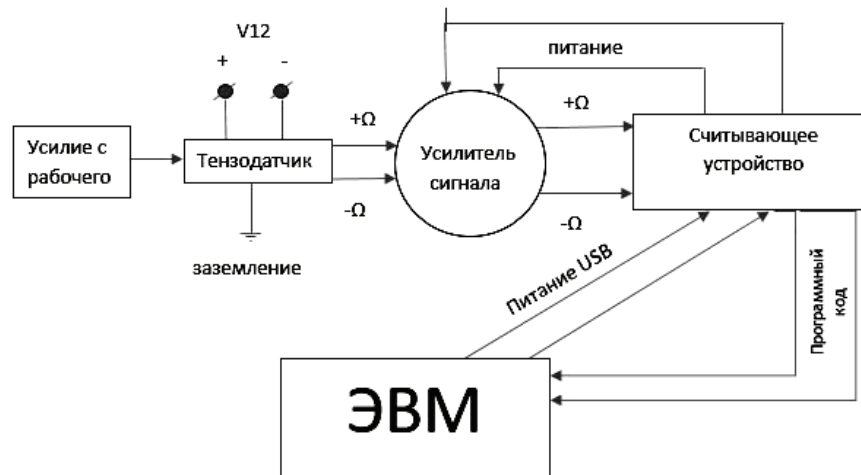


Рисунок 1 – Структурная схема.

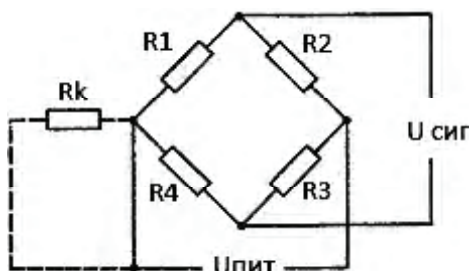


Рисунок 2 – Мост Уитстона [5].

Конструкция резистивного тензодатчика представляет собой упругий элемент, на котором зафиксирован тензорезистор. Широкое применение получила мостовая схема включения резисторов – мост Уитстона (рисунок 2). Схема представляет собой 4 тензорезистора, соединенных в электрический мост. Напряжение питания измерительного моста, как правило, в интервалах 3...30 В переменного или постоянного тока, R_1, R_2, R_3, R_4 – сопротивления плеч измерительного моста, R_5 – добавочное сопротивление, необходимое для компенсации изменения температуры окружающей среды и выравнивания чувствительности.

Чувствительность тензодатчика – это отношение выходного напряжения сигнала к входному напряжению питания тензометрического моста [6].

Для обработки данных считывающим устройством необходимо усиление и фильтрация выходного напряжения тензодатчиков. В учебных целях был собран усилитель на базе усилителя сигнала HX711. Для обработки данных считывающим устройством необходимо усиление и фильтрация выходного напряжения тензодатчиков. Входной мультиплексор позволяет выбирать дифференциальный вход канала А или В в малошумящий программируемый усилитель (PGA) [4]. Канал А может быть запрограммирован с усилением 128 или 64, соответствующим полномасштабному дифференциальному входному напряжению ± 20 мВ или ± 40 мВ, соответственно. Когда питание 5 В подключено к контакту AVDD аналогового источника питания, канал В имеет фиксированное усиление 32. Регулятор питания на кристалле устраняет необходимость в внешнем регуляторе питания для обеспечения аналоговой мощности для АЦП и датчика. Вход синхронизации является гибким. Это может быть источник внешнего тактового сигнала, кристалл или встроенный генератор, который не требует какого-либо внешнего компонента. Встроенная схема включения питания при включении упрощает инициализацию цифрового интерфейса. Для внутренних регистров не требуется программирования. Все элементы управления проходят через контакты АЦП HX711 для тензодатчиков, Arduino [7] может использоваться в несложных проектах на микроконтроллерах, где нужно точно снимать показания с тензодатчиков. Практическое применение: создание бытовых весов, измерение

силы на сервоприводах. Потом нужно подключить АЦП НХ711 к тензодатчикам (мостовая схема), к Arduino контроллеру (другому управляющему микропроцессорному устройству) и подать питание. АЦП НХ711 имеет два разъема для подключения к тензодатчикам, для подключения к контроллеру и для подачи питания: разъем, обозначенный на плате J1, используется для подключения тензодатчиков. Обозначение контактов: E+, E- (питание тензодатчиков); A-, A+ (канал A); B-, B+ (канал B); разъем, обозначенный на плате JP2, используется для подключения к контроллеру и для подачи питания. Обозначение контактов: VCC (напряжение питания), GND (общий контакт), DT (данные), SCK (частота) – интерфейс.

ВЫВОД

Для современных учебных заведений данный измерительный комплекс несомненно представляет интерес. Его низкая стоимость и простота сборки позволяют обеспечить вузы хорошим оборудованием для обработки данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евзютин, А. А. Автоматизация школьного и вузовского физического эксперимента с использованием многоканальной платы аналого-цифрового преобразования [Электронный ресурс] / А. А. Евзютин // Методист. – 2001. – № 3. – Режим доступа : <http://www.physics.uni-altai.ru/Metodist/?issue=3&article=4>.
2. Принцип работы тензодатчика веса и давления [Электронный ресурс] // Автоматизация и электрика. – [Б. м. : б. и.], [2018]. – Режим доступа : <https://www.asutpp.ru/tenzodatchik.html>.
3. Чукан, Йозеф Тензометрические датчики силы [Электронный ресурс] / Йозеф Чукан, Константин Костиков // Компоненты и технологии. – 2010. – № 1. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/v/tenzometricheskie-datchiki-sily>.
4. Измайлов, Д. Ю. Виртуальная измерительная лаборатория PowerGraph [Электронный ресурс] / Д. Ю. Измайлов // ПиКАД. – 2007. – № 3. – С. 42–47. – Режим доступа : http://www.powergraph.ru/files/pg_picad200703.pdf.
5. Шахнович, С. И. Технологии National Instruments – инструмент для инноваций [Электронный ресурс] / С. И. Шахнович // Электроника НТБ. – 2007. – № 6. – Режим доступа : <http://www.electronics.ru/journal/article/600>.
6. Дайчик, М. Л. Методы и средства натурной тензометрии [Текст] / М. Л. Дайчик, Н. И. Пригоровский, Г. Х. Хуршудов. – М. : Машиностроение. – 1989. – 240 с.
7. Краткий обзор перспективы применения микропроцессорной платформы Arguino [Электронный ресурс] / Е. Я. Омельченко, В. О. Танич, А. С. Маклаков, Е. А. Карякина // Электротехнические системы и комплексы. – 2013. – Вып. 21. – С. 28–33. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/v/kratkiy-obzor-i-perspektivy-primeneniya-mikroprotsessornoy-platforny-arduino>.

Получено 11.10.2018

Д. Г. БЕЛИЦЬКИЙ, І. В. СЕЛЕЗНЬОВ
КОМП'ЮТЕРНЕ АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОБОТИ З
НАВЧАЛЬНИМ СТЕНДОМ ФІЗИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ
ПРОЦЕСІВ НАЗЕМНИХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН
ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Серед навчальних закладів спостерігається нестача сучасного вимірювального обладнання. Представлені основні типи тензометричних датчиків, а також розглянуті найпопулярніші типи програмного забезпечення для фіксації даних. Проведено аналіз останніх досліджень і публікацій по темі реєстрації та фіксації зусиль на наземних транспортних і технологічних машинах. Описана структурна схема всього вимірювального комплексу і його складових частин. Розглянуто конструкцію резистивного тензодатчика і попереднього підсилювача на базі сучасного обчислювального комплексу, оснащеного процесором Atmega 328.

Ключові слова: ардуіно, тензодатчик, програмування, опрацювання даних, статистика.

DMITRY BELITSKIY, IGOR SELEZNEV
COMPUTER HARDWARE FOR WORKING WITH A TRAINING STAND FOR
PHYSICAL MODELING OF WORK PROCESSES OF LAND TRANSPORT-
TECHNOLOGICAL MACHINES

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. There is a shortage of modern measuring equipment among educational institutions. The basic types of strain gauges are presented, as well as the most popular types of data fixing software are considered. The analysis of recent research and publications on the registration and fixation of efforts on land transport and technological machines. The block diagram of the whole measuring complex and its components is described. The design of a resistive strain gauge and a preamplifier based on a modern computing complex equipped with an Atmega 328 processor is considered.

Key words: arduino, trend sensor, programming, data processing, statistics.

Белицкий Дмитрий Григорьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей, технологических машин и оборудования ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: повышение эффективности разработки грунтов грейферными рабочими органами.

Селезнёв Игорь Витальевич – магистр, ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: измерительные комплексы и программирование.

Белицкий Дмитро Григорович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, технологічних машин та обладнання ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: підвищення ефективності розробки ґрунтів грейферними робочими органами.

Селезньов Ігор Віталійович – магістр, ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вимірювальні комплекси і програмування.

Belitskiy Dmitry – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Technical Exploitation and Service of Automobiles, Technological Machines and Equipment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: increase of effectiveness of soil development by clamshell working bodies.

Seleznev Igor – Master, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: measuring complexes and programming.

УДК 69.056.55

С. О. ТИТКОВ, А. В. ИХНО, А. А. ТОЧЕНАЯ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ИССЛЕДОВАНИЕ НДС КОЛОННЫ АММИАЧНО-ИЗВЕСТКОВОЙ С УЧЕТОМ КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА

Аннотация. Статья посвящена анализу напряжённо-деформированного состояния (НДС) в ПК ЛИРА-САПР аммиачно-известковой колонны с учетом коррозионного износа. Проведен глубокий анализ конструктивного решения аммиачно-известковой колонны, изучен технологический процесс, происходящий в данном объекте. Построена расчетная схема аммиачно-известковой колонны непрерывного действия. Составлено расчётное сочетание усилий (РСН) для технологического процесса по уточненным данным. На основе обследования технического состояния данного агрегата был выявлен процент коррозионного износа. Проведен анализ данных, полученных при расчете идеализированной схемы и с введением в данную схему коррозионного износа по статистическим данным, полученным при анализе технического состояния аммиачно-известковой колонны. Данная работа поможет в дальнейшем при оценке и паспортизации технического состояния объектов данного типа.

Ключевые слова: напряжённо-деформированное состояние, аммиачно-известковая колонна, расчетная схема, техническое состояние, коррозионный износ, программный комплекс solidworks.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ численных значений НДС колонны аммиачно-известковой с учетом коррозионного износа.

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

- создать объемную уточнённую расчетную схему колонны аммиачно-известковой;
- составить расчетное сочетание нагрузок с учетом особенностей работы агрегата;
- на основе данных обследования создать объемную уточнённую расчетную схему колонны аммиачно-известковой с учетом коррозионного износа;
- выполнить построение схемы и расчёт в программном комплексе solidworks;
- проанализировать трудоемкость и результаты построения модели в программном комплексе solidworks;
- провести анализ численных данных НДС конструктивных элементов аммиачно-известковой колонны как идеализированной, так и с учетом коррозионного износа.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Работа посвящена исследованию напряженно-деформированного состояния аммиачно-известковой колонны с учетом технологического процесса протекающего внутри агрегата.

Предпосылкой для выбора данной тематики послужило возникновение необходимости оценки технического состояния объекта и исследования его остаточной несущей способности. Объектом исследования выступила аммиачно-известковая колонна со смесителем и отстойником Ø2,2 м высотой 11,2 м, являющаяся основным аппаратом, в котором происходит дистилляция (отгонка) аммиака из слабой аммиачной воды.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Описание конструктива

Для проведения численного анализа объекта построена объемная расчетная схема колонны (рис. 1), строго соответствующая чертежам, предоставленным компанией одним из заводов коксохимического производства. Данная расчетная схема была построена для анализа работы несущей способности в процессе эксплуатации.

На рисунке 1 изображена объемная уточненная расчетная схема, построенная с помощью КЭ 41,42,44. Построение такой расчетной схемы необходимо для уточнения всех факторов, влияющих на действительную работу аммиачно-известковой колонны, а также для оценки действительной работы аммиачно-известковой колонны в соответствии с технологической схемой работы агрегата.

Общие характеристики расчётной схемы: количество КЭ – 7 266, количество узлов – 7 045, общее количество неизвестных – 38 636.

Особенность расчёта

Моделирование уточненного ветрового воздействия с помощью программы ЭСПРИ 2016 и приложение введения ее с помощью ТХТ файла.

Нагрузки

Для реализации этих особенностей к сформированной расчетной схеме прикладывались такие нагрузки, как:

1. Собственный вес конструкций (рис. 2).
2. Температурное воздействие (рис. 3).
3. Ветровое воздействие (рис. 4, 5).
4. Собственный вес оборудования внутри агрегата (рис. 6).
5. Давление паров внутри агрегата (рис. 7).
6. Следящая нагрузка от собственного веса агрегата (рис. 8).
7. Гидростатическое давление от надсмольной воды (рис. 9).

Для полного отображения влияния технологического цикла на металлоконструкции были созданы сочетания нагрузок, которые появляются в результате эксплуатации агрегата.

РСН построены в соответствии с технологическим циклом работы объекта исследования.

Исходные данные

Среда в аппарате – аммиачная вода, аммиачные пары. Температура среды – 115 °С.

Рабочее давление в аппарате: по расчёту – $P = 0,7 \text{ кг/см}^2$. Площадь сечения аппарата в свету – $A = 3,8 \text{ м}^2$. Периметр барботажа – 23,2 м. Испытание на плотность и прочность на заводе-изготовителе гидравлическим давлением

– 2 кг/см^2 . Испытание на герметичность смонтированного аппарата давлением пара – 1 кг/см^2 .

Аппарат снаружи изолируется. Количество тарелок: исчерпывающих 14 шт., укрепляющих – 4 шт. При испытании тарелок на барботажа на системе «воздух-вода» количество подаваемого воздуха $Q_v = 6\,000 \text{ м}^3/\text{час}$. Расчётное сопротивление 1 тарелки при этом равно $P = 45 \text{ мм}$ водяного столба.

Расчётная осевая нагрузка на фундамент $P_{\phi} = 60\,000 \text{ кг} \approx P_{\phi} = 60 \text{ т} \approx P_{\phi} = 600 \text{ кН}$.

Общий вес аппарата – $P_a = 37\,410 \text{ кг} \approx P_a = 37,5 \text{ т} \approx P_a = 368 \text{ кН}$.

Колонна аммиака – технологический агрегат, предназначенный для получения аммиака. Для создания оболочки в вычислительном комплексе использовался конечный элемент пластина КЭ – 4-х узловая оболочка. Крепление агрегата к фундаменту принято жёстким. Жёсткость стенки и фланцев для стыковки царг приведена.

Подсчёт ветровой нагрузки

Подсчёт ветровой нагрузки выполнен согласно нормам проектирования [3–4] (табл. 1).

Схемы приложения ветровой нагрузки на колонный агрегат согласно требованиям [4] (табл. 2).

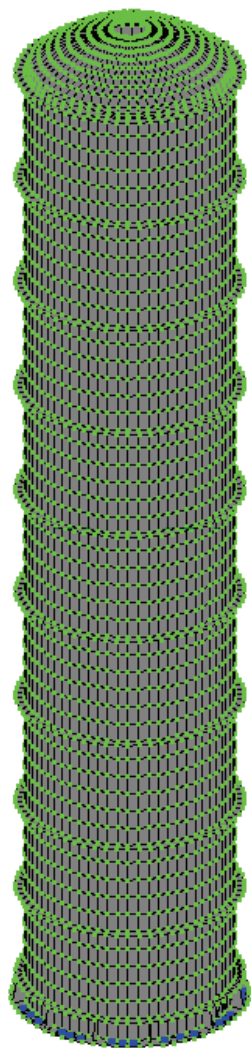


Рисунок 1 – Объёмная уточненная модель аммиачно-известковой колонны (ПК ЛИРА-САПР 2017).

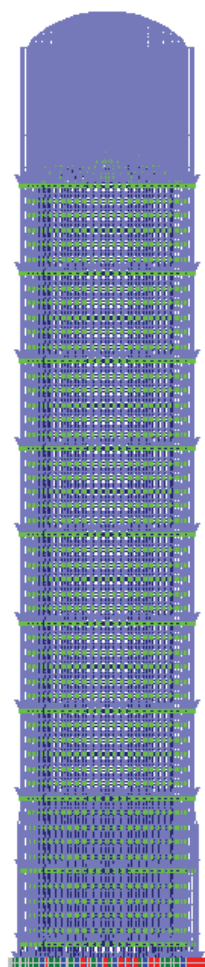


Рисунок 2 – Отображение собственного веса на расчётной схеме.

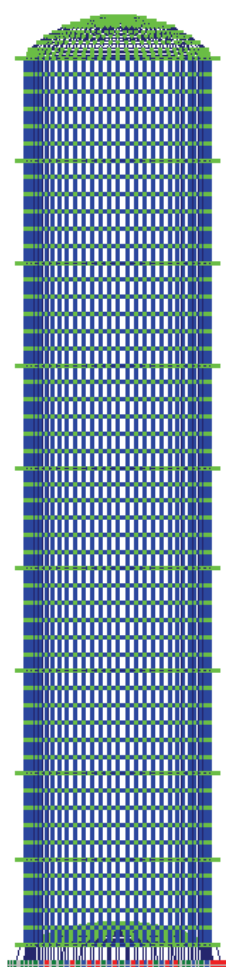


Рисунок 3 – Отображение температурного воздействия.

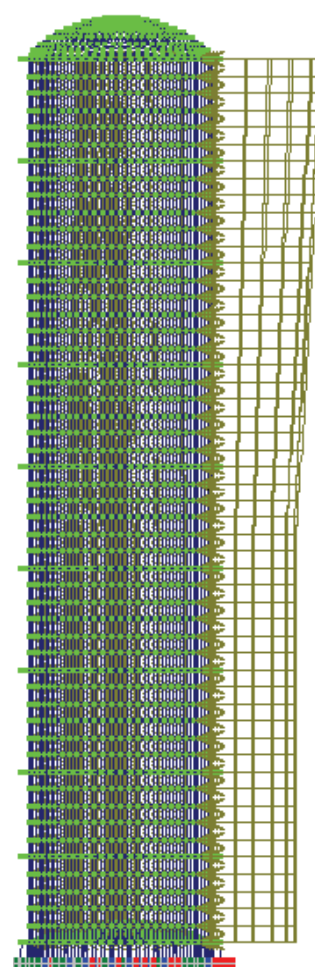


Рисунок 4 – Ветровое воздействие и вид UZ.

Результаты расчёта по требованиям [4]:

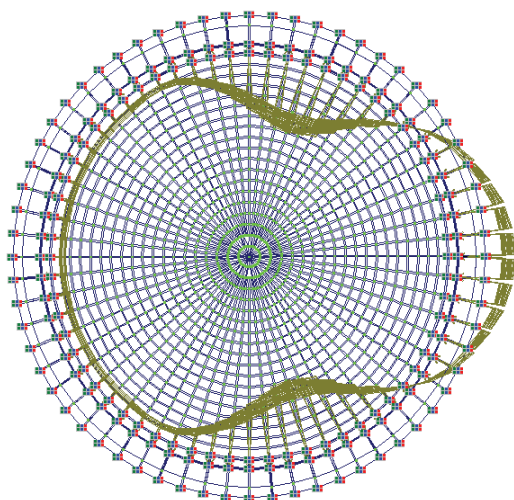


Рисунок 5 – Ветровое воздействие и вид в сечении.

Нормативное значение ветрового воздействия – $0,024 \text{ Т/м} = 0,24 \text{ кН/м}$.

Расчётное значение ветрового воздействия – $0,039 \text{ Т/м} = 0,39 \text{ кН/м}$.

Подсчёт производился при помощи программы ЭСПРИ 2016.

Подсчёт постоянных нагрузок на колонну

Из исходных данных известно, что общая масса аппарата составляет $P_a = 37\,410 \text{ кг} \approx P_a = 37,5 \text{ т} \approx P_a = 368 \text{ кН}$. Нагрузка, действующая на фундамент агрегата от его массы, составляет $P_\phi = 60\,000 \text{ кг} \approx P_\phi = 60 \text{ т} \approx P_\phi = 600 \text{ кН}$.

В расчётной схеме массу агрегата с учётом конструкции бартотажа представим в виде равномерно распределённой вертикальной «следящей» нагрузки.

Площадь распределения «следящей» нагрузки по поверхности определим исходя из геометрических параметров агрегата: $A_{\text{сн}} = \pi \cdot D \cdot H = 3,14 \cdot 2,20 \cdot 10,57 =$

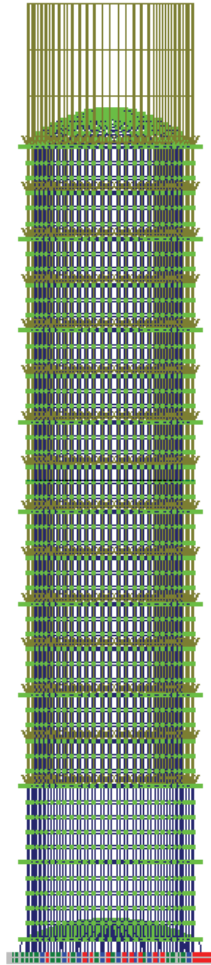


Рисунок 6 – Собственный вес оборудования внутри агрегата.

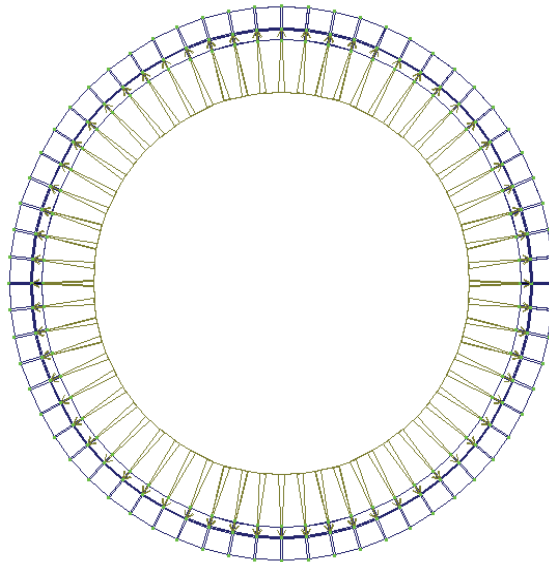


Рисунок 7 – Давление паров внутри агрегата.

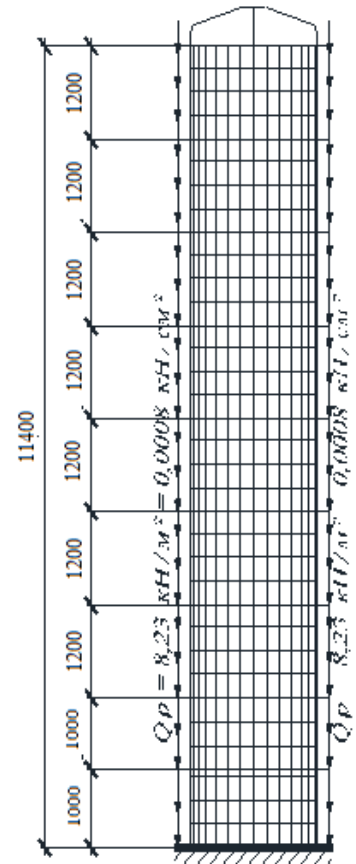


Рисунок 8 – Схема приложения следящей нагрузки от собственного веса агрегата.

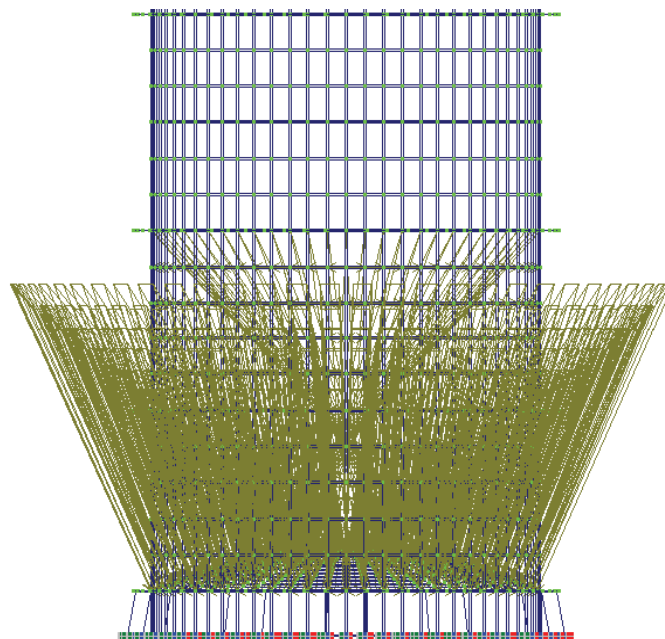


Рисунок 9 – Гидростатическое давление от надсмольной воды.

Таблица 1 – Данные для подсчета ветровой нагрузки

Ветровой район	V
Нормативное значение ветрового давления	0,06 Т/м ²
Тип местности	В – городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые с препятствиями высотой более 10 м
Тип сооружения	Цилиндрические резервуары

Таблица 2 – Параметры объекта – аппарата колонного типа для производства аммиака

Поверхность	стальная конструкция	
Шаг сканирования	0,2 м	
Коэффициент надёжности по нагрузке	1,4	
Геометрические параметры агрегата по производству аммиака		
H (высота агрегата)	11,06	м
d (диаметр агрегата)	2,2	м
T (толщина стенки)	8,0	мм

73,02 м², где $A_{сн}$ – площадь распределения «следящей» нагрузки; π – математическая постоянная; D, H – диаметр и высота агрегата соответственно.

Величину распределённой «следящей» нагрузки определим исходя из его массы P_a и площади распределения «следящей» нагрузки $A_{сн}$: $Q_p = P_a / A_{сн} = 600 / 70,02 = 0,0008$ кН/см².

Схема приложения «следящей» нагрузки представлена на рис. 8.

Технологические нагрузки на колонну

Подсчёт технологических нагрузок – от давления газов, температуры производить не обязательно, т. к. при ремонте агрегат эксплуатироваться не будет. Однако после проведения ремонтных работ необходимо произвести испытание агрегата на герметичность смонтированного аппарата давлением пара – 1 кг/см². Температура среды – 115 °С. Схема приложения нагрузки от давления пара и температурного воздействия представлены на рис. 10а и рис. 10б соответственно.

Результаты расчёта колонны

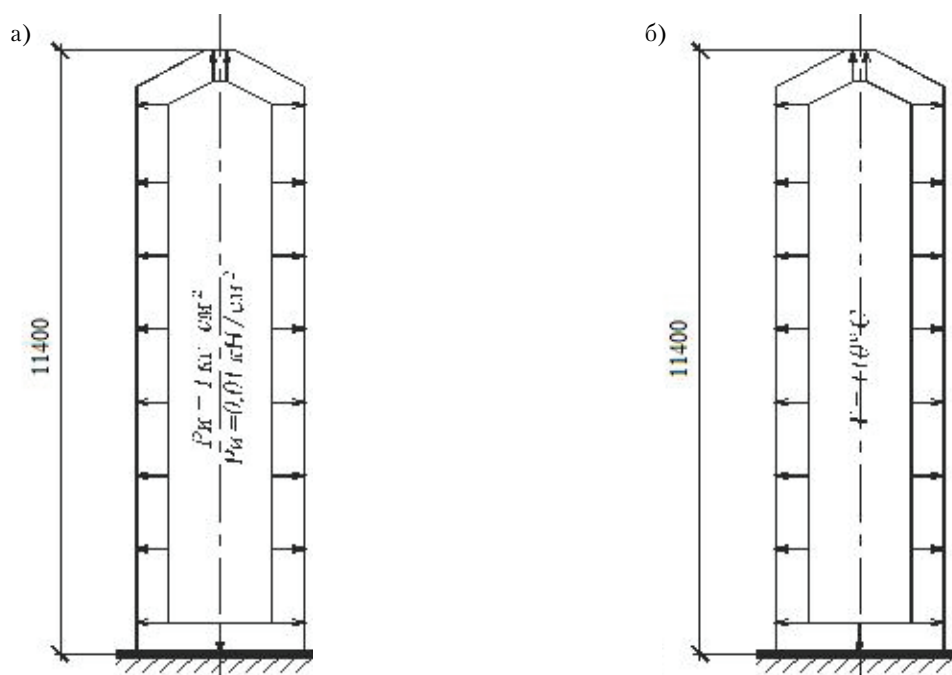


Рисунок 10 – Схема приложения нагрузки на агрегат от: а) давления пара; б) температурного воздействия.

Для наглядного представления результаты расчёта агрегата по производству аммиака колонного типа сформированы в виде ведомости максимальных напряжений по осевым направлениям оболочки и представлены в таблице 3. В качестве расчётного сочетания для агрегата, расчётная схема которого представлена в виде оболочки, принято совместное влияние нагрузки собственного веса агрегата, ветровой и температурной нагрузки.

Таблица 3 – Максимальные величины напряжений по направлениям оболочки в кН/см^2

NX	NY	THY	MX	MY	MXV	QX	QY	NS01	NE01
-4,69	-4,29	-7,21	2,26	2,1	4,42	-2,12	-1,16	-5,16	6,09

Дополнительно для проверки результатов расчёта агрегата колонного типа принято решение выполнить его расчёт по упрощённой расчётной схеме – в виде жёстко защемлённого консольного стержня [1–3]. Расчётная схема с приложениями отдельных загрузок представлена на рис. 11. Результаты расчёта агрегата колонного типа представлены в таблице 4, в которой даны максимальные усилия, возникающие в консольном стержне. В качестве расчётного сочетания принято совместное влияние нагрузки собственного веса агрегата, ветровой и температурной нагрузки.

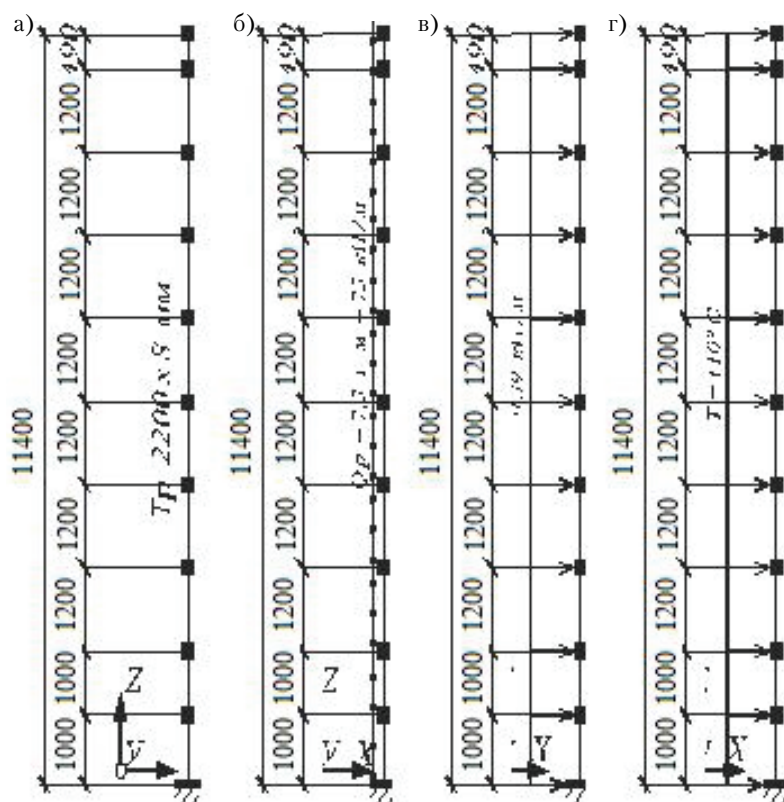


Рисунок 11 – Расчётная схема с приложениями отдельных загрузок.

Таблица 4 – Максимальные величины усилий в консольном стержне в кН (т)

N	M	Q
600 (60)	13 (1,3)	0,1

Конструктивный расчёт оболочки агрегата

В качестве расчётного параметра для расчёта прочности [5–7] сечения корпуса агрегата, который смоделирован конечными элементами оболочки, принято суммарное эквивалентное напряжение $NE01 = 6,09 \text{ кН/см}^2$.

Согласно спецификации Ш.0010.10 царги агрегата изготовлены из серого чугуна СЧ 15-32 по [7]. В соответствии с приложением 1 [7] временное сопротивление при растяжении для СЧ 15-32 с толщиной стенки отливки 8 мм составляет 180 МПа. Следовательно, $R_y = 180 \text{ МПа} \times \gamma_c = 180 \cdot 0,9 = 162 \text{ МПа} = 16,2 \text{ кН/см}^2$, R_y – расчётное сопротивление стали, согласно [6]; γ_c – коэффициент надёжности по материалу, согласно [6].

Определим площадь поперечного сечения колонного агрегата по формуле 1 ($A_{ка}$):

$$A_{ка} = \pi D_n - \pi D_b = 3,14 \cdot 220 - 3,14 \cdot 204 = 50,24 \text{ см}^2, \quad (1)$$

Определим несущую способность сечения колонного агрегата по формуле 2:

$$N = R_y \cdot A_{ка} = 16,2 \cdot 50,24 \approx 814 \text{ кН}, \quad (2)$$

81 т – несущая способность стенки (царги) агрегата.

В соответствии с Примечанием к пункту 2.1 [7]: *Допускается превышение минимального значения временного сопротивления при растяжении не более чем на 100 МПа, если в нормативно-технической документации на отливки нет других ограничений.*

Следовательно, максимально возможная прочность чугуна СЧ 15-32 – $R_y = 280 \text{ МПа} \cdot \gamma_c = 280 \cdot 0,9 = 252 \text{ МПа} = 25,2 \text{ кН/см}^2$.

Несущая способность сечения колонного агрегата по формуле 3:

$$N = R_y \cdot A_{ка} = 25,2 \cdot 50,24 \approx 1266 \text{ кН}, \quad (3)$$

где $\approx 126 \text{ т}$ – несущая способность стенки (царги) агрегата, если минимальное значение временного сопротивления агрегата будет на 100 МПа больше, чем минимальное. Учитывая, что максимальное эквивалентное напряжение в агрегате от действующих нагрузок с учётом температурного воздействия составляет $NE01 = 6,63 \text{ кН/см}^2$, а усилие, возникающее в агрегате от проектных нагрузок – $N = NE01 \cdot A_{ка} = 6,63 \cdot 50,24 = 333,09 \text{ кН} \approx 34 \text{ т}$. В качестве расчётного параметра для определения прочности сечения корпуса агрегата, расчётная схема которого представлена в виде консольного стержня, принято усилие $N = 600 \text{ кН} = 60 \text{ т}$.

Напряжение, возникающее в сечении колонного агрегата, который смоделирован консольным стержнем: $\sigma = 600/A_{ка} = 600/50,24 = 11,9 \text{ кН/см}^2$. Из расчёта прочности корпуса агрегата, который смоделирован в виде консольного стержня, можно сделать вывод: данная расчётная схема не позволяет адекватно учесть напряжения, возникающие в агрегате от температурного воздействия в кольцевом направлении – поперёк сечения агрегата.

На основе полученных статистических, численных и экспериментальных данных сформулированы общие выводы:

1. Составлена уточненная объемная расчетная схема аммиачно-известковой колонны с расчетным сочетанием нагрузок, описывающих технологический процесс работы данного агрегата, позволяющий учесть не только радиальные напряжения, но и кольцевые.
2. Проведен анализ идеализированного агрегата без учета коррозии, найден запас прочности, который составил 400 %.
3. Проведен анализ влияния коррозионного износа, полученного в ходе нормальной эксплуатации агрегата на протяжении 57 лет, показал, что запас прочности агрегата снизился на 25,48 %.
4. Выполнено построение и анализ расчетной схемы в программном комплексе Solidworks который показал, что по количеству затраченного времени и ресурса персонального компьютера рациональнее использовать расчетный комплекс ЛИРА САПР.
5. При сравнении результатов двух программных комплексов были выявлены существенные расхождения, которые обусловлены методом приложения ветрового воздействия на модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 25215.82 Сосуды и аппараты высокого давления. Обечайки и днища. Нормы и методы расчёта на прочность [Текст]. – Введ. 1983-07-01. – Москва : Государственный комитет СССР по стандартам, 1983. – 8 с.
2. ГОСТ Р 51273-99 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчёта на прочность. Определение расчётных усилий для аппаратов колонного типа от ветровых нагрузок и сейсмических воздействий [Текст]. – Введ. 1999-05-06. – Москва : Госстандарт России, 1999. – 11 с.

3. Атрощенко, В. И. Методы расчётов по технологии связанного азота [Текст] / В. И. Атрощенко, И. И. Гальперин, А. П. Засорин и др. – 2 изд. – Х. : Изд-во Харьковского Ордена Трудового Красного Знамени Государственного Университета, 1978. – 312 с.
4. ДБН В.1.2-2:2006 Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования [Текст]. – Введ. 2006-07-01. – Киев : Минстрой Украины, 2006. – 78 с.
5. Сосуды и трубопроводы высокого давления [Текст] : справочник / Е. Р. Хисматулин, Е. М. Королев, В. И. Лившиц и др. – Москва : Машиностроение, 1990. – 384 с. : ил.
6. СТО 00220227-005-2009 Сосуды и аппараты, стальные сварные высокого давления. Общие технические характеристики [Текст]. – Взамен ОСТ 24.201.03 – 90 ; введ. 2011-07-11. – Иркутск : Иркутск НИИ Химмаш, 2011. – 210 с.
7. ГОСТ 1412-85 Чугун с пластинчатым графитом для отливок [Текст]. – Взамен ГОСТ 1412-79 в части марок чугуна ; введ. 1987-01-01. – Москва : ИПК Издательство Стандарт, 2004. – 3 с.

Получено 01.20.2018

С. О. ТИТКОВ, Г. В. ІХНО, А. А. ТОЧЕНА
ДОСЛІДЖЕННЯ НДС КОЛОНИ АМІАЧНО-ВАПНЯНОЇ З УРАХУВАННЯМ
КОРОЗІЙНОГО ЗНОСУ
ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Анотація. Стаття присвячена аналізу напружено-деформованого стану (НДС) в ПК ЛІРА-САПР аміачно-вапняної колони з урахуванням корозійного зносу. Проведено глибокий аналіз конструктивного рішення аміачно-вапняної колони, вивчений технологічний процес, що відбувається в даному об'єкті. Побудована розрахункова схема аміачно-вапняної колони безперервної дії. Складено розрахункове поєднання зусиль (РСН) для технологічного процесу за уточненими даними. На основі обстеження технічного стану даного агрегату було виявлено відсоток корозійного зносу. Проведено аналіз даних, отриманих при розрахунку ідеалізованої схеми і з введенням в дану схему корозійного зносу за статистичними даними, отриманими при аналізі технічного стану аміачно-вапняної колони. Дана робота допоможе в подальшому при оцінці та паспортизації технічного стану об'єктів даного типу.

Ключові слова: напружено-деформований стан, аміачно-вапняна колона, розрахункова схема, технічний стан, корозійний знос, програмний комплекс solidworks.

SERGEY TITKOV, ANNA IHNO, ANASTASIA TOCHUONAYA
INVESTIGATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE AMMONIA-LIME
COLUMN TAKING INTO ACCOUNT THE CORROSIVE WEAR
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article is devoted to the analysis of the stress-strain state (SSS) in the PC LIRA-SAPR of the ammonia- lime column taking into account the corrosive wear. A deep analysis of the constructive solution of the ammonia-lime column has been carried out, the technological process taking place in this facility has been studied. The design scheme of an ammonia-lime column of continuous action is constructed. A calculated combination of efforts for the technological process is made according to the specified data. Based on a survey of the technical condition of this unit, the percentage of corrosive wear was identified. The analysis of the data obtained during the calculation of the idealized scheme and the introduction of corrosion deterioration into the scheme according to statistical data obtained during the analysis of the technical state of the ammonia-lime column were analyzed. This work will help in the future when assessing and certification of the technical condition of objects of this type.

Key words: stress-strain state, ammonia-lime column, calculation scheme, technical condition, corrosive wear, software complex solid works.

Титков Сергей Олегович – аспирант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: возведение и реконструкция промышленных сооружений.

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.

Точеная Анастасия Артуровна – студентка ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: охрана окружающей среды и промышленная санитария.

Титков Сергій Олегович – аспірант кафедри технології і організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: зведення і реконструкція промислових споруд.

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.

Точена Анастасія Артурівна – студентка ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: охорона навколишнього середовища та промислова санітарія.

Titkov Sergey – Post-graduate student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: erection and reconstruction of industrial facilities.

Ihno Anna – assistant, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: designing, installation, operation, technical diagnostics, an estimation of a technical condition, reconstruction and strengthening of building metal designs, technology and the organization of works at construction and reconstruction of buildings and constructions.

Tochuonaya Anastasia – student, Donbas National Academy of Construction and Architecture. Scientific interests: environmental protection and industrial sanitation.

УДК 624.01.004.15

В. Н. ЛЕВЧЕНКО, В. М. ЛЕВИН, В. Ф. КИРИЧЕНКО

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ

Аннотация. Проблемы долговечности привлекают заметное и все возрастающее внимание в строительном мире. Это объясняется тем, что значительная часть зданий, сооружений и объектов инфраструктуры возведена 50–70 лет назад и находится в настоящее время в изношенном состоянии. Многоплановая проблема долговечности железобетонных конструкций зданий и сооружений представляет собой совокупность ряда взаимосвязанных проблем: технологичности, надежности, экономичности, а также экологических аспектов. Ее решение должно осуществляться на основе системного подхода. В то же время в области долговечности еще много неясного; часто рассмотрение ограничивается практическим или даже коммерческим уровнями, и для дальнейшего продвижения необходимо решить ряд назревших проблем. Одна из важнейших – разработка современных методов прогнозирования долговечности или срока службы проектируемых элементов и конструкций. Обеспечение требуемого уровня долговечности и надежности зданий и сооружений в процессе их существования выполняется техническими и организационными методами. В статье изложены общие вопросы и современное состояние данной проблемы, включая основные положения проектирования долговечности железобетонных конструкций, существующие методы ее оценки, понятия и критерии, связанные с долговечностью.

Ключевые слова: долговечность, надежность, корреляция, моделирование, безотказная работа, деградация.

Железобетонные конструкции промышленных зданий и сооружений в процессе длительной эксплуатации подвергаются воздействию сложных по своему характеру нагрузок, температурно-влажностных деформаций, агрессивной среды, других внешних и внутренних факторов.

В целом развитие проблемы долговечности железобетонных конструкций и сооружений реализуется путем разработки методов оценки, прогноза и повышения долговечности. При рассматривании долговечности железобетонных конструкций можно выделить следующие особенности этой проблемы [5]:

- 1) вероятностный характер силовых и несиловых воздействий, их комплексность и взаимосвязь;
- 2) изменчивость технических характеристик материалов и конструкций;
- 3) влияние фактора времени на характер воздействий и свойства материалов.

Прогнозирование ресурса и срока службы – составляющая часть теории надёжности железобетонных конструкций.

Еще в 1924 г. Н. С. Стрелецкий выделил три фактора, определяющих безопасную работу сооружения: изменчивость свойств в материалах, изменчивость нагрузки и конструктивную поправку на правильность и качество изготовления конструкций. Он предложил универсальный подход по нахождению оптимального срока службы, который должен определяться по минимуму эксплуатационных расходов.

Современные методы расчета надёжности строительных конструкций, разработанные В. В. Болотиным, А. Р. Ржаницыным и другими учеными, открыли возможность внедрять в практику проектирования, строительства и эксплуатации методы теории вероятности, математической статистики и теории случайных процессов [1, 8].

Надежность зданий и сооружений непрерывно формируется на всех этапах их существования. Тем самым формируется первоначальный уровень долговечности и безотказности здания и его элементов.

Кроме того, при проектировании закладывается определенный запас в основные параметры объекта (прочность, деформативность и т. п.), который называется начальным резервированием (рис. 1).

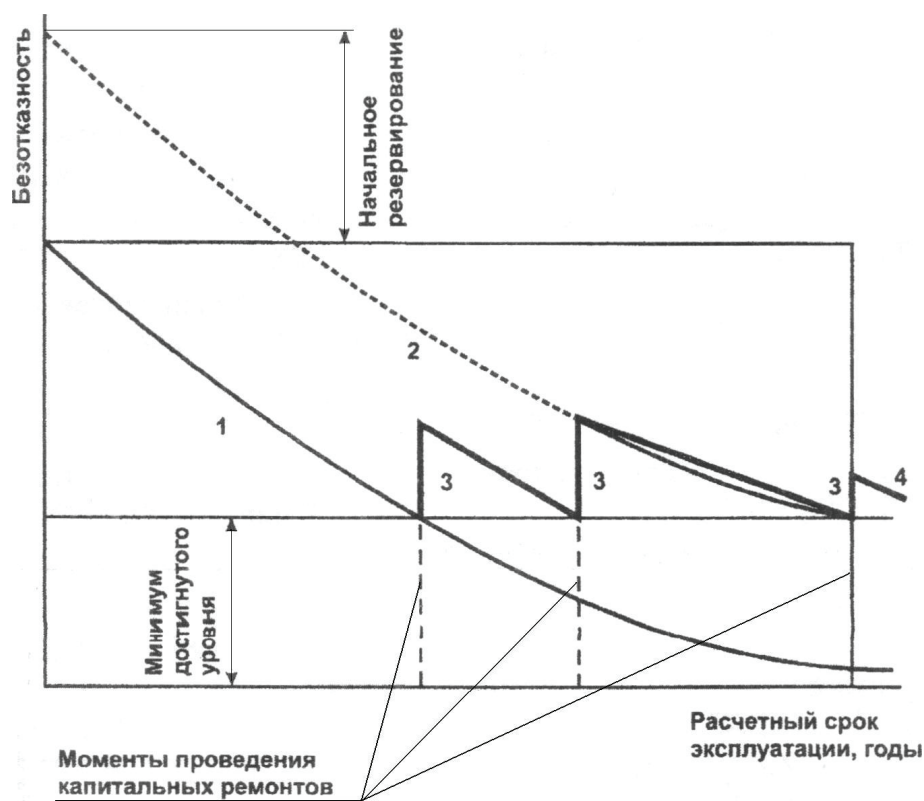


Рисунок 1 – Формирование и изменение надежности здания на стадиях проектирования и эксплуатации: 1 – изменение безотказности объекта в результате старения и износа; 2 – то же при начальном резервировании; 3 – повышение безотказности при капитальном ремонте; 4 – увеличение долговечности объекта.

Применение при плановых ремонтах новых конструктивных решений может повысить уровень ремонтпригодности объекта.

Оперативное устранение возникающих в процессе эксплуатации дефектов не позволяет им перерасти в отказ, и тем самым обеспечивается требуемый уровень надежности зданий и сооружений.

При проектировании (рис. 1, кривая 2) можно за счет удорожания объекта достичь высокого уровня начальной безотказности (ввести начальное резервирование) таким образом, чтобы с учетом снижения во времени безотказность достигла минимально допустимого уровня к концу расчетного срока эксплуатации. Можно предположить объект и без начального резервирования, что экономичнее первого варианта и предусмотреть такую последовательность капитальных ремонтов (кривая 1), которая бы обеспечивала уровень безотказности не ниже требуемого на всем этапе эксплуатации. Такой подход потребует больших по сравнению с первым вариантом эксплуатационных затрат.

Таким образом, обеспечение требуемого уровня надежности зданий и сооружений в процессе их существования может выполняться техническими и организационными методами и должен обосновываться комплексными оценками: социальными, техническими, экономическими, экологическими и др.

В варианте теории надежности механизмов и конструкций, разработанном В. В. Болотиным, отражено поведение объекта как результат его взаимодействия с окружающей средой.

Условие надежности конструкции в течение времени эксплуатации имеет вид:

$$P_{(t)} \geq P_H, \quad (1)$$

где $P(t)$ – вероятность безопасной работы конструкции в момент времени t ;
 P_H – нормативное значение вероятности безопасной работы. Левая часть неравенства

означает, что опасное состояние наступает в том случае, если усилие от внешней нагрузки S превышает несущую способность элемента Z , то есть, если

$$S - Z > 0. \quad (2)$$

с вероятностью $1 - P(t)$.

Успешной разработкой вероятностных методов расчета способствовали фундаментальные работы А. Р. Ржаницина [8], который предложил вероятность безотказной работы конструкций $P(t)$ за заданный срок службы « n » лет определять как вероятность неравенства

$$S - Q_n > 0, \quad (3)$$

где Q_n – обобщенная нагрузка, которая может возникнуть в течение расчетного срока службы; R – характеристика обобщенной прочности конструкции. Тогда резерв прочности конструкции определяется как:

$$S = R - Q_n. \quad (4)$$

Вероятность безотказной работы

$$P(t) = \int_0^{\infty} Q_{gr}(t) dt. \quad (5)$$

При выражении плотности распределения случайных величин с заданным законом распределения P_s через плотность вероятности нагрузки P_n и прочности P_r , вероятность $P(t)$ приобретает вид:

$$P(t) = \int_0^{\infty} Q_{gr}(t) \Phi(t) dt, \quad (6)$$

где $\Phi(t) = 1 - P_r(t)$, P_r – функция распределения характеристик прочности.

Одной из важных задач вероятностного расчета строительных конструкций является расчет на безопасность с учетом износа и влияния местных дефектов.

В. Д. Райзером введена функция износа в условиях безотказной работы конструкций [6]:

$$R_0 f(t) = Z(t) > S(t), \quad (7)$$

где R_0 – начальное значение несущей способности;
 $S(t)$ – нагрузочный эффект (усилия, напряжения);
 $f(t)$ – функция износа;
 $Z(t)$ – процесс изнашивания.

Применение метода теории надёжности для прогнозирования долговечности железобетонных конструкций встретило ряд трудностей. Известная модель надёжности строительных конструкций «нагрузка – прочность», в случае, когда причиной отказа является разрушение, в основном не учитывают фактор времени и не позволяют проследить эволюцию состояния конструкции, связанную с процессами разрушения.

Практические методы расчета ресурса и срока службы железобетонных конструкций отличаются от принятых в оценках долговечности машин и механизмов вследствие специфики развития деградационных процессов и разнообразия их сочетаний, весьма разной длительностью эксплуатации, из-за ограниченности или отсутствия исходной информации о законах распределения случайных факторов во времени и других причин.

Для описания изменения несущей способности $\Phi(t)$ с учетом фактора времени и накопления повреждений предлагается формула:

$$\Phi(t) = a_{\phi}(t) \Phi_0, \quad (8)$$

где Φ_0 – несущая способность железобетонной конструкции после изготовления при $t = 0$,
 $a_{\phi}(t)$ – функция времени, отражающая изменение несущей способности с течением времени при эксплуатации в связи с нарастанием прочности, условиями повторных и длительных нагрузок, влиянием агрессивной среды и других факторов.

На основе этого подхода получено основное уравнение ресурса по бетону предварительно напряженных железобетонных конструкций при совместном учете переменных факторов, условий нагружения и эксплуатации, что позволило определить срок службы элементов конструкций в результате разрушения бетона:

$$T = \frac{N_1}{n_i} \left(\frac{1 + \gamma V_R}{\eta} \right)^m, \quad (9)$$

где n_i – число циклов воздействий нагрузки в год;
 $N_1 = 2 \cdot 10^6$;
 $m = 20$;
 γ – коэффициент, соответствующий заданной обеспеченности P ;
 $\gamma = -2,33$ при $P = 0,99$;
 η – коэффициент, учитывающий уровень нагружения.

Рассмотренный подход несколько условен из-за несовершенства методики оценки вероятности работоспособности элементов. В этом смысле более удобен расчетный метод, основанный на последовательной замене случайных аргументов [9].

В современных нормах проектирования железобетонных конструкций по методу предельных состояний при разработке системы коэффициентов надёжности в рамках теории надёжности использованы методы теории вероятности и математической статистики, а непосредственно расчет выполняется по детерминированной схеме. Железобетонные конструкции, рассчитанные с помощью методов расчета, регламентированных в нормах проектирования, могут иметь неодинаковую вероятность безотказной работы по разным сечениям.

Долговечность рассматривается как всеобъемлющий критерий, зависящий не только от условий окружающей среды, но также от расчетных параметров конструкции, характеристик материалов, пропорций смеси и методов обработки. Подчеркивается важность изучения фундаментальных принципов, лежащих в основе процессов взаимодействия конструкций и окружающей среды.

Расчетные методы, основанные на той или иной разновидности теории ползучести, позволяют определить напряжения, перемещения и деформации железобетонных элементов в любой момент времени действия длительной нагрузки постоянного уровня. Предложения по учету переменности внешних воздействий нашли отражение в трудах А. Я. Барашикова, Ю. П. Гуши, Н. И. Карпенко [3].

Метод трансформированного времени τ_r , разработанный Н. И. Карпенко, позволяет избежать необходимости запоминать обширную информацию по истории напряженно-деформированного состояния элемента, что значительно упрощает расчеты.

Предлагаются подходы к прогнозированию долговечности материалов и изделий из них методом деградационных функций при комбинированных воздействиях и дан критерий предельного состояния, наступающего вследствие разрушения сжатого элемента от совместного воздействия силовых факторов и неблагоприятных влияний внешней среды, который определяется неравенством:

$$N < D(N) N(O), \quad (10)$$

где $N(O)$ – усилие, воспринимаемое элементом в начальный момент эксплуатации.

Для определения предельного состояния материалов при циклическом действии механических нагрузок, агрессивной среды и температуры используется критерий суммирования повреждений, получены выражения для описания долговечности образца при действии теплового, механического или химического видов энергии:

$$\tau_p(u_n) = \tau_0 \exp\left(\frac{u_0 - u_n}{kT}\right), \quad (11)$$

где T – абсолютная температура,
 k – постоянная Больцмана;
 u_0 – начальная энергия активации;
 u_n – уровень энергетического воздействия;
 τ_0 – константа.

В настоящее время в развитии практики теории оценки долговечности и в вопросах аналитических подходов прогнозирования срока службы железобетонных конструкций сложилось несколько основных направлений.

1. Общий метод, который является в широком смысле экспертной оценкой; он основан на коллективном опыте и знаниях полученных на базе лабораторных и производственных испытаний конструкций и материалов, а также специальных исследований [4].

При выборе железобетонных конструкций обычно учитываются эмпирические зависимости между проектными параметрами железобетонных конструкций и их качеством, контролируемым по результатам лабораторных, заводских и натурных испытаний и опыта эксплуатации.

Такой метод обеспечивает соответствие теории с практикой лишь в тех случаях, когда срок службы конструкции невелик или если условия окружающей среды не являются агрессивными по отношению к материалу конструкции.

2. Метод прогнозирования основан на сравнении эксплуатационного качества. Ограниченность метода состоит в том, что любая железобетонная конструкция обладает определенной уникальностью из-за вариаций свойств материалов, геометрий и конкретной практики строительства или изготовления. Поэтому сравнение между долговечностью известных старых и проектируемых новых аналогичных железобетонных конструкций не всегда приводит к достоверным результатам.

3. Ускоренные испытания. В тех случаях, когда нет опыта и знаний в отношении сопротивления воздействиям для новых материалов или конструкций, проводятся ускоренные возрастные испытания.

Важное требование для использования ускоренных испытаний состоит в том, что деградиационные механизмы в них должны быть такими же, как и при эксплуатации.

Если деградиационный процесс при соответственно пропорциональной скорости деградации одного и того же механизма одинаков для ускоренных по времени испытаний и долговременных испытаний в эксплуатационных условиях, коэффициент ускорения K может быть получен из:

$$K = \frac{R_{AT}}{R_{CT}}, \quad (12)$$

где R_{AT} – скорость деградации в ускоренных испытаниях;
 R_{CT} – скорость деградации при долговременных испытаниях в эксплуатационных условиях [4].

Наибольшей трудностью в использовании такой методики прогнозирования срока службы является получение обеспеченных данных о параметрах эксплуатационного значения за длительный отрезок времени, что приводит к необходимости развивать зависимости, выраженные через K .

Метод получил приложение к оценке долговечности конструкций при действии на них только отдельных факторов, например отрицательных температур. Долговечность образца при ускоренных испытаниях t к сроку службы железобетонной конструкции t' определяется как:

$$t_1 = kt', \quad (13)$$

где k – постоянная. В ускоренных испытаниях на морозостойкость при циклическом замораживании и оттаивании количественная оценка долговечности может быть выражена в терминах номера цикла заморзания и оттаивания, при котором достигается заданный уровень повреждений. Тогда срок службы конструкции может быть оценен как:

$$t_1 = k_e N, \quad (14)$$

где k_e – коэффициент, зависящий от условий окружающей среды;
 N – число циклов замораживания и оттаивания, вызывающих требуемый уровень повреждений лабораторного образца.

4. Методы математического моделирования, основанные на физике и химии деградиационных процессов. Ключевым вопросом здесь является значение закономерностей снижения эксплуатационного качества, то есть изменения основных свойств материалов и характеристик конструкций [5].

5. Методы, в которых используются практические приложения теории надежности и методов математической статистики. Одним из подходов при разработке расчетных моделей долговечности является оценка условной надежности, при которой характеристики прочности сечений и действующие на конструкцию нагрузки рассматриваются как случайные величины. При этом снижение несущей способности в период эксплуатации конструкции условно заменяется понятием статистической изменчивости расчетных параметров.

В соответствии с другим подходом вероятность безотказной работы в период эксплуатации подчиняется статистическим закономерностям, характерным для данного объекта. Они должны быть найдены по результатам статистической обработки большого объема информации об эксплуатационных отказах изучаемых объектов. Основным препятствием в реализации данного подхода является ограниченность объема информации об отказах.

Современными задачами здесь являются: а) надежность при износе; б) долговечность железобетонных конструкций в реальных условиях.

Одним из методов данной группы является метод расчета долговечности железобетонных конструкций с использованием коэффициента надежности по сроку службы.

6. Методы механики разрушений. В последние 10–15 лет проявилась новая тенденция к оценке долговечности железобетонных конструкций, в основе которой лежат практические аспекты механики разрушений и метода конечных элементов (МКЭ) [5].

7. Методы строительной механики железобетонных конструкций, взаимодействующих с агрессивной средой. Этот раздел теории конструкций, работающих в агрессивных средах, включает в себя приложение аналитических методов механики сплошного тела к задачам сопротивления железобетонных конструкций коррозионным воздействиям.

Рассмотренная классификация основных подходов к оценке долговечности является неполной и в известной степени условной, поскольку они часто применяются в сочетании, но общим является то, что концепциями расчета в них предусмотрен прямой учет фактора времени.

При любых, даже самых совершенных технических решениях вероятность отказа конструкций и оборудования всегда остается. Предотвратить отказы или сделать их последствия минимальными призваны организационные методы обеспечения надежности.

Организационным обеспечением надежности зданий и сооружений занимаются эксплуатационные службы, выполняющие две основные задачи [7]:

- выявление первых признаков возникновения отказа конструкций или оборудования и предотвращение его дальнейшего развития;
- снижение предупредительными мероприятиями (плановые ремонты, техническое обслуживание и т. п.) вероятности возникновения отказов.

При возникновении неисправности в конструкции или оборудовании здания значения их эксплуатационных параметров отклоняются до величины R_1 , которая выходит за пределы допустимых значений. Информация о нарушении появится у эксплуатационной службы через время t_1 . Для выявления причин неисправности, ее оценки и принятия решения по ней требуется время t_2 . На выполнение действий по устранению неисправности затрачивается время t_3 , определяемое свойствами ремонтнопригодности объекта. После завершения восстановительных работ для приведения отклонившегося параметра в исходное состояние требуется время t_4 , обусловленное технической инерцией объекта. Таким образом, период существования неисправности определяется по формуле:

$$T_{\text{неиспр}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4. \quad (15)$$

Время прохождения информации о неисправности зависит от субъективных факторов и технического решения объекта. Время же выявления причин возникновения неисправности и выработки плана действий по ее ликвидации, а также время устранения неисправности зависит от эксплуатационной службы. В конкретных условиях у эксплуатационного персонала существуют определенные возможности по восприятию информации о неисправности и принятию управляющего решения $t_{2\min}$, а также по выполнению ремонта $t_{3\min}$. При этом время существования неисправности станет минимальным при выполнении следующего условия:

$$T_{\text{неиспр min}} = t_1 + t_{2\min} + t_{3\min} + t_4. \quad (16)$$

Не всегда, получив информацию о наличии неисправности, эксплуатационный персонал немедленно начинает заниматься ее устранением. В этом случае, если неисправность вызывает не скачкообразное, а постепенное отклонение параметров объекта, то до наступления отказа объекта через время T его можно предотвратить. Для этого в момент времени i_x эксплуатационный персонал должен оперативно (за время $t_{3\min}$) выполнить ремонтные работы и не допустить возникновения отказа. Если описанная ситуация возможна, то это означает, что имеется некоторый избыток времени (резерв времени) над минимально необходимым, который определяется по формуле:

$$T_{\text{рез}} = T_{\text{от}} - T_{\text{pez}} = T_{\text{от}} - (t_1 + t_{2\min} + t_{3\min} + t_4). \quad (17)$$

Показатель резервного времени учитывает одновременно как внешние, так и внутренние ограничения эксплуатационного персонала, т. е. позволяет соотносить предъявляемые требования с возможностями эксплуатационной службы.

Вероятность безотказной работы является функцией времени. Чем дольше объект находится в эксплуатации, тем больше вероятность того, что произойдет отказ в его работе. Заблаговременное проведение планово-предупредительных замен конструкций или их элементов до момента возникновения отказа повышает вероятность безотказной работы, но влечет за собой увеличение эксплуатационных затрат (рис. 2). Найти приемлемое соотношение между требуемым уровнем надежности объекта и материальными затратами, связанными с ее обеспечением, можно посредством разработки оптимальной стратегии выполнения ремонтов.

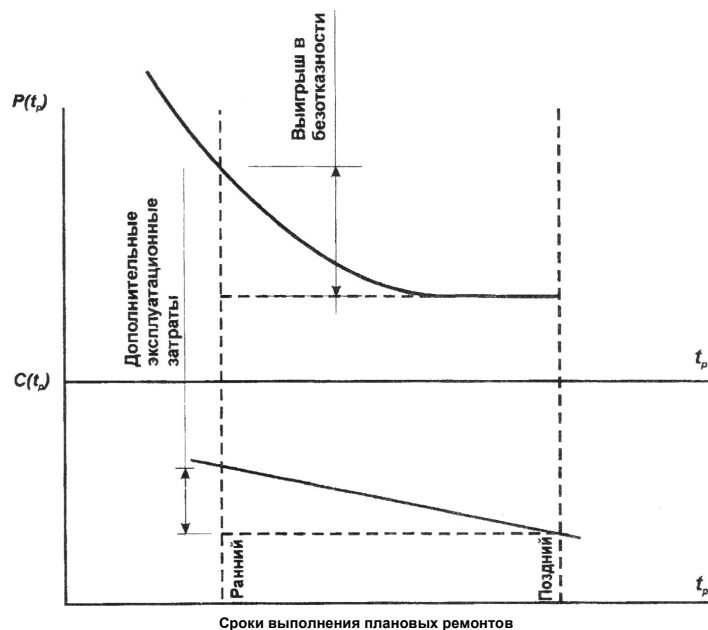


Рисунок 2 – Зависимость между выигрышем в надежности и материальными затратами на его достижение при предупредительной замене конструкций.

Критериями оптимальной стратегии выполнения ремонтов служат частота возникновения отказов и экономический показатель.

Для каждой конструкции существует некоторый предельный уровень частоты отказов $I_{отказов}$, который должны обеспечить эксплуатационные службы. Обеспечить допустимый уровень частоты отказов можно за счет изменения периода проведения плановых замен конструкции или ее элементов. Ожидаемая частота отказов при периодических плановых заменах конструкции рассчитывается по формуле:

$$I_{om} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{T_{пл}}{T_{cp}^2}, \quad (18)$$

где $T_{пл}$ – назначаемая периодичность проведения плановых замен конструкции (или ее элементов);
 T_{cp} – средний срок службы конструкции.

Задача обеспечения требуемого уровня частоты отказов сводится к выполнению неравенства:

$$I_{om} \leq I_{доп}. \quad (19)$$

Отсюда определяется периодичность проведения плановым замен конструкции:

$$T_{cp} \leq \frac{\pi}{4} \cdot I_{доп} \cdot T_{cp}^2. \quad (20)$$

Любой межремонтный период, удовлетворяющий приведенному неравенству, является приемлемым с точки зрения обеспечения надежности конструкции. Далее решается экономическая задача: из всех возможных межремонтных периодов, удовлетворяющих условию обеспечения надежности конструкции, выбрать тот, при котором интенсивность эксплуатационных затрат наименьшая.

ВЫВОД

Железобетонные конструкции имеют конечный срок службы, так как они значительно подвержены физическим, химическим и механическим изменениям, следствием которых является их деградация и уменьшение их способностей выполнять требуемые функции.

Ключевым в области долговечности является вопрос о прогнозировании срока службы новых железобетонных конструкций, который рассматривается как более гарантированный параметр, чем долговечность.

В настоящее время в расчете на надежность и долговечность железобетонных конструкций нет единого общепринятого подхода, а теория расчета железобетонных конструкций, взаимодействующих с агрессивной и другими типами сред, еще далека до окончательного решения. По-видимому, в этих условиях перспективным и приемлемым подходом для прогнозирования срока службы железобетонных конструкций зданий и сооружений, основанным на знании деградационных механизмов и скорости деградационных процессов, является использование математических моделей в детерминистской и стохастической постановке и ускоренные испытания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болотин, В. В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций [Текст] / В. В. Болотин. – М. : Машиностроение, 1984. – 215 с.
2. Clanvil, I. Prediction of Concrete Durability [Текст] / I. Clanvil, A. Neville, G. Sommerville. – [E. Fn Spon : S. n.], 1996. – 208 p.
3. Карпенко, Н. И. Расчет железобетонных стержневых конструкций при многократных повторных и знакопеременных нагрузках [Текст] : учебное пособие / Н. И. Карпенко, Т. А. Мухамедиева, А. К. Кузнецов. – Тольятти : Тол. ПИ, 1989. – 111 с.
4. Clifton, P. I. Preheating the life of concrete [Текст] / P. I. Clifton // ACI. Materials Journal. – 1993. – No. 6. – P. 611–617.
5. Пухонто, Л. М. Долговечность железобетонных конструкций инженерных сооружений [Текст] / Л. М. Пухонто. – М. : Издательство АСВ, 2004. – 419 с.
6. Кайзер, В. Д. Расчет и нормирование надежности строительных конструкций [Текст] / В. Д. Райзер. – М. : Стройиздат, 1995. – 352 с.
7. Рекомендации по обеспечению надежности и долговечности железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений при их реконструкции и восстановлении [Текст] / Харьковский Промстройинипроект, Донецкий Промстройинипроект, ХИСИ, Харьковский ин-т инж. коммунального стр-ва, Харьковское бюро внедрения НИИ НПО «Лакокраспокрытие», Криворожский горно-рудный ин-т, НИИПромстрой, Уральский Промстройинипроект, Иркутский политехн. ин-т. – М. : Стройиздат, 1990. – 176 с.
8. Ржаницын, А. Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность [Текст] / А. Р. Ржаницын. – М. : Стройиздат, 1978. – 239 с.
9. Чирков, В. П. Надежность и долговечность железобетонных конструкций зданий и сооружений [Текст] / В. П. Чирков ; Российская арх.-строит. энциклопедия. – Том V. – М. : ВНИИ НТПИ Госстроя РФ, 1998. – С. 86–177.

Получено 02.10.2018

В. М. ЛЕВЧЕНКО, В. М. ЛЕВІН, В. Ф. КИРИЧЕНКО ДОВГОВІЧНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ І АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЇХ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ У БУДІВЛЯХ І СПОРУДАХ ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Проблеми довговічності привертають помітну і дедалі зростаючу увагу в будівельному світі. Це пояснюється тим, що значна частина будівель, споруд та об'єктів інфраструктури зведена 50–70 років тому і знаходиться на даний час у зношеному стані. Ємнісні інженерні споруди – необхідна частина сучасного міського будівництва. Вони знайшли застосування в багатьох галузях промисловості і сільського господарства. Багатопланова проблема довговічності залізобетонних конструкцій будівель і споруд являє собою сукупність ряду взаємопов'язаних проблем: технологічності, надійності, економічності, а також екологічних аспектів. Її вирішення повинно здійснюватись на основі системного підходу. Водночас в області довговічності ще багато неясного; часто розгляд обмежується практичним або навіть

комерційним рівнями, і для подальшого просування необхідно вирішити ряд нагальних проблем. Одна з найважливіших – розробка сучасних методів прогнозування довговічності або терміну служби проєктованих елементів і конструкцій. Забезпечення необхідного рівня довговічності і надійності будівель і споруд у процесі їх існування забезпечується технічними й організаційними методами. У статті викладені загальні питання та сучасний стан даної проблеми, включаючи основні положення проєктування довговічності залізобетонних конструкцій, існуючі методи її оцінки, поняття і критерії, пов'язані з довговічністю.

Ключові слова: довговічність, надійність, кореляція, моделювання, безвідмовна робота, деградація.

VIKTOR LEVCHENKO, VIKTOR LEVIN, VOLODUMUR KIRICHENKO DURABILITY AND RELIABILITY OF BUILDING STRUCTURES AND ANALYSIS OF METHODS OF THEIR PROVISION IN BUILDINGS AND STRUCTURES

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The problems of durability encourage particular attention in construction. It is accounted for by the fact that the majority of buildings, structures and municipal facilities were erected 50-70 years ago and they are now worn-out. Capacitance engineering structures are quite necessary elements of the current city construction. They have found their application in many branches of industry and agriculture. A multi-scale problem of durability of ferroconcrete buildings and structures is a sum total of such integrated problems as constructability, reliability, cost saving and ecological aspects. The problem is to be solved by means of systems approach. There are still many uncertainties about the durability problem. Consideration of the problem is often confined to either practical or commercial levels. A range of urgent problems are to be solved for further advance. Providing of the required level of buildings and structures reliability in the process of their operation is carried out with technical and organizational methods. The paper presents the general issues and current problem state including the fundamental design principles of ferroconcrete structures durability, the existing methods of its evaluation, concepts and criteria associated with durability.

Key words: durability, reliability, correlation, modeling, no-failure operation, degradation.

Левченко Виктор Николаевич – кандидат технических наук, профессор; проректор по научно-педагогической и воспитательной работе ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Левин Виктор Матвеевич – доктор технических наук, профессор кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научный интерес: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Кириченко Владимир Федорович – старший преподаватель кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

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

Левін Віктор Матвійович – доктор технічних наук, професор кафедри залізобетонних конструкцій ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проєктування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

Кириченко Володимир Федорович – старший викладач кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проєктування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

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

Levin Viktor – D. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Reinforced Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

Kirichenko Volodumur – senior lecturer, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

УДК 69.059.25

В. Н. ЛЕВЧЕНКО, Э. П. БРЫЖАТЫЙ, О. Э. БРЫЖАТЫЙ, В. Ф. КИРИЧЕНКО
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫЕ РЕМОНТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ И ИХ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Аннотация. Обеспечение надежности зданий и сооружений в процессе их эксплуатации по мере ухудшения состояния отдельных элементов, узлов или объектов в целом может быть осуществлено путем профилактических ремонтов. Система профилактики предусматривает проведение в определенное время эксплуатации такого объема ремонтных работ, чтобы обеспечить безотказную работу всех элементов и системы в целом на следующий межремонтный период. Ремонтные работы направлены прежде всего на предотвращение возникновения отказов работы конструкций, которые в свою очередь ведут к увеличению материальных расходов. Косвенные материальные затраты, связанные с отказами, могут быть постоянными и возрастать в зависимости от времени существования отказа и зависят от многих факторов. В статье предложена методика анализа изменения величины приведенных расходов, связанных с обеспечением надежности конструкций, в зависимости от периодичности проведения плановых ремонтов.

Ключевые слова: надежность, безотказная работа, косвенные материальные затраты, эффективность, ремонтпригодность.

Строительство зданий и сооружений, повышение их этажности, современное инженерное оборудование требуют повышения эффективности затрат на содержание и ремонт, улучшения их качества, совершенствование организационных и управленческих систем. На проектные, эксплуатационные и строительные организации возложены сложные организационно-технические задачи: длительное сохранение эксплуатационных качеств объектов; увеличение сроков службы конструкций между ремонтами; повышение качества выполнения ремонтно-строительных работ.

Решение этих задач может быть обеспечено правильной технической эксплуатацией, своевременными проводимыми текущими и капитальными ремонтами при одновременном снижении стоимости содержания объекта. Осуществление в необходимых объемах текущего и капитального планово-предупредительного ремонтов позволит достигнуть такого положения, при котором ремонт объекта будет не следствием наличия в нем неисправностей, а средством предупреждения износа конструкций и оборудования. Система планово-предупредительных ремонтов должна составлять комплекс взаимосвязанных организационных и технических мероприятий по техническому обслуживанию и проведению всех видов ремонтов с регламентированной последовательностью и периодичностью.

Качество, которое свойственно зданию или сооружению после сдачи в эксплуатацию, удовлетворяет потребителей только в том случае, если оно сохраняется в течение всего периода существования объекта.

Техническая эксплуатация здания или сооружения включает в себя обслуживание, текущий и капитальный ремонт. Обслуживание подразделяется на техническое и санитарно-гигиеническое. Техническое обслуживание – это комплекс операций по поддержанию работоспособности или исправности конструкций и оборудования, а также экономичности их функционирования. Санитарно-гигиеническое обслуживание включает мероприятия по санитарной очистке зданий и территорий, их уборке и т. п.

Текущий ремонт обеспечивает постоянную работоспособность конструкций и инженерного оборудования путем наладки, регулировки и устранения мелких неисправностей. Основная цель текущего ремонта – предупреждение преждевременного износа зданий и сооружений.

© В. Н. Левченко, Э. П. Брыжатаый, О. Э. Брыжатаый, В. Ф. Кириченко, 2018

Основная задача капитального ремонта – ликвидация физического и морального износа зданий и сооружений. При капитальном ремонте производится восстановление или замена изношенных конструкций и элементов объекта, обеспечивающих их постоянную эксплуатационную надежность.

За весь срок службы объекта эксплуатационные и ремонтные затраты в 5–6 раз превышают первоначальные единовременные затраты на его сооружение. При этом требования к надежности и экономичности находятся в определенном противоречии: повышение надежности почти всегда неизбежно связано с удорожанием конструкций и оборудования, и наоборот, удешевление конструкций зачастую влечет за собой снижение уровня надежности. Вместе с тем следует отметить, что невыполнение своевременного ремонта объекта приводит к усиленному износу и старению и резкому увеличению стоимости. Например, перенос капитального ремонта типового 5-этажного дома на 3–4 года после истечения нормативных сроков увеличивает его стоимость на 18...21 %.

Обеспечение надежности зданий и сооружений в процессе их эксплуатации по мере ухудшения состояния отдельных элементов, узлов или объекта в целом может быть осуществлено путем профилактических ремонтов. При такой профилактике основная задача не восстановление или замена отказавших элементов, а предупреждение отказов. Таким образом, система планово-предупредительных ремонтов состоит в проведении периодических ремонтов, объемы которых главным образом зависят от сроков службы и видов материалов и конструкций объекта.

Постепенный переход от субъективного отбора зданий и сооружений к объективному назначению на ремонт в зависимости от срока эксплуатации и технического состояния представляет серьезное качественное изменение в подходе к капитальному ремонту. Если каждому объекту один раз в 9–15 лет выполнять капитальный ремонт, то весь свой расчетный срок службы (ресурс) он будет соответствовать эксплуатационным требованиям. Налаженная система ремонтов по циклам позволит нормально содержать помещения объекта, избежать недоремонтов, удешевить и повысить эффективность ремонтов.

Система профилактики предусматривает проведение в определенное время эксплуатации такого объема ремонтных работ (включая и замену), чтобы обеспечить безотказную работу всех элементов и системы в целом на следующий межремонтный период. Таким образом, система планово-предупредительных ремонтов (ППР) подразумевает проведение плановых регламентированных работ. При этом объемы работ могут уточняться в зависимости от технического состояния конкретного объекта и его конструкции и оборудования. Внедрение научно обоснованной системы планово-предупредительных ремонтов обеспечивает безотказное содержание объекта, профилактическую, предупредительную функцию ремонтных мероприятий, постоянную надежность конструкций, элементов и инженерного оборудования.

Единство организационных и научно-технических мероприятий, направленных на проведение строго периодически и в определенной последовательности различных видов ремонтов зданий и сооружений с целью максимального предупреждения отказов работы их элементов, является принципиальным подходом к технической эксплуатации объектов. Система ППР зданий и сооружений повышает эффективность и экономичность эксплуатации.

На основании имеющегося опыта разработки и внедрения системы ППР разработана специальная программа мероприятий. Основное содержание мероприятий – это программное, целевое и комплексное обследование зданий и сооружений, научно обоснованная периодичность ремонта с учетом особенностей региона, создание специализированных проектных, эксплуатационных и ремонтно-строительных организаций.

Отработана методика практической разработки системы ППР, включающая следующие положения и этапы:

- 1) анализ структуры эксплуатируемого фонда района (города, региона), его конструктивных особенностей, группировка ремонтных работ, назначение и группировка межремонтных сроков (технический аспект системы ППР);
- 2) определение объемов необходимых ремонтных работ, оптимизация и уточнение межремонтных сроков для каждой группы объектов (экономический аспект системы ППР);
- 3) анализ архитектурно-градостроительных условий проведения ремонта зданий и сооружений, их инженерного обеспечения, увязка с системой обслуживания жителей, взаимосвязь с реставрацией и сохранением памятников архитектуры, истории, культуры, сохранение городской исторической среды (градостроительный аспект системы ППР);
- 4) анализ мощностей ремонтно-строительных организаций и разработка планов ремонта эксплуатируемого фонда (организационный аспект системы ППР).

Переход на систему ППР подразумевает улучшение организации эксплуатации зданий и сооружений, их элементов и инженерных систем в межремонтные периоды и обеспечение проектных режимов содержания объектов. Поэтому при разработке проектной документации новых зданий и сооружений необходимо предусматривать специальный раздел проекта «Требования к эксплуатации объекта».

В течение всего срока службы здания (сооружения) существует объективная необходимость нести материальные расходы на эксплуатацию. Эти затраты можно разделить на три группы:

- связанные с содержанием здания и прилегающей территории. Сюда выделяются средства на санитарное содержание (уборка, вывоз мусора), благоустройство помещений и территории, дополнительные нужды (охрана, устройство технических средств обеспечения контроля и правопорядка, например, установка систем видеонаблюдения, домофонов и т. п.);
- связанные с инженерным жизнеобеспечением здания – оплата услуг по предоставлению тепла, воды, электроэнергии, канализации и т. д., включая расходы, связанные с техническим обслуживанием инженерных систем;
- связанные с обеспечением требуемого уровня надежности конструкций и инженерного оборудования здания.

Обеспечение надежности здания (сооружения) на стадии эксплуатации достигается за счет проведения ремонтов двух типов: планово-профилактических, направленных на предотвращение возникновения отказов, и аварийных, предназначенных для ликвидации отказов и восстановления работоспособности объекта таким образом, чтобы влияние отказа на потребителей было наименьшим.

Количество плановых ремонтов, выполняемых в процессе эксплуатации, зависит от назначаемой периодичности их проведения. Если в течение некоторого времени T плановые ремонты проводятся $N_{пл}$ раз, а затраты, связанные с проведением каждого планового ремонта, составляют величину $C_{пл}$, то в единицу времени (например, в год) на проведение плановых ремонтов всегда, на протяжении срока службы объекта, требуется выделение средств в объеме

$$\frac{C_{пл} \cdot N_{пл}}{T} \text{ (руб./ед. времени).} \quad (1)$$

Надежность любого объекта не может быть абсолютной. Всегда существует, в большей или меньшей степени, вероятность отказа, т.е. всегда имеется потребность в выполнении аварийных ремонтов. Эти ремонты заранее нельзя запланировать, но, используя аппарат теории надежности, можно прогнозировать математическое ожидание количества аварийных ремонтов на некотором временном интервале в зависимости от условий эксплуатации объекта. Пусть это будет некоторое число $N_{ав}$. Зная величину затрат, связанных с ликвидацией отказа $C_{ав}$, можно рассчитать объем средств, требуемых на аварийные ремонты в единицу времени:

$$\frac{C_{ав} \cdot N_{ав}}{T} \text{ (руб./ед. времени).} \quad (2)$$

В большинстве случаев возникновение отказа приводит к прямым или косвенным дополнительным материальным потерям, не связанным непосредственно с ликвидацией отказа (рис. 1). Прямые материальные потери – это затраты на производственные расходы воды, тепла и т. п., вызванные, например, утечками в трубопроводах. К косвенным материальным потерям относятся расходы, связанные с восстановлением конструкций и оборудования, поврежденных из-за отказа сопряженного с ними элемента. Например, отказ кровли приводит к протечкам в помещениях, порче имущества. Отказавший элемент – кровля, на восстановление которой расходуются средства, предназначенные для аварийных ремонтов. Дополнительно приходится расходовать средства на ремонт помещений, материальную компенсацию убытков, нанесенных протечками, и т. д. К косвенным материальным потерям относятся дополнительные материальные затраты, связанные с тем, что при некоторых видах отказов увеличивается, по сравнению с требуемым, потребление электроэнергии, воды и других видов энергии.

Косвенные материальные затраты, связанные с отказами, могут быть постоянными или возрастать в зависимости от времени существования отказа. Последнее возникает, например, при отказах в трубопроводах системы водоснабжения, приводящих к непроизводительным расходам воды.

Величина косвенных материальных затрат зависит от многих факторов и для каждой конструкции и инженерного оборудования определяется индивидуально. Количество случаев, когда возникает потребность в косвенных материальных затратах, равно числу аварийных ремонтов. Тогда ожидаемая величина косвенных материальных затрат в единицу времени определяется по формуле:

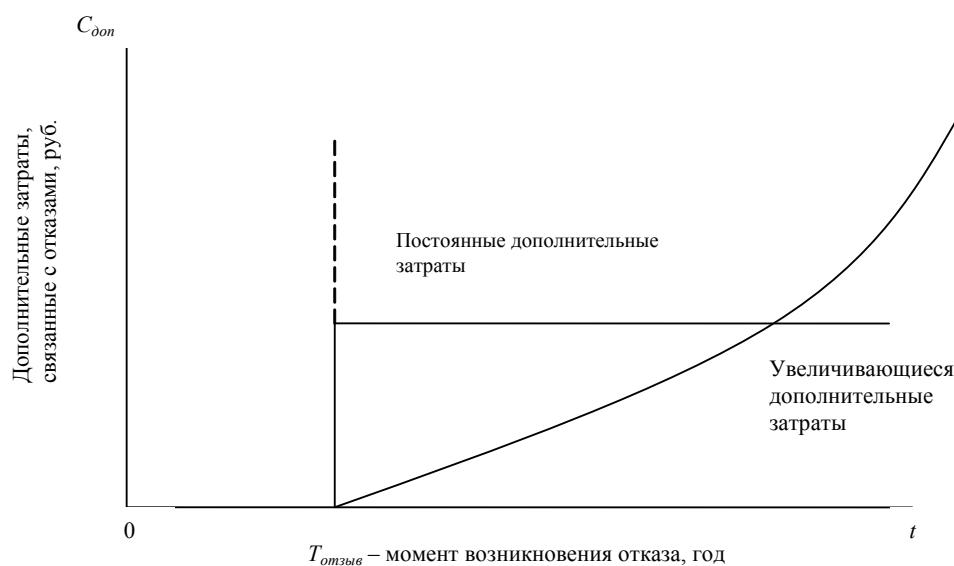


Рисунок 1 – Варианты изменения во времени дополнительных затрат, связанных с отказами.

$$\frac{C_{доп} \cdot t_{отк} \cdot N_{ав}}{T} \text{ (руб./ед. времени),} \quad (3)$$

где $C_{доп}$ – удельный объем дополнительных прямых и косвенных материальных затрат, связанных с отказом, в единицу времени;
 $t_{отк}$ – продолжительность существования отказа.

В тех случаях, когда косвенные материальные затраты, связанные с отказом, не зависят от времени, в формуле принимается равным единице.

В процессе эксплуатации первоначальная стоимость конструкции и оборудования из-за износа и старения уменьшается (рис. 2). При назначенной периодичности выполнения плановых ремонтно-восстановительных работ желательно максимально использовать ресурс элементов здания. Кроме того, при выполнении плано-предупредительных ремонтов технологических групп оборудования остаточный ресурс является критерием выбраковки элементов. При установлении неисправностей аварийного характера остаточный ресурс является одним из основных факторов для определения степени восстановления – минимальное восстановление или замена конструкции или оборудования. В любом случае определение остаточного ресурса связано с экономическим обоснованием проведения эксплуатационных мероприятий.

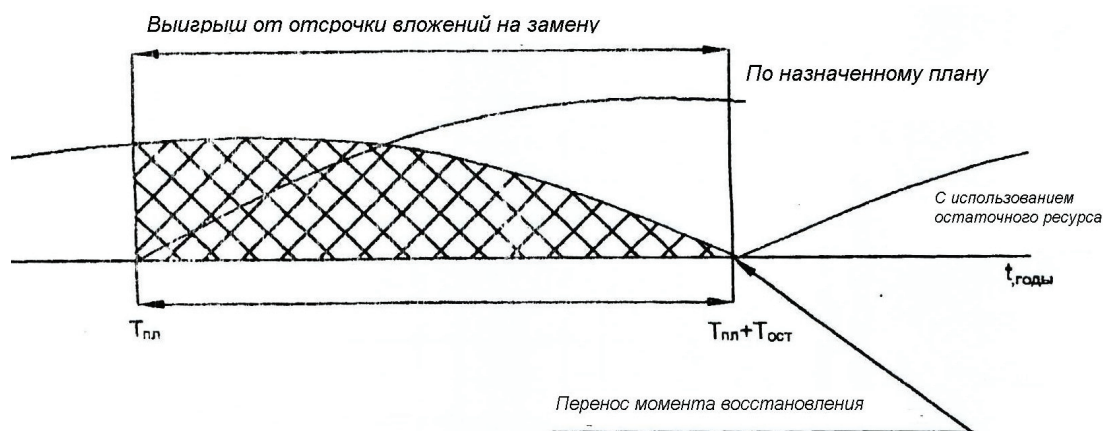


Рисунок 2 – Остаточный ресурс конструкции.

Конструкции и оборудование зданий независимо от времени эксплуатации обладают остаточной стоимостью $C_{ост}$, которая изменяется пропорционально наработке и рассчитывается по формуле

$$C_{ост} = \frac{C_{нач} \cdot T_{ост}}{T_{ср}}, \quad (4)$$

где $T_{ср}$ – средний срок службы конструкции (оборудования);
 $T_{ост}$ – остаточный срок службы;
 $C_{нач}$ – первоначальная стоимость конструкции.

Для некоторых элементов здания остаточная стоимость может быть определена в зависимости от соотношения назначенного периода проведения плановых ремонтов $T_{пл}$ и среднего срока службы элемента $T_{ср}$ по формуле

$$C_{ост} = C_{нач} \cdot k_{ост} \quad (5)$$

где $k_{ост}$ – коэффициент, значения которого приведены в таблице.

Таблица – Коэффициенты для определения остаточного ресурса конструкций

Показатель	Соотношение периода проведения плановых ремонтов и среднего срока службы конструкции $T_{пл}/T_{ср}$					
	0,5	1	1,5	2	2,5	3
Коэффициент $k_{ост}$	0,646	0,461	0,352	0,282	0,234	0,2
$T_{пл}/T_{ср}$	4	4,5	5	5,5	6	6,5
$k_{ост}$	0,153	0,137	0,124	0,113	0,104	0,097

Сумма рассмотренных составляющих материальных вложений, отнесенная к периоду проведения плановых ремонтов $T_{пл}$, называется приведенными затратами, связанными с обеспечением надежности конструкций и оборудования зданий:

$$C_{пр} = \frac{C_{пл} \cdot N_{пл} + C_{ав} \cdot N_{ав} + C_{доп} \cdot t_{отк} \cdot N_a \cdot \frac{T_{пл}}{T_{ср}}}{T_{пл}} \quad (6)$$

При изменении периода между плановыми ремонтами происходит нелинейное изменение приведенных затрат (рис. 3). Например, при увеличении межремонтного периода приведенные затраты на плановые ремонты и остаточная стоимость конструкции уменьшаются. При увеличении периодичности плановых ремонтов всегда увеличивается число отказов в единицу времени и возрастают значения приведенных затрат на выполнение аварийных ремонтов, а также дополнительных затрат, связанных с отказами. При варьировании приведенных затрат и изменении периодичности ремонтов можно получить минимальное значение суммарных приведенных затрат. Межремонтный период, при котором приведенные затраты имеют наименьшее значение, называется экономически оптимальным периодом проведения плановых ремонтов. При перспективном планировании ремонтов надо стремиться к их назначению с учетом экономически оптимального периода. Поскольку главным условием планирования ремонтов является обеспечение надежности конструкций и оборудования, в некоторых случаях экономически оптимальный межремонтный период может не удовлетворять требованиям надежности (рис. 4).

ВЫВОД

Многолетний анализ состояния строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений показывает, что, действительно, в отдельных случаях экономически оптимальный ремонт конструкций не в полной мере обеспечивает надежность и долговечность строительных конструкций.

В этом случае необходимо из всех допустимых по требованиям надежности межремонтных периодов следует выбирать тот, при котором приведенные затраты имеют наименьшее значение ($C_{пр}^{\min}$).

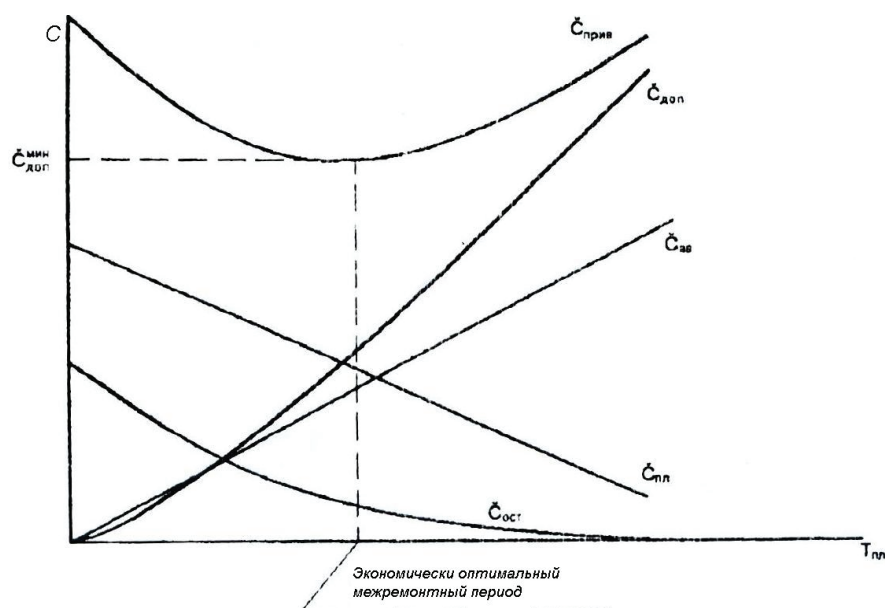


Рисунок 3 – Изменение величины приведенных затрат, связанных с обеспечением надежности конструкций, в зависимости от периодичности проведения плановых ремонтов.

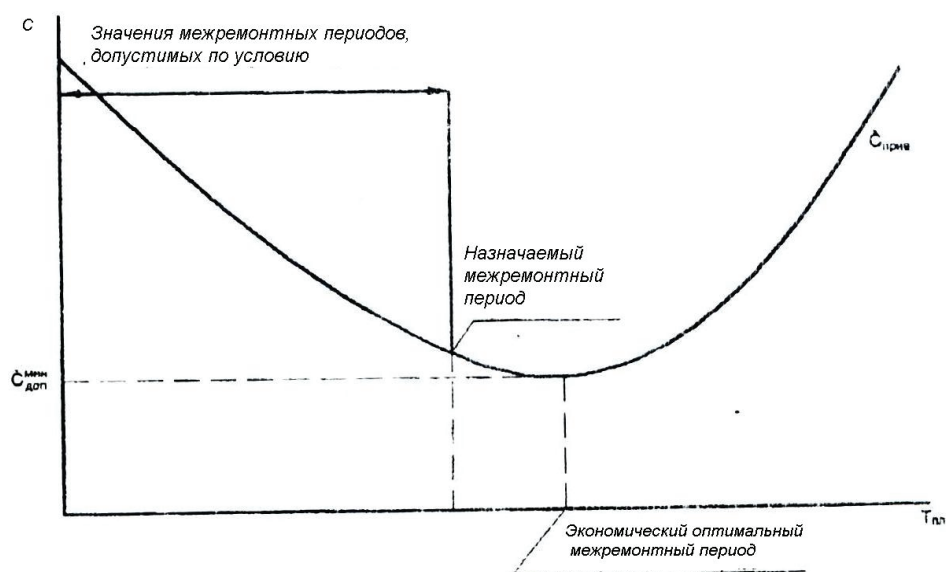


Рисунок 4 – Назначение межремонтного периода по критериям надежности и экономичности: изменение интенсивности приведенных затрат в зависимости от продолжительности межремонтного периода и минимальное значение интенсивности приведенных затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанов, В. И. Экономика повышения долговечности и коррозионной стойкости строительных конструкций [Текст] / В. И. Агаджанов. – М. : Стройиздат, 1988. – 173 с.
2. Рекомендации по обеспечению надежности и долговечности железобетонных конструкций, промышленных зданий и сооружений при их реконструкции восстановлении [Текст] / Харьковский Промстройинипроект, Донецкий Промстройинипроект, ХИСИ, Харьковский ин-т инж. коммунального стр-ва, Харьковское бюро внедрения НИИ НПО «Лакокраспокрытие», Криворожский горно-рудный ин-т, НИИПромстрой, Уральский Промстройинипроект, Иркутский политехн. ин-т. – М. : Стройиздат, 1990. – 176 с.
3. Руководство по определению экономической эффективности повышения качества и долговечности строительных конструкций [Текст] / НИИ ЖБ Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1981. – 55 с.

4. Bosoku, Gijutes Report of the Committee on Corrosion and Protection. A survey of the cost of corrosion to Japan [Текст] / Bosoku Gijutes // Corrosion Engineering Journal. – 1977. – Vol. 26. – No. 7. – P. 401–428. – ISSN 0010-9355.
5. Лихтарников, Я. М. Техничко-экономические основы проектирования строительных конструкций [Текст] : учебн. пособие для вузов / Я. М. Лихтарников, Н. С. Летников, В. Н. Лекченко ; Ред. Я. М. Лихтарников. – Киев ; Донецк : Вища школа, 1980. – 240 с.
6. Методика определения экономической эффективности антикоррозионной защиты строительных конструкций промышленных зданий и сооружений [Текст] / НИИЖБ Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1987. – 83 с.
7. Положение о проведении планово-предупредительного ремонта производственных зданий и сооружений [Текст] / Госстрой СССР. – М. : Стройиздат, 1974. – 65 с.
8. Методические рекомендации по технико-экономической оценке проектных решений промышленных зданий и сооружений [Текст] / НИИСК Госстроя СССР; НИИЖБ Госстроя СССР, ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1967. – 29 с.

Получено 01.10.2018

В. М. ЛЕВЧЕНКО, Е. П. БРИЖАТИЙ, О. Е. БРИЖАТИЙ, В. Ф. КИРИЧЕНКО
ПЛАНОВО-ЗАПОБІЖНІ РЕМОНТИ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД ТА ЇХ
ЕКОНОМІЧНИЙ АСПЕКТ
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Забезпечення надійності будівель і споруд у процесі їхньої експлуатації в міру погіршення стану окремих елементів, вузлів або об'єктів в цілому може бути здійснено шляхом профілактичних ремонтів. Система профілактики передбачає проведення в певний час експлуатації такого обсягу ремонтних робіт, щоб забезпечити безвідмовну роботу всіх елементів і системи в цілому на наступний міжремонтний період. Ремонтні роботи спрямовані перш за все на запобігання виникнення відмов роботи конструкцій, які у свою чергу ведуть до збільшення матеріальних витрат. Непрямі матеріальні витрати, пов'язані з відмовами, можуть бути постійними та зростати залежно від часу існування відмови і залежать від багатьох чинників. У статті запропоновано методику аналізу зміни величини приведених витрат, пов'язаних із забезпеченням надійності конструкцій, залежно від періодичності проведення планових ремонтів.

Ключові слова: надійність, безвідмовна робота, непрямі матеріальні витрати, ефективність, ремонтпридатність.

VICTOR LEVCHENKO, EDUARD BRYZHATY, OLEG BRYZHATY,
VOLODUMUR KIRICHENKO
PREVENTIVE MAINTENANCE OF BUILDINGS AND STRUCTURES AND
THEIR ECONOMIC ASPECT
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. In order to ensure the reliability of exploiting buildings and constructions when some elements, joints or the whole constructions worsen, preventive maintenance should be fulfilled. The preventive system foresees carrying out a certain amount of work to provide the faultless operation of all the elements and the system as a whole for the next inter maintenance period. The repairs are focused on the prevention of some breakages in the constructions which in their turn lead to the increase of running costs. Indirect expenses connected with failures can be consistent and increase depending on how long they have been out of order and some other factors. This article offers some methods to analyze the involved expenses, which provide construction reliability, depending on frequency of routine repairs.

Key words: reliability, faultless operation, indirect expenses, efficiency, reparability.

Левченко Виктор Николаевич – кандидат технических наук, профессор, проректор по научно-педагогической и воспитательной работе ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Брыжатый Эдуард Парфирович – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Брыжатый Олег Эдуардович – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономичных строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Кириченко Владимир Федорович – старший преподаватель кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономичных строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

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

Брижатый Эдуард Парфирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

Брижатый Олег Эдуардович – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

Кириченко Володимир Федорович – старший викладач кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

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

Bryzhatyi Eduard – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Reinforced Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

Bryzhatyi Oleg – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Reinforced Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

Kirichenko Volodumir – senior lecturer, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

УДК 691.328.5

А. А. ДОЛМАТОВ, С. Н. МАШТАЛЕР, В. Е. НАЗАРОВ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФИБРОБЕТОНА В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. В данной статье рассмотрен опыт применения фибробетона в зарубежном и отечественном строительстве, а также проведен анализ последних исследований и публикаций. В качестве примера приведена комплексная панель покрытия, выполненная из сталефибробетона. Изготовление комплексной панели с фиброкаркасным армированием позволяет снизить массу панели на 35 % по сравнению с железобетонным вариантом. Приведены виды и свойства армирующих волокон и их достоинства. По итогам статьи было выявлено, что использование фибробетона в современном строительстве является востребованным. Так как его применение снижает трудоемкость и энергоемкость, то это позволяет обеспечить снижение расхода бетона и стали, что в свою очередь влияет на технико-экономические показатели.

Ключевые слова: фибра, дисперсное армирование, композитные материалы.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Одним из направлений современного строительства является повышение эффективности производства, снижение стоимости и трудоёмкости технологических процессов, рациональное использование материальных и энергетических ресурсов, снижения массы строительных конструкций, а также освоения современных методов возведения зданий и сооружений с использованием высококачественных строительных материалов и изделий, в том числе композитных.

Одним из перспективных композитных материалов является дисперсноармированные бетоны.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Отечественные исследования и разработки по созданию дисперсноармированных бетонов и конструкций с их применением основываются в значительной мере на фундаментальных исследованиях, относящихся к теории расчета, технологии изготовления и проектирования железобетонных конструкций. Большой вклад в развитие вышеуказанных исследований внесли известные ученые Ю. М. Баженов, В. Н. Байков, О. Я. Берг, В. М. Бондаренко, А. А. Гвоздев, Ю. В. Зайцев, Б. А. Крылов, К. В. Михайлов, А. В. Носарев, В. Б. Ратинов, Б. Г. Скрамтаев, М. М. Холмянский, А. Е. Шейкин и др. Большая заслуга в исследованиях сталефибробетонных конструкций принадлежит Г. И. Бердичевскому, А. П. Кричевскому, И. В. Волкову, Ф. А. Гофштейну, К. М. Королеву, О. В. Коротышевскому, Л. Г. Курбатову, И. А. Лобанову, В. П. Романову, К. В. Талантовой, Г. А. Шикунову, В. В. Шугаеву, Ф. Ц. Янkelовичу, Ю. В. Пухаренко и др. Результаты зарубежных исследований дисперсноармированных бетонов изложены в работах А. Келли, Г. Батсона, Г. Гравса, Г. С. Холистера, С. Т. Милейко, Дж. Купера.

ЦЕЛИ

Обзор отечественного и зарубежного опыта применения фибробетона в современном строительстве.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Фибробетон – композитный строительный материал, получаемый путём добавления фибры/волокна в бетон. Фибра (от англ. Fiber – волокно) – материал, равномерно армирующий бетон во всех плоскостях, повышающий его прочность, ударостойкость и снижающий образование трещин в стадии твердения бетона и трещин, возникающих в стадии эксплуатации.

Фибробетон рекомендуется для конструкций, в которых наиболее эффективно могут быть использованы его технические преимущества по сравнению с обычным железобетоном, а именно:

- повышенные трещиностойкость, ударная вязкость, износо-, морозо- и огнестойкость, термодинамическая стойкость и др.;

- возможность использования более эффективных конструктивных решений, чем при обычной стержневой или проволочной стальной арматуре, например: тонкостенных конструкций, конструкций без стержневой или сетчатой распределительной и поперечной арматуры, тонкостенных конструкций со стержневой растянутой арматурой, не доводящейся до опоры, и др.;

- снижение трудозатрат на арматурные работы, повышение степени механизации и автоматизации производства железобетонных конструкций, например: в сборных тонкостенных оболочках, складках, ребристых плит покрытий и перекрытий, сборных колоннах и составных сваях, балках, монолитных днищах емкостных сооружений, дорожных и аэродромных покрытиях, монолитных полах промышленных зданий и др.;

- возможность применения новых, более производительных приемов формирования армированных конструкций, например: пневмонабрызг, метод погиба свежесформованных листовых изделий, роликовое прессование и др. [4]. Экономический эффект применения фибробетона при более высокой стоимости его по сравнению с традиционным обеспечивается за счет уменьшения или полного сокращения применения стержневой и проволочной арматуры, сеток и каркасов из них, а главным образом – за счет более высокой долговечности, эксплуатационной пригодности, увеличения межремонтного ресурса и повышения безопасности зданий и сооружений при сейсмических воздействиях и пожарах [1].

В отечественных и зарубежных источниках указаны различные виды дисперсного армирования. На данный момент используются различные органические и неорганические волокна, такие как стекло, полипропилен, базальт, углеродные волокна. Наиболее широкое применение имеют стальные волокна. Основные виды и свойства используемых волокон приведены в таблице.

Таблица – Основные виды и свойства используемых волокон

Наименование волокна	Характеристика волокна					
	прочность на растяжение, МПа	модуль упругости, ГПа	диаметр, мм	длина, мм	Плотность, кг/м ³	Деформация при разрыве, %
Стеклоанное	3 500	71	14	6	2 680	2,0–3,5
Целлюлозное	600	60	15	3	1 500	–
Полиакрилонитрильное	300	8	37	6	1 180	–
Полипропиленовое	700	5	50	13	9 10	13–15
Из поливинилового спирта	1 900	41	14	2	1 300	–
Стальное	500–3 500	186–206	5–500	–	7,6–7,8	0,5–3,5
Базальтовое	1 600–3 200	100–130	–	12–20	2 600	1,4–3,6

На рис. 1 представлены изображения различных вариантов фибры.

Рассмотрим достоинства фибрового армирования в сравнении с традиционными бетонами.

Прочность при сжатии. Рост прочности фибробетона при сжатии прямо пропорционален классу бетона – матрицы, увеличению содержания фибры, уменьшению относительной длины и практически не зависит от их диаметра. При испытании коротких кубических образцов на сжатие наблюдается прирост прочности на 20...30 %. Прочность при сжатии является контрольной характеристикой при проектировании фибробетонных конструкций и может быть выбрана в соответствии с классом фибробетона по прочности на сжатие B_f или определена расчетом.

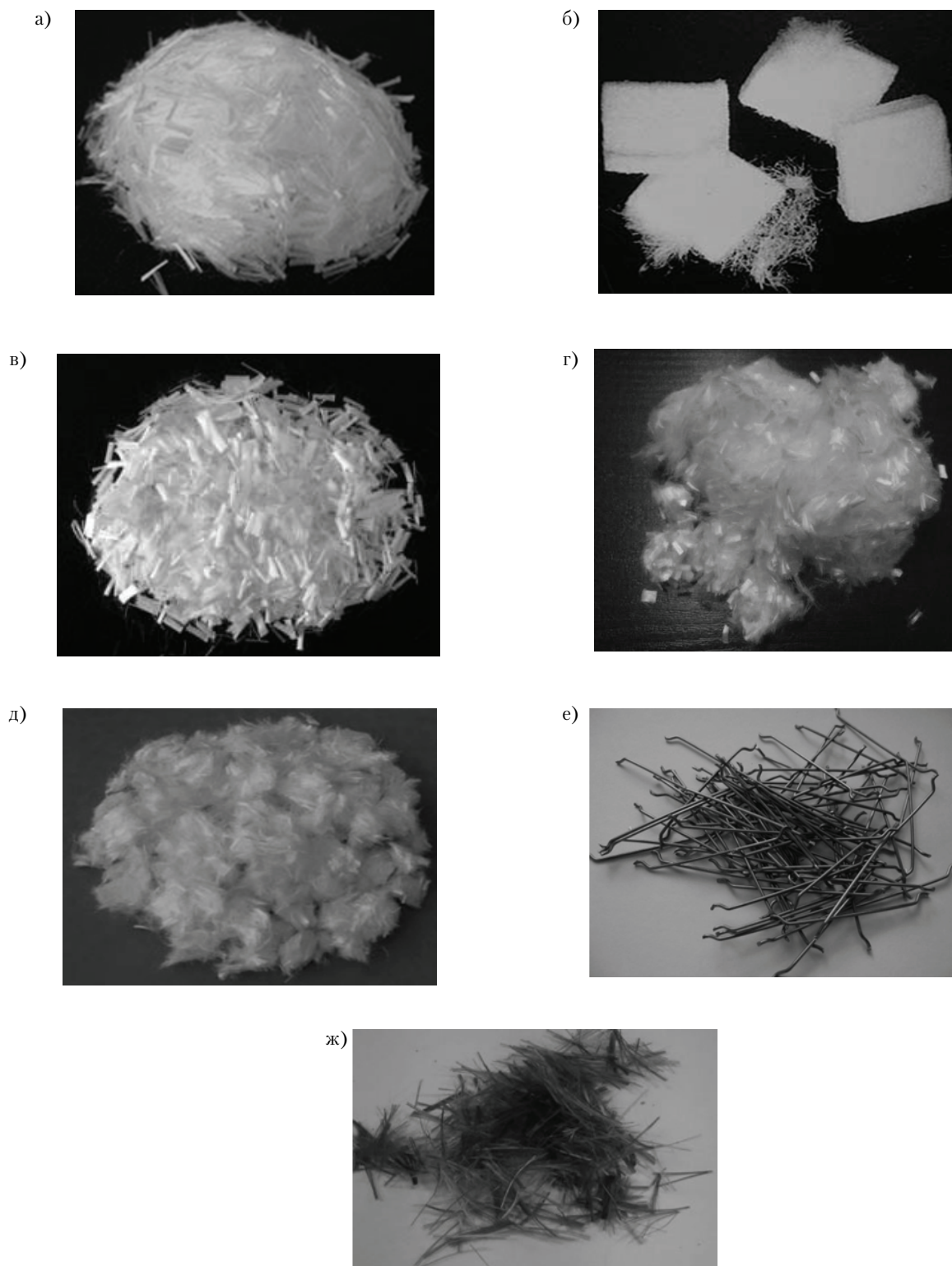


Рисунок 1 – Варианты фибровых волокон: а) стеклянная фибра, б) целлюлозная фибра, в) полиакрилонитрильная фибра, г) полипропиленовая фибра, д) фибра из поливинилового спирта, е) стальная фибра, ж) базальтовая фибра.

Прочность на растяжение фибробетона растет прямо пропорционально увеличению содержания фибры и ее длины, а также при увеличении прочности сцепления фибры с матрицей. Прочность фибробетона при растяжении является одной из определяющих характеристик материала. Независимо от длины и объемного содержания фибры прочность фибробетона при осевом растяжении ($R_{фбт}$)

иссыкает с появлением первой трещины. По данным специалистов R_{fbt} превышает прочность исходного бетона при растяжении R_{bt} до 5–6 раз.

Прочность на растяжение при изгибе является одним из важных показателей фибробетона, который зависит от содержания фибры и её длины, прочности её сцепления с бетонной матрицей, класса бетонной матрицы и превышает прочность исходного бетона в 3,5–5,0 раз. Так, например, характеристики сталефибробетона (СФБ), прочность СФБ при изгибе может быть выбрана в соответствии с классом СФБ по прочности на растяжение при изгибе V_{fb} или определена расчетом [7].

Силовые деформации. Показателем деформативности фибробетона является модуль деформации – непостоянная величина и существенно зависящая от стадийности работы. Начальный модуль упругости фибробетона зависит как от соответствующего показателя исходного бетона, так и от коэффициента фибрового армирования. Значение начального модуля упругости выше соответствующей характеристики бетона матрицы на 30...100 %.

Деформативность фибробетона характеризуется, помимо указанного выше, предельными деформациями сжатия $\epsilon_{fc,u}$ и растяжения $\epsilon_{ft,u}$. Предельная сжимаемость фибробетона $\epsilon_{fc,u}$ превышает сжимаемость бетона до трех раз и составляет в среднем 12×10^{-3} предельная растяжимость фибробетона $\epsilon_{ft,u}$ существенно выше аналогичной характеристики бетона, по имеющимся данным она составляет $6...8 \times 10^{-4}$.

Объемные деформации усадки. Наличие фибры сдерживает деформации усадки бетона в фибробетоне и способствует их более равномерному протеканию. Снижение деформаций усадки фибробетона по отношению к неармированному бетону, по оценкам специалистов, составляет 30...60 %. При повышенных температурах усадка фибробетона ниже усадки исходного бетона на 10...23 %.

Применение дисперсноармированных бетонов дает возможность исключить из конструкций значительную часть традиционной стержневой арматуры и заменить ее фиброй, вводимой в бетон при его приготовлении в бетоносмесителе. Это позволяет значительно снизить трудоемкость работ при изготовлении сборных элементов на заводах ЖБК, а также непосредственно на строительных площадках при возведении монолитных конструкций. Применение дисперсноармированных бетонов позволяет в ряде случаев обеспечить снижение расхода бетона и стали.

Наиболее распространенным вариантом дисперсного армирования является использование стальной фибры. Сталефибробетон (СФБ) – это разновидность дисперсноармированного железобетона. Он изготавливается из мелко- или крупнозернистого тяжелого бетона, где в качестве арматуры применяется стальная фибра, равномерно распределенная по всему объему.

Опыт таких развитых стран, как США, Великобритания, Германия, Франция и Австралия, убедительно доказал технико-экономическую эффективность применения сталефибробетона в строительных конструкциях [5, 6]. В строительной практике США сталефибробетон широко применяют для монолитных полов промышленных зданий, покрытий в аэропортах, территорий и дорог с тяжелыми транспортными нагрузками [6].

Использование стальной фибры при производстве сталефибробетона обуславливает резкое повышение устойчивости к образованию сколов, трещинообразованию. Удаётся уменьшить количество стыков и швов, существенно снизить период последующих ремонтов, а также их стоимость.

В дальнейшем были разработаны и исследованы центрифугированные колонны промзданий и инженерных сооружений. Применение сталефибробетона в этих конструкциях позволяет отказаться от колонн квадратного сечения с арматурным каркасом, заменив его стальной фиброй в количестве 0,5–1,0 % от объема бетонной смеси.

В области гражданского строительства разработаны и испытаны комплексные панели покрытий (рис. 2) [4].

Комплексная панель покрытия представляет собой коробчатую конструкцию размерами 5 990×1 189×200 мм. Панель состоит из двух ребристых плит. Верхняя и нижняя полки панели выполнены из сталефибробетона толщиной 15 мм, ребра – из железобетона. На нижнюю ребристую плиту укладывается слой теплоизоляции, верхняя устанавливается на нижнюю, образуя коробчатое сечение. Ребристые плиты соединены между собой с помощью закладных деталей, расположенных на расстоянии 1 м друг от друга. Зазор между ребрами заполняется теплоизоляционным материалом. Изготовление комплексной панели с фиброкаркасным армированием позволило снизить массу панели на 35 % по сравнению с железобетонным вариантом.

Перспективным и современным направлением является изучение технологии возведения зданий и сооружений с применением бетонов с улучшенными прочностными и деформативными характеристиками. Важное место в этих исследованиях уделено фибробетонам. Такие технологические

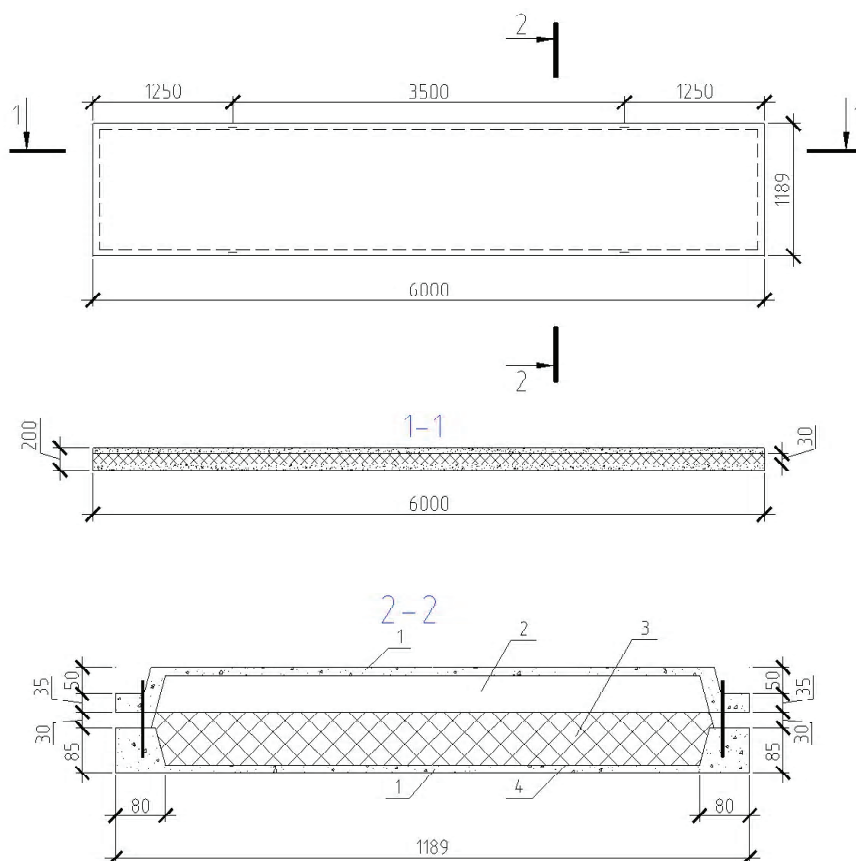


Рисунок 2 – Комплексная панель покрытия из ребристых плит, армированных фиброкаркасами: 1 – сталефибробетонная плита толщиной 15 мм; 2 – воздушная прослойка; 3 – минеральная вата; 4 – пароизоляция.

характеристики данного вида бетонов, как удобоукладываемость, сокращение трудоемкости арматурных работ, применение бетононасосов, подвижных опалубок, повышение оборачиваемости опалубки, диктует дальнейшее изучение организационно-технологических решений работ звеньев и бригад при строительстве объектов.

В настоящее время в нашей стране и за рубежом выполнен значительный объем исследовательских и проектных работ по технологии бетонирования с применением дисперсноармированных бетонов, многие из этих методов прошли апробацию в производственных условиях [2].

ВЫВОДЫ

Таким образом, технология возведения зданий и сооружений с применением дисперсноармируемых бетонов является перспективным направлением научных исследований, а основной задачей при этом является дальнейшее изучение деформативно-прочностных и технологических свойств данного материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рахимов, Р. З. Фибробетон – строительный материал XXI-го века [Текст] / Р. З. Рахимов // Экспозиция, 2008. – № 54. – С. 5–8.
2. Рабинович, Ф. Н. Композиты на основе дисперсноармируемых бетонов [Текст] / Ф. Н. Рабинович. – 3-е изд., доп. – М. : АСВ, 2004. – 560 с.
3. Волков, И. В. Фибробетонные конструкции [Текст] : Обзорная информация / И. В. Волков // Строительство и архитектура. Серия: Строительные конструкции, 1988. – № 2. – С. 1–29.
4. Schmidt, M. Ultrahochfester Beton- und Fertigteil technik [Текст] / M. Schmidt, E. Fenling // Ultra-Hochfester Beton. – 2003. – Heft 11. Schriftenreihe Baustoffe und Massivbau. – P. 16–19.
5. Сычева, Л. И. Материалы, армированные волокном [Текст] / Л. И. Сычева, А. В. Воловик / Перевод изд. : Fibrereinforced materials. – М. : Стройиздат, 1982. – 180 с.

7. Исследование физико-механических свойств дисперсноармированных бетонов [Электронный ресурс] / Р. Ф. Серова, Г. М. Рахимова, Е. А. Стасилович, С. Ж. Айдарбекова // Эпоха науки, 2018. – № 14 : Технические науки. – С. 192–200. – Режим доступа : http://eraofscience.com/EofS/Vypyski2018/14-iyun_2018/45.pdf.

Получено 01.10.2018

А. О. ДОЛМАТОВ С. М. МАШТАЛЕР, В. Є. НАЗАРОВ
АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ФІБРОБЕТОНУ В СУЧАСНОМУ
БУДІВНИЦТВІ
ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

Анотація. У даній статті розглянуто досвід застосування фибробетону в зарубіжному і вітчизняному будівництві, а також проведено аналіз останніх досліджень і публікацій. Як приклад наведена комплексна панель покриття, виконана з сталевих фибробетону. Виготовлення комплексної панелі з фиброкаркасным армуванням дозволяє знизити масу панелі на 35 % в порівнянні з залізобетонним варіантом. Наведено види та властивості армуючих волокон та їх достоїнств. За підсумками статті було виявлено, що використання фибробетону в сучасному будівництві є затребуваним. Так як його застосування знижує трудомісткість і енергоємність, то це дозволяє забезпечити зниження витрати бетону і сталі, що в свою чергу впливає на техніко-економічні показники.

Ключові слова: фибробетон, фибра, дисперсне армування, композитні матеріали.

ANDREY DOLMATOV, SERGII MASHTALER, VLADISLAV NAZAROV
THE RELEVANCE OF THE USE OF FIBER-REINFORCED CONCRETE IN
MODERN CONSTRUCTION
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. In this article, the experience of using fibrobeton in foreign and domestic construction, as well as an analysis of recent research and publications. As an example, a complex coating panel made of steel fiber concrete is presented. The manufacture of a complex panel with fiber-reinforced reinforcement allows you to reduce the weight of the panel by 35 % compared with the reinforced concrete option. The types and properties of reinforcing fibers, and their advantages. According to the results of the article, it was revealed that the use of fiber-reinforced concrete in modern construction is in sought-after. Since its use reduces the complexity and energy consumption, it allows to reduce the consumption of concrete and steel. Which in turn affects the technical and economic indicators.

Keywords: fiber concrete, fiber, dispersed reinforcement, composite material

Долматов Андрей Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технология возведения зданий и сооружений из монолитного железобетона с применением подвижных опалубочных систем.

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

Назаров Владислав Евгеньевич – магистрант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: современные строительные материалы.

Долматов Андрій Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології і організації будівництва ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ». Наукові інтереси: технологія зведення будівель і споруд з монолітного залізобетону з використанням рухомих опалубних систем.

Машталер Сергій Миколайович – асистент кафедри залізобетонних конструкцій ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ». Наукові інтереси: розвиток методик визначення характеристик напружено-деформованого стану залізобетонних (сталефибробетонних) елементів при простих режимах силового і температурного впливів, оцінка технічного стану і проектування залізобетонних конструкцій.

Назаров Владислав Євгенович – магістрант кафедри технології і організації будівництва ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: сучасні будівельні матеріали.

Dolmatov Andrey – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the technology of construction of buildings and structures of monolithic reinforced concrete using mobile formwork systems.

Mashtaler Sergii – Assistant, Reinforced Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of methods of estimation of characteristics of the stress-strain state of reinforced concrete (steel fiber concrete) elements under simple modes of power and temperature influences, estimation of technical state and design of reinforced concrete constructions.

Nazarov Vladislav – Master's student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: modern building material.

СОДЕРЖАНИЕ

ЮГОВ А. М., МАКСИМОВ Н. Ю., РЫБ Ю. Р. Устройство пассивной огнезащиты стальных конструкций	5
КОЖЕМЯКА С. В., ШОПЯК А. В. Технология строительства котельных в максимально сжатые сроки	12
ТАРАН В. В., СЕЛИЩЕВ К. Э. Возведение малоэтажных зданий из легких стальных тонкостенных конструкций	18
ЮГОВ А. М., КИЛИМЕНКО И. В. Выбор рациональной технологии монтажа металлического купола	24
МАЗУР В. А., ЧАЙКА М. А., МАЗУР А. В. Факторы, влияющие на конструктивно-технологические решения по устройству утепления быстровозводимых металлических бескаркасных арочных ангаров	30
НОВИКОВ Н. С., ЮГОВ А. М. Рекомендации по ремонту и восстановлению железобетонных конструкций	35
МАЗУР В. А., НОВИЦКАЯ Е. И., КРУПЕНЧЕНКО А. В. Анализ применимости существующих методик теплотехнических расчетов для ограждающих конструкций зданий с внутренним утеплением	40
ПАВЛОВА И. Г. Анализ развития и производства профилей стальных гнутых замкнутых сварных для строительных металлоконструкций	45
СОЛОВЕЙ П. И., ПЕРЕВАРЮХА А. Н., БЕЛОВА А. А. Геодезический мониторинг вытяжной башни	52
ВОДОЛАЖЧЕНКО А. Г., ГОРУЛЁВ А. Ю. Выносная опора автомобильного крана с поступательно-вращательным приводом механизма выдвижения гидродомкрата	58
ЛУЦКО Т. В., КРИКУНОВ Ю. В. Оценка влияния температурных нагрузжений на металлоконструкцию двересъемной машины, применяемой для обслуживания коксовых батарей	64
ЛУЦКО Т. В. Анализ показателей, влияющих на рациональный выбор автогидроподъемников	71
БЕЛИЦКИЙ Д. Г., СЕЛЕЗНЁВ И. В. Компьютерное аппаратное обеспечение для работы с учебным стендом физического моделирования рабочих процессов наземных транспортно-технологических машин	77
ТИТКОВ С. О., ИХНО А. В., ТОЧЕНАЯ А. А. Исследование НДС колонны аммиачно-известковой с учетом коррозионного износа	81
ЛЕВЧЕНКО В. Н., ЛЕВИН В. М., КИРИЧЕНКО В. Ф. Долговечность и надежность строительных конструкций и анализ методов их обеспечения в зданиях и сооружениях	90
ЛЕВЧЕНКО В. Н., БРЫЖАТЫЙ Э. П., БРЫЖАТЫЙ О. Э., КИРИЧЕНКО В. Ф. Планово-предупредительные ремонты зданий и сооружений и их экономический аспект	100
ДОЛМАТОВ А. А., МАШТАЛЕР С. Н., НАЗАРОВ В. Е. Актуальность применения фибробетона в современном строительстве	108

ЗМІСТ

ЮГОВ А. М., МАКСИМОВ М. Ю., РИБ Ю. Р. Улаштування пасивного вогнезахисту сталевих конструкцій	5
КОЖЕМЯКА С. В., ШОПЯК А. В. Технологія будівництва котелень в максимально стислі терміни	12
ТАРАН В. В., СЕЛИЩЕВ К. Е. Зведення малоповерхових будівель з легких сталевих тонкостінних конструкцій	18
ЮГОВ А. М., КИЛИМЕНКО І. В. Вибір раціональної технології монтажу металевого купола	24
МАЗУР В. О., ЧАЙКА М. О., МАЗУР О. В. Фактори, які впливають на конструктивно-технологічні рішення по улаштуванню утеплення швидкозбірних металевих безкаркасних арочних ангарів	30
НОВИКОВ М. С., ЮГОВ А. М. Рекомендації щодо ремонту та відновлення залізобетонних конструкцій	35
МАЗУР В. О., НОВИЦЬКА О. І., КРУПЕНЧЕНКО Г. В. Аналіз застосування існуючих методик теплотехнічних розрахунків для огорожувальних конструкцій будівель з внутрішнім утепленням	40
ПАВЛОВА І. Г. Аналіз розвитку і виробництва профілів сталевих гнутих замкнутих зварних для будівельних металоконструкцій	45
СОЛОВЕЙ П. І., ПЕРЕВАРЮХА А. М., БЕЛОВА А. А. Геодезичний моніторинг витяжної вежі	52
ВОДОЛАЖЧЕНКО О. Г., ГОРУЛЬОВ О. Ю. Виносна опора автомобільного крана з поступально-обертальним приводом механізму висунення гідродомкрата	58
ЛУЦЬКО Т. В., КРИКУНОВ Ю. В. Оцінка впливу температурних навантажень на металоконструкцію дверезнімної машини, що застосовується для обслуговування коксових батарей	64
ЛУЦЬКО Т. В. Аналіз показників, що впливають на раціональний вибір автогідропідійомників	71
БЕЛИЦЬКИЙ Д. Г., І. В. СЕЛЕЗНЬОВ Комп'ютерне апаратне забезпечення для роботи з навчальним стендом фізичного моделювання робочих процесів наземних транспортно-технологічних машин	77
ТИТКОВ С. О., ІХНО Г. В., ТОЧЕНА А. А. Дослідження НДС колони аміачно-вапняної з урахуванням корозійного зносу	81
ЛЕВЧЕНКО В. М., ЛЕВІН В. М., КИРИЧЕНКО В. Ф. Довговічність та надійність будівельних конструкцій і аналіз методів їх забезпечення у будівлях і спорудах	90
ЛЕВЧЕНКО В. М., БРИЖАТИЙ Е. П., БРИЖАТИЙ О. Е., КИРИЧЕНКО В. Ф. Планово-запобіжні ремонти будівель і споруд та їх економічний аспект	100
ДОЛМАТОВ А. О., МАШТАЛЕР С. М., НАЗАРОВ В. Є. Актуальність застосування фібробетону в сучасному будівництві	108

CONTENTS

YUGOV ANATOLIY, MAKSIMOV NIKOLAY, RYB YULIA. The Device of Passive Fire Protection of Steel Structures	5
KOZHEMYAKA SERGEY, SHOPYAK ANDREY. Technology of Construction of Boiler Rooms in the Shortest Possible Time	12
TARAN VALENTINA, SELISHCHEV KONSTANTIN. Construction of Low-Rise Buildings of Light Steel Thin-Walled Structures	18
YUGOV ANATOLIY, KYLYMENKO IRINA. Selection of Rational Technology of Installation of Metallic Copper	24
MAZUR VICTORIA, CHAIKA MARIIA, MAZUR ALEXANDER. Factors Affecting the Design and Technological Solutions for Insulation of Prefabricated Metal Frameless Arch Hangars	30
NOVYKOV NYKYTA, YUGOV ANATOLIY. Recommendations for Repair and Restoration Reinforced Concrete Structures	35
MAZUR VICTORIA, NOVITSKAYA ELENA, KRUPENCHENKO ANNA. Analysis of the Applicability of Existing Methods of Heat Engineering Calculations for Enclosing Structures of Buildings with Internal Insulation	40
PAVLOVA IRINA. Analysis of the Development and Production of Steel Bent Closed Welded Profiles for Construction Steel Structures	45
SOLOVEJ PAVEL, PEREVARJUHA ANATOLY, BELOVA ALINA. Geodetic monitoring of the exhaust tower	52
VODOLAZHCENKO ALEKSANDR, GORULYOV ALEXEY. Outrigger Support of an Automotive-Type Crane with a Progressive-Rotary Drive of the Hydraulic Jack Extension Mechanism	58
LUTSKO TATYANA, KRIKUNOV YURI. Analysis of the Effect of Thermal Loadings on the Metal Construction Door of Removable Machine Used for Maintenance of Coke Oven Batteries	64
LUTSKO TATYANA. Analysis of Factors Affecting the Rational Choice of Hydraulic Lifts	71
BELITSKIY DMITRY, SELEZNEV IGOR. Computer Hardware for Working with a Training Stand for Physical Modeling of Work Processes of Land Transport-Technological Machines	77
TITKOV SERGEY, IHNO ANNA, TOCHUONAYA ANASTASIA. Investigation of the Stress-Strain State of the Ammonia-Lime Column Taking into Account the Corrosive Wear	81
LEVCHENKO VIKTOR, LEVIN VIKTOR, KIRICHENKO VOLODUMUR. Durability and Reliability of Building Structures and Analysis of Methods of their Provision in Buildings and Structures	90
LEVCHENKO VIKTOR, EDUARD BRYZHATY, OLEG BRYZHATY, KIRICHENKO VOLODUMUR. Preventive Maintenance of Buildings and Structures and their Economic Aspect	100
DOLMATOV ANDREY, MASHTALER SERGII, NAZAROV VLADISLAV. The Relevance of the use of Fiber-Reinforced Concrete in Modern Construction	108