

ISSN 1814-3296 print  
ISSN 2519-2817 online

# ВЕСТНИК

ДОНБАССКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ



**ВЫПУСК 2017-6(128)**

**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 2017-6(128)**

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

Макеевка 2017

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 2017-6(128)**

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

Макіївка 2017

## **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 30.10.2017 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 27.11.2017

## **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», 2017



**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 30.10.2017 р.

**Редакційна рада:**

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

**Редакційна колегія:**

Висоцький С. П., д. т. н., професор;	Мущанов 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 27.11.2017

**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», 2017

УДК 624.074.2

**Д. В. БЕЛОВ, А. М. ЮГОВ**

ГОО ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **МОНТАЖНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КУПОЛОВ-ОБОЛОЧЕК**

**Аннотация.** В данной статье предложена новая купольная монтажная система, которая позволяет решить некоторые технические трудности при возведении сборных железобетонных куполов-оболочек, показано устройство монтажной системы и принцип её работы на различных стадиях возведения купола. Приводится детальное описание выполнения работ с помощью предложенной системы. Подробно освещены технология выполнения работ и преимущества нового технологического решения по монтажу железобетонного купола-оболочки.

**Ключевые слова:** купола-оболочки, монтаж купола, сектора, кружала, опорное кольцо купола.

### **АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ**

Технологические и функциональные требования обуславливают постоянное увеличение пролетов конструктивных элементов зданий и сооружений. Купола из сборных железобетонных элементов позволяют перекрывать большие площади промышленных и гражданских зданий без промежуточных опор при минимальном расходе материалов. Улучшение конструктивных решений и методов монтажа куполов из сборных железобетонных элементов во многом способствует более широкому их применению в строительстве.

Вследствие больших габаритов и масс конструктивных элементов куполов-оболочек их не всегда возможно монтировать в укрупненном виде традиционными методами с применением единичных грузоподъемных средств (крана или мачты) [1].

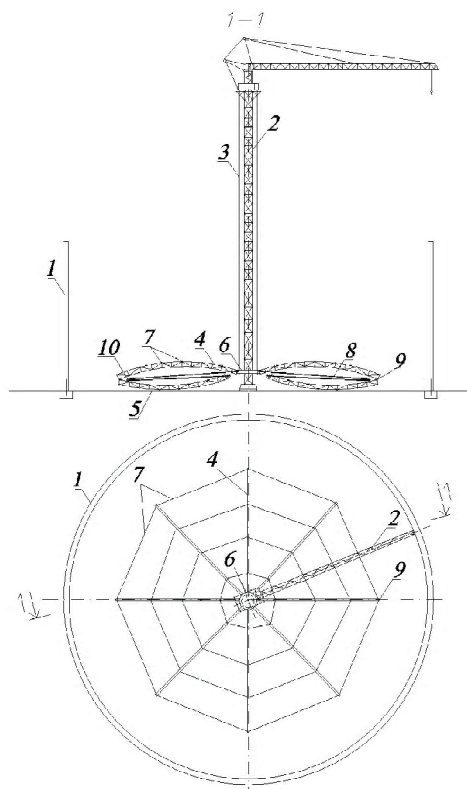
Купола-оболочки имеют ряд конструктивных особенностей, затрудняющих их монтаж в сравнении с ребристыми, сетчатыми и ребристо-кольцевыми куполами, имеющими несущий каркас [2]. Купола-оболочки традиционно монтируются двумя основными методами навесной сборки: монтаж кольцевыми ярусами без поддерживающих лесов на оттяжках и монтаж с применением фермы, которая одним концом опиралась на поворотное устройство на башне крана, а другим (с помощью тележки) перемещалась по кольцевому рельсу на уровне опорного кольца. Ферма служит шаблоном при установке плит, которые выверяются с помощью установленных на ферме винтовых домкратов. Консольный конец панели закрепляется с помощью гибких подвесок к стойкам, установленным по периметру купола. Затем ферму перемещают на смежную позицию [3].

И в первом и во втором случае возникает необходимость во временном закреплении и трудоемкой выверке каждого элемента купола-оболочки, что значительно увеличивает трудоемкость и продолжительность строительства.

Поэтому целью статьи является предложение усовершенствованных организационно-технологических решений сооружения сборных железобетонных куполов-оболочек за счет применения принципиально новой монтажной купольной системы.

#### *Порядок работы монтажной системы*

В геометрическом центре возводимого купола устанавливается монтажный башенный кран 2, с помощью которого сооружаются постоянные опоры купола 1. Кран 2 является также и временной опорой для монтируемого купола-оболочки и оснащается подъемным кольцом 6 с тросами 3 (рис. 1).



**Рисунок 1** – Устройство монтажной системы: 1 – постоянные опоры купола; 2 – кран монтажный; 3 – тросы; 4 – верхнее радиальное полукружало; 5 – нижнее радиальное полукружало; 6 – подъемное кольцо; 7 – концентрические кружала; 8 – затяжка кружал; 9 – шарнир кружал; 10 – шарнир затяжки.

Кружала состоят из верхнего 4 и нижнего 5 радиальных полукружал, соединенных друг с другом шарниром 9. Верхнее полукружало 4 соединено также шарнирно с подъемным кольцом 6. Радиальные полукружала 4 и 5 выполнены в виде стальных ферм с заданными параметрами кривизны возводимого купола и в начальной стадии располагаются друг над другом в одной плоскости [4]. Между полукружалами 4 и 5 устроена в сложенном состоянии затяжка 8, в середине которой имеется шарнир 10. Затяжка 8 закреплена шарнирно к нижнему полукружалу 5 и к подъемному кольцу 6.

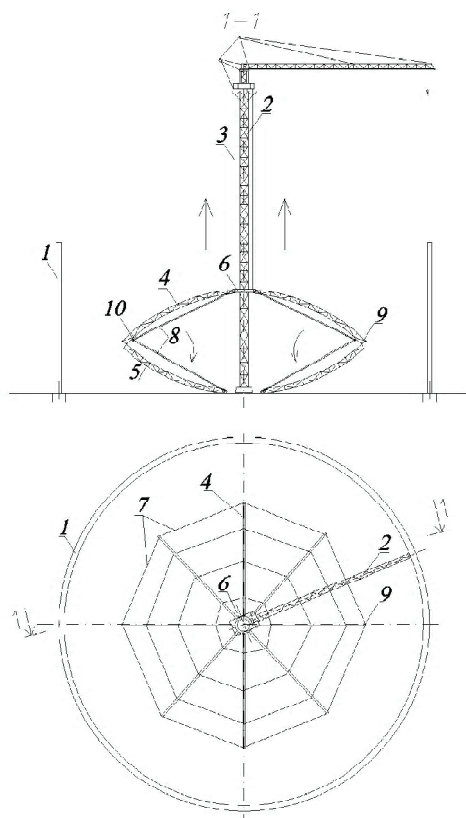
В плане радиальные кружала жестко соединены друг с другом концентрическими кружалами 7.

После сборки кружал подъемное кольцо 6, охватывающее башню монтажного крана 2, начинает с помощью тросов 3 подниматься вверх [5]. Подъем кольца 6 может осуществляться от силового оборудования монтажного крана 2. При этом верхний конец полукружал 4 и затяжки 8 поворачивается в шарнирах подъемного кольца 6. Также происходит поворот в шарнире кружал 9 и в шарнире затяжки 10, начинает происходить «раскрытие» монтажной системы (рис. 2).

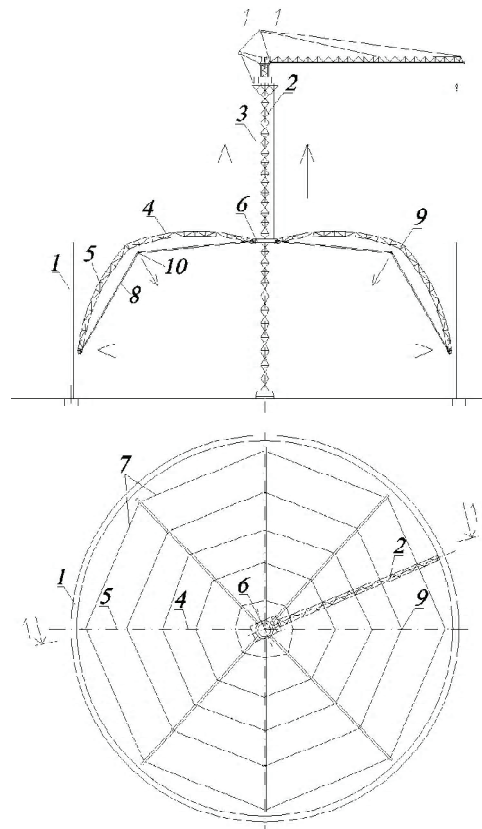
В процессе дальнейшего подъема кольца 6 затяжки 8 под действием силы собственной тяжести совершают поворот в трех точках: в шарнире затяжки 10, в шарнире подъемного кольца 6 и в шарнире на конце нижнего радиального кружала 5. Нижние концы полукружал 5 при этом совершают горизонтальное перемещение, а шарнир 10 затяжки 8 перемещается в нижнее положение. Происходит изменение монтажной системы в плане (рис. 3).

При достижении подъемного кольца 6 верхней проектной точки происходит полное раскрытие монтажной системы. Нижние концы полукружал 5 опирают на постоянные опоры купола 1. Подъемное кольцо 6 фиксируют в верхнем крайнем положении (рис. 4).

После фиксации монтажной системы начинается монтаж элементов купола-оболочки: нижнего и верхнего опорных колец, плит оболочки купола. Монтаж ведется в противоположных секторах от нижнего яруса к верхнему. Стрела монтажного крана 2 вращается по ходу монтажа на 360°. Монтируемые элементы купола 11 перед монтажом раскладываются по внешнему периметру возводимого сооружения (рис. 5).



**Рисунок 2** – Начало подъема монтажной системы: 1 – постоянные опоры купола; 2 – кран монтажный; 3 – тросы; 4 – верхнее радиальное полукружало; 5 – нижнее радиальное полукружало; 6 – подъемное кольцо; 7 – концентрические кружала; 8 – затяжка кружал; 9 – шарнир кружал; 10 – шарнир затяжки.



**Рисунок 3** – Промежуточное положение монтажной системы при подъеме: 1 – постоянные опоры купола; 2 – кран монтажный; 3 – тросы; 4 – верхнее радиальное полукружало; 5 – нижнее радиальное полукружало; 6 – подъемное кольцо; 7 – концентрические кружала; 8 – затяжка кружал; 9 – шарнир кружал; 10 – шарнир затяжки.

Элементы купола 12 соединяют друг с другом сваркой через закладные детали, швы замоноличивают.

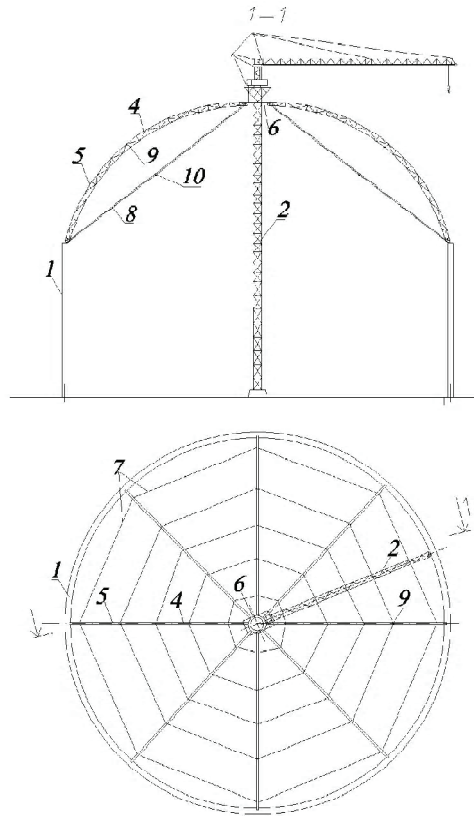
После окончания монтажа сборного железобетонного купола производится демонтаж системы. Подъемное кольцо 6 начинает движение вниз по башне крана 2. Затяжка 8 поворачивается в шарнире подъемного кольца 6 и начинает складываться в шарнире 10. При этом образуется горизонтальная сила в нижнем конце радиального полукружала 5, сдвигая его с постоянных опор купола 1.

Для того, чтобы затяжка 8 в начальной стадии демонтажа не стремилась под действием собственного веса вернуть полукружала 4 и 5 в начальное состояние, до начала демонтажа в пятую часть кружал устраивают гибкие оттяжки 13. По мере движения монтажной системы вниз по башне крана 2 оттяжки 13 подтягивают край кружал 5 к основанию башни крана. Осуществляется поворот затяжки 8 в шарнире 10 и полукружал 4 и 5 в шарнирах 9 (рис. 6).

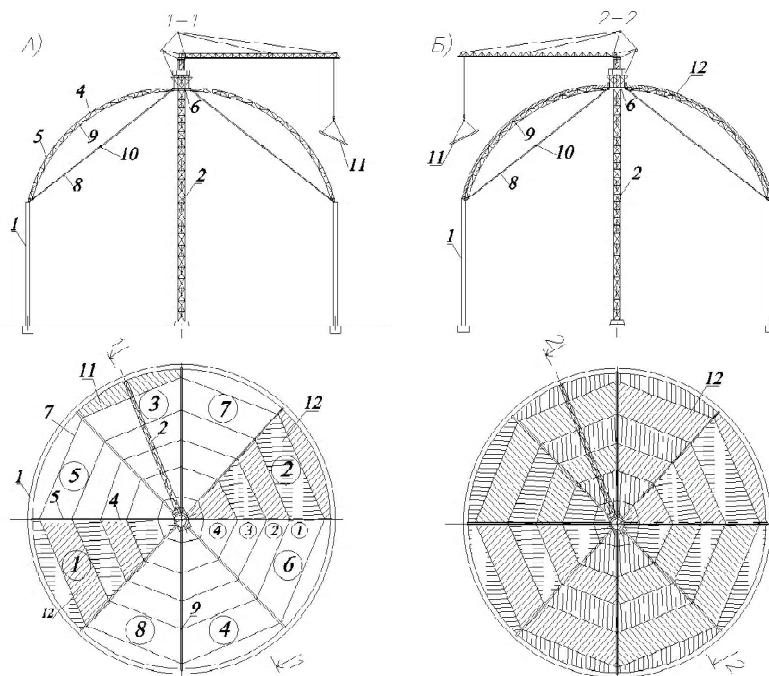
Кружала достигают отметки основания, и система окончательно складывается, выполняется поэлементный демонтаж всех элементов. Демонтаж крана 2 производится через верхнее опорное кольцо внутрь купола.

### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

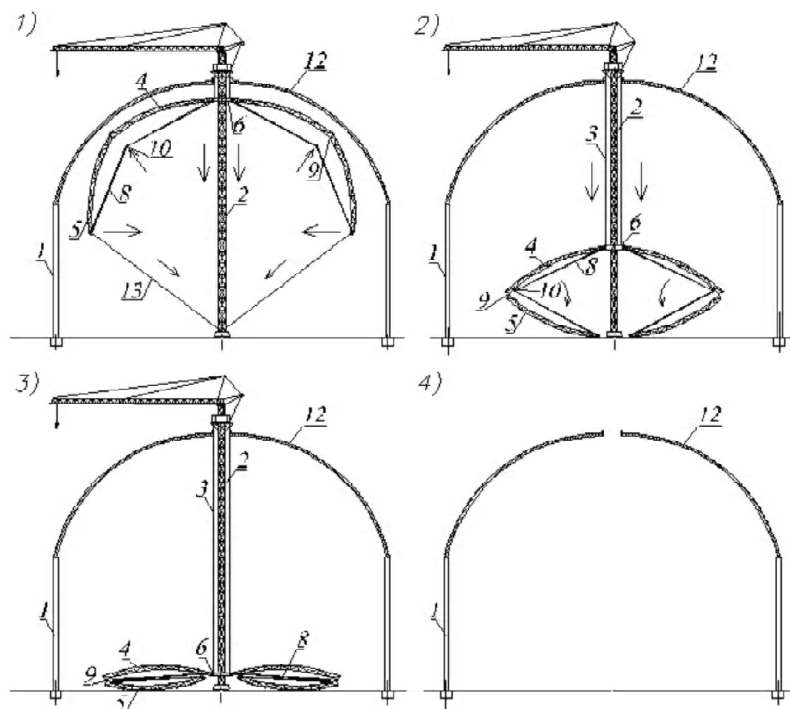
Возведение куполов-оболочек методами навесной сборки, кольцевыми ярусами на оттяжках и с применением подвижной фермы требует достаточно больших трудозатрат. Значительная часть трудоемкости приходится на временное закрепление и выверку каждого элемента оболочки купола. Монтаж куполов-оболочек с помощью подвижной фермы имеет в своей основе динамическую, подвижную монтажную систему, что в свою очередь сказывается на точности и трудоемкости монтажа.



**Рисунок 4** – Окончание подъема системы и её установка на проектные опоры: 1 – постоянные опоры купола; 2 – кран монтажный; 3 – тросы; 4 – верхнее радиальное полукружало; 5 – нижнее радиальное полукружало; 6 – подъемное кольцо; 7 – концентрические кружала; 8 – затяжка кружал; 9 – шарнир кружал; 10 – шарнир затяжки.



**Рисунок 5** – Монтируемые элементы купола: а) монтаж элементов купола-оболочки б) окончание монтажа купола-оболочки: 1 – постоянные опоры купола; 2 – кран монтажный; 3 – тросы; 4 – верхнее радиальное полукружало; 5 – нижнее радиальное полукружало; 6 – подъемное кольцо; 7 – концентрические кружала; 8 – затяжка кружал; 9 – шарнир кружал; 10 – шарнир затяжки; 11 – монтируемый элемент оболочки купола; 12 – сектор оболочки купола; (1) – (8) – порядок монтажа секторов оболочки купола; (1) – (4) – порядок монтажа элементов в секторе.



**Рисунок 6** – Демонтаж монтажной системы: 1 – постоянные опоры купола; 2 – кран монтажный; 3 – тросы; 4 – верхнее радиальное полукружало; 5 – нижнее радиальное полукружало; 6 – подъемное кольцо; 7 – концентрические кружала; 8 – затяжка кружал; 9 – шарнир кружал; 10 – шарнир затяжки; 11 – монтируемый элемент оболочки купола; 12 – сектор оболочки купола; 13 – оттяжки.

Монтаж куполов-оболочек с помощью предложенной монтажной системы дает возможность снизить трудоемкость вспомогательных работ, повышает скорость и точность монтажа элементов за счет временных кружал, повторяющих геометрию купола. Система статична во весь период монтажа и не требует перестановки или вращения её элементов.

Раскружаливание системы не требует сложного оборудования, демонтаж кружал осуществляется поэлементно в уровне земли, что позволяет сократить объем высотных работ.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Липницкий, М. Е. Купольные покрытия для строительства в условиях сурового климата [Текст] / М. Е. Липницкий – Л. : Стройиздэт, 1987. – 196 с.
2. Тур, В. И. Купольные конструкции: формообразование, расчет, конструирование, повышение эффективности [Текст] / В. И. Тур. – М. : АСВ, 2004. – 96 с.
3. Зверев, А. Н. Большепролетные конструкции покрытий общественных и промышленных зданий [Текст] / А. Н. Зверев. – Л. : Санкт-петербургский государственный архитектурно строительный университет, 1998. – 142 с.
4. Пат. 48589 Україна, МПК E04G 11/04. Опалубка для зведення великопролітних куполів [Текст] / Белов Д. В., Югов А. М. ; заявник і патентовласник Белов Д. В., Югов А. М. – № 200909928 ; заявл. 29.09.2009 ; опубл. 02.02.2010, Бюл. № 6. – 4 с.
5. Пат. 69212 Україна, МПК E04G 11/04. Опалубка для зведення куполів [Текст] / Белов Д. В., Югов А. М. ; заявник і патентовласник Белов Д. В., Югов А. М. – № 201111228 ; заявл. 21.09.2011 ; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8. – 7 с.

Получено 02.09.2017

Д. В. БЕЛОВ, А. М. ЮГОВ

МОНТАЖНА СИСТЕМА ДЛЯ ЗВЕДЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КУПОЛІВ-ОБОЛОНОК

ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** У даній статті запропонована нова купольна монтажна система, яка дозволяє вирішити деякі технічні труднощі при зведенні збірних залізобетонних куполів-оболонки, показано улаштування монтажної системи і принцип її роботи на різних стадіях зведення купола. Надається детальний опис виконання робіт з допомогою запропонованої системи. Ретельно висвітлені технологія виконання робіт і переваги нового технологічного рішення з монтажу залізобетонного купола-оболонки.

**Ключові слова:** купола-оболонки, монтаж купола, сектори, кружала, опірне кільце купола.

DENIS BELOV, ANATOLIY YUGOV

ASSEMBLY SYSTEM FOR ERECTION OF REINFORCED-CONCRETE DOMES-ENVIRONMENTS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** In the given article the new dome assembly system which allows to solve some technical difficulties at erection of modular reinforced-concrete domes – environments has been suggested, the device of assembly system and a principle of its work at various stages of erection of a dome has been shown. The detailed description of performance of works with the help of the offered system has been resulted. Technical process of execution of work and advantages of the new technological decision on installation of reinforced-concrete dome of building envelop have been given.

**Key words:** domes of building envelop, installation of dome, sector, cross-beam, basic ring of dome.

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

**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.

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

**Югов Анатолій Михайлович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології і організації будівництва ДОНУ 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

**Belov Denis** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: technological processes at erection of monolithic constructions.

**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.



УДК 624.07

**С. В. МАЛИКОВ, П. А. БЕРЕЖНОЙ, В. Л. КУЗНЕЦОВ, О. А. СИНЮГИН**

ООО «Донецкий Промстройинипроект»

## **ОПЫТ РАССЛЕДОВАНИЯ ПРИЧИН СТРОИТЕЛЬНОЙ АВАРИИ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БЕЗОПАСНОГО ДЕМОНТАЖА ПОВРЕЖДЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ УЧЕБНОГО КОРПУСА № 4 ДОННУЭТ ИМ. М. ТУГАН-БАРАНОВСКОГО**

**Аннотация.** В статье приведен опыт системного подхода к обследованию строительных конструкций с целью определения причин обрушения восточного крыла здания учебного корпуса № 4 ДонНУЭТ им. М. Туган-Барановского, а также представлена разработка технологии безопасного демонтажа поврежденных конструкций.

**Ключевые слова:** строительная авария, обрушение, перегрузка, простенок, стропильные фермы, обследование, демонтаж.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Строительная авария, произошедшая в восточном крыле здания учебного корпуса № 4 Донецкого национального университета экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского, расположенного по адресу: г. Донецк, б. Шевченко, 30 с обрушением части строительных конструкций.

### **ЦЕЛИ**

Выявление причин строительной аварии и разработка безопасной технологии демонтажа поврежденных и сохранившихся конструкций аварийного участка здания.

### **ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**

В настоящее время, в силу ряда объективных причин, сократился объем плановых обследований зданий и сооружений, в связи с чем участились случаи несвоевременного выявления признаков аварийного состояния строительных конструкций. Описанный в статье системный подход к исследованию причин уже произошедшей аварии позволяет в большинстве случаев предотвратить дальнейшее обрушение конструкций или предотвратить аварийную ситуацию при регулярном мониторинге за строительным объектом при своевременном принятии мер.

Так, 29.06.2017 г. произошло обрушение части строительных конструкций восточного крыла здания учебного корпуса № 4 Донецкого национального университета экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского (далее – ДонНУЭТ), расположенного по адресу: г. Донецк, б. Шевченко, 30 (рис. 1). Через 2 часа после обрушения специалисты института были на месте аварии по вызову МЧС для проведения первоначального осмотра и фиксации ситуации (**первый этап исследований**).

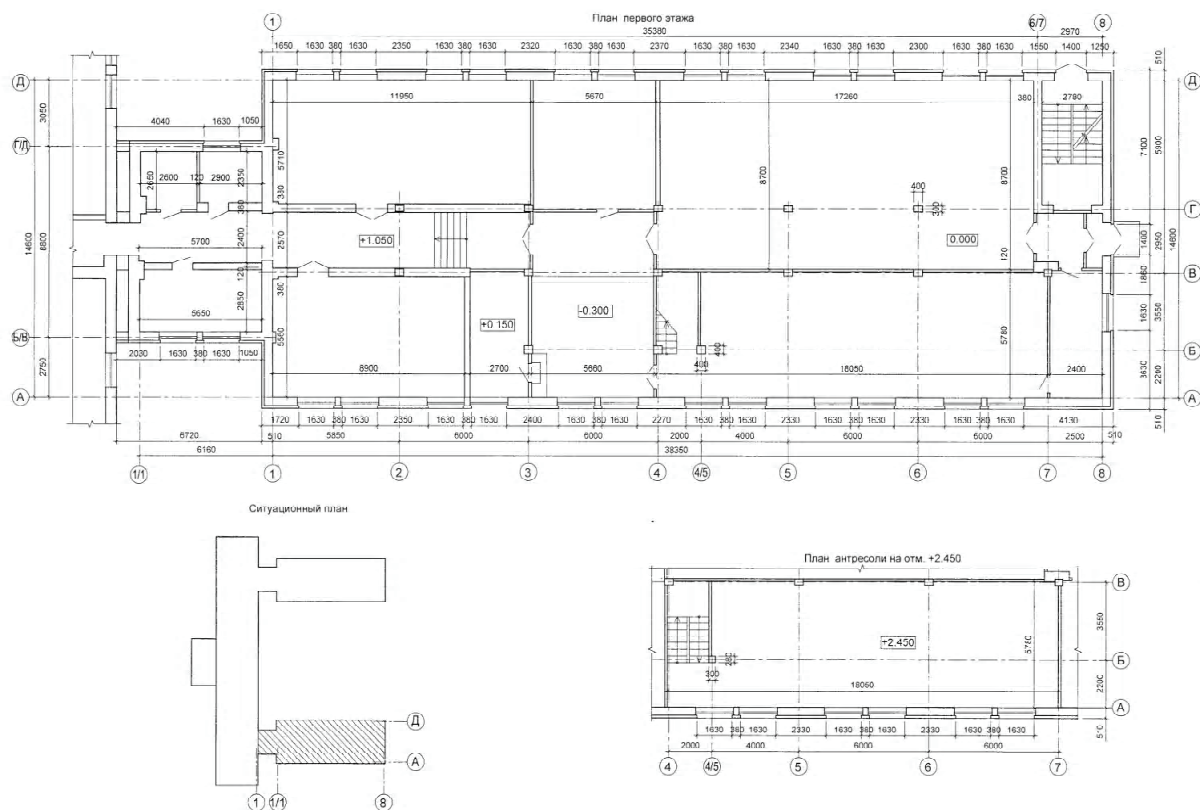
Осмотр показал, что авария произошла в осях 4–7, А–Д. Общее планировочное решение отсека здания с указанием координатных осей приведено на рис. 2.

Правое крыло здания учебного корпуса № 4 четырехэтажное, прямоугольное в плане, соединено с главным корпусом переходом, разделенным деформационным швом.

Здание эксплуатируется с 1968 г. Проектная и строительная организации, выполнявшие проектирование и строительство объекта, не установлены.



**Рисунок 1** – Общий вид участка обрушения строительных конструкций восточного крыла здания учебного корпуса № 4 ДонНУЭТ.



**Рисунок 2** – План первого этажа восточного крыла здания учебного корпуса № 4.

По конструктивной схеме здание восточного крыла: по подвалу и 1–2 этажам (библиотека и аудитория) – с неполным железобетонным каркасом в осях 2–7 с колоннами вдоль осей В, Г и, частично, вдоль оси Б (колонны антресоли библиотеки в уровне первого этажа); по 3–4 этажу в осях 2–6/7, А–Д (актовый зал) – по бескаркасной гибкой конструктивной схеме с опиранием стропильных ферм на простенки наружных стен.

Несущие конструкции рассматриваемого здания: фундаменты стен, а также стены подвала – ленточные, из сборных бетонных блоков под стены и отдельно стоящие под колонны; конструкции каркаса в осях 2–7, В, Г – железобетонные колонны и ригели, в продольном направлении; наружные и внутренние стены – кирпичная кладка толщиной 380 мм из глиняного кирпича с облицовкой снаружи силикатным кирпичом, общая толщина наружной стены – 510 мм; перемычки – сборные железобетонные, на два и одно окно; плиты перекрытия – сборные железобетонные многопустотные опирающиеся на наружные стены и ригели каркаса; стропильные фермы покрытия – металлические трапецевидные, пролетом 14,6 м с высотой на опоре 950 и 1 900 мм в коньковой части; фермы опираются на железобетонные подушки с размерами в плане 400×500 мм, высотой 150 мм и закрепляются к ним анкерными болтами. В осях 2–3 и 5–6 стропильные фермы соединены в плоскости верхнего пояса крестовыми связями, по коньку установлены вертикальные связи, к нижнему поясу крепятся металлические балки подвесного потолка. По металлическим балкам подвесного потолка установлены деревянные брусья с подшивкой доской, по которой выполнена штукатурка по дранке, и потолок из гипсокартона; плиты покрытия – сборные железобетонные типа ПКЖ, а также плоские в осях 7–8; лестничная клетка в осях 6/7–8 из сборных железобетонных элементов.

Осмотр конструкций обрушившейся части здания производился с перекрытий сохранившейся части, покрытия и автомобильного подъемника. Для определения физико-механических характеристик несущих стен были отобраны образцы кирпича и раствора кладки.

В результате первого этапа обследования поврежденного здания было установлено:

1. Произошло обрушение следующих конструкций: кладки наружной стены в осях 4–7, А – от уровня перекрытия антресоли 1-го этажа до карниза и выше верхней лестничной площадки; кладки наружной стены в осях 4–7, Д – от уровня перекрытия 2-го этажа до карниза и в осях 5–7, Д и Д–Г, 5–7; плит перекрытия 1-го (над антресолью библиотеки) и 2-го этажей в осях 4–7, А–В; покрытия (фермы, плиты покрытия) в осях 4–7, А–Д.

2. В результате обрушения в местах падения конструкций покрытия получили значительные повреждения плиты перекрытия второго и первого этажей.

3. Кладка наружных стен имеет следующие дефекты проектирования и изготовления:

- отсутствуют мероприятия по защите от влияния горных выработок (железобетонные пояса, армирование кладки, пилястры для увеличения поперечной жесткости);
- наружный облицовочный слой из силикатного кирпича исключен из работы сечения стены из-за отсутствия связей;
- кладка третьего этажа выполнена по плитам перекрытия и не имеет связи с нижележащей;
- основная кладка стен толщиной 380 мм выполнена в виде слоеного «пирога» из смеси глиняного и силикатного кирпича, некондиционного кирпича (половинки, бой кирпича, кирпич с трещинами), кирпича разных модульных размеров; имеется большое количество не заполненных раствором швов – «пустошовка» (рис. 3); по результатам испытаний раствор кладки имеет колебания прочности на сжатие от 0–0,4 МПа до 1,0–1,5 МПа, отдельные участки более 2,5 МПа;
- отсутствует связь (анкеровка) плит перекрытия с кирпичной кладкой стен;
- центр опирания ферм покрытия смещен к облицовочному слою (эксцентриситет наружу);
- работа кирпичной кладки на смятие не определена в связи с опиранием на кладку из некондиционного кирпича и раствора с различной низкой прочностью;
- отсутствие заделки бетоном пустот плит перекрытия в опорной зоне (уложен кирпич);
- в простенках 1–2-го этажей в осях 5–6, А до обрушения конструкций имелись трещины и локальное обрушение облицовочного слоя кладки; под оконными проемами выполнены ниши для радиаторов отопления, ослабляющие стену;
- из-за неорганизованного водостока вода с карниза ветром переносится на поверхность стены, вызывая замачивание и размораживание кладки;
- в момент обрушения конструкций 29.06.2017 г. была сильная гроза, ливневый дождь, сопровождавшийся шквальным ветром; в результате порывов ветра наружная стена испытывала действие дополнительного момента от ветрового отсоса.

4. Дефекты конструкции покрытия:



Рисунок 3 – Фрагмент кладки стены по оси 7.

– металлические конструкции покрытия (фермы и связи) не объединены в единую жесткую пространственную систему; связи между металлическими фермами не завершены логически: отсутствуют вертикальные связи между фермами вдоль стен по осям А, Д; продольные балки-прогоны по нижним поясам ферм не имеют жесткого неподвижного соединения с узлами ферм; опорные железобетонные подушки под фермами не имеют неподвижного соединения со стенами; отсутствуют сварные соединения закладных деталей плит покрытия с верхними поясами ферм, наблюдается соединение плит между собой проволоочными скрутками;

**Вторым этапом** работы была камеральная обработка полученных на первом этапе при полевых работах данных, поиск и изучение дополнительных данных, их анализ и составление плана дальнейших мероприятий. Так, при изучении архивных данных было выяснено, что площадка расположения здания в 1955–1981 гг. неоднократно подрабатывалась горными выработками шахты им. Калинина. На период проектирования и строительства здания 1967–68 гг. действовали следующие нормы проектирования на подрабатываемых территориях: «СН 289-64. Указания по проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях» (М., 1965 г.).

Ниже, в таблице, приведены требования к конструкциям здания и фактическое их выполнение по результатам обследования.

Таблица – Требования к конструкциям здания

№ п/п	Содержание требования по СН 289-64	Фактическое выполнение
1	6.22. Защита зданий с податливой конструктивной схемой при воздействии вертикальных деформаций земной поверхности осуществляется снижением жесткости здания в вертикальном направлении путем введения нежестких междуэтажных поясов кладки, применения широких проемов, специальных шарнирных вставок и связей, допускающих подвижность сопряжений, образование пластических шарниров и т. д. ...	Выполнено
	8.6. Для обеспечения пространственной устойчивости здания в вертикальном направлении необходимо:	
2	а) перекрытия устраивать в виде жестких горизонтальных диафрагм со связями элементов перекрытия между собой и с продольными и поперечными стенами (поясами);	Выполнено только над подвалом.
3	б) принимать свободную длину стен не более 12 м;	Не соблюдается, фактически – 28,9 м
4	в) углы и переломы стен усиливать арматурными сетками в соответствии с указаниями пп. 7.24 и 8.19.	Не выполнено
5	8.3. Длина отсеков зданий, размещаемых на территориях I и II групп, должна приниматься, как правило, не более 30 м, а на площадках III и IV групп – не более 60 м.	Фактическая длина отсека 38,35 м

Для увеличения продольной жесткости наружных стен (для восприятия усилий от подработки) была проведена частичная закладка проемов 3-го этажа, которая увеличила нагрузку на нижерасположенные участки стены.

По степени потенциальной подтопляемости участок относится к подтопляемым. Форма залегания вод – грунтовый поток, направление потока – поперек фундаментов продольных стен. Изменение свойств грунтового основания в результате подтопления вызывает дополнительные неравномерные осадки фундаментов и дополнительные напряжения в стенах, сопровождающиеся трещинообразованием.

При обстрелах 2015 года произошло попадание снаряда (мины) недалеко от рассматриваемого нами здания (на противоположной стороне бул. Шевченко), в результате чего было повреждено остекление (взрывной волной) и кровля (осколками). Воздействие взрывной волны при наличии внутренних дефектов кладки вызывает нарушение целостности стены и снижение ее прочности и пространственной жесткости.

В ходе анализа полученных при первоначальном обследовании данных по расположению конструкций после падения установлена наиболее вероятная схема обрушения конструкций и причины обрушения. Обрушение началось с простенка второго-третьего этажа по оси 5, имевшего трещины и расслоение кладки и соответствующей ему фермы по оси 5, затем процесс обрушения захватил оси 6 и 4.

По результатам анализа материалов обследования можно заключить:

1. Обрушение конструкций произошло вследствие перегрузки кирпичной кладки простенков, на которые опираются стропильные фермы покрытия, вследствие их недостаточной поперечной жесткости (отсутствие пилястр и дополнительных поперечных стен), а также недостаточной прочности кладки на сжатие и растяжение (из-за наличия многочисленных дефектов) при провоцирующих внешних воздействиях.

2. Основными факторами, обусловившими разрушение конструкций, являются:

- недостатки конструктивной схемы здания, не обеспечивающей поперечную устойчивость и пространственную жесткость здания;
- низкое качество строительных работ при возведении здания;
- физический износ строительных конструкций и материалов;
- сверхнормативные внешние воздействия.

Факторами, дополнительно способствующими разрушению, являются:

- снижение прочности силикатного кирпича при замачивании после повреждения кровли и остекления и от динамических воздействий при ранее имевших место обстрелах; увеличение нагрузок на кровлю при замачивании утеплителя; расположение центра опирания фермы ближе к наружной облицовке стены увеличивает эксцентриситет при ветровом отсосе; многочисленные дефекты, низкое качество выполнения строительных работ (отсутствие анкеровки плит и ферм в стенах, низкая прочность раствора, применение некондиционного кирпича, разнородность кирпичной кладки в одном сечении, наличие остаточных повреждений и деформаций при подработке и неравномерных осадках при замачивании грунтов); значительная площадь проемов стен.

Для обеспечения безопасной последовательности разборки поврежденных и демонтажа сохранившихся конструкций на основании результатов предварительного обследования были разработаны мероприятия по предотвращению дальнейшего разрушения конструкций и рекомендации по разборке завалов.

В качестве первоочередных мероприятий были рекомендованы:

- перекрыть доступ персонала и посторонних лиц в здание восточного крыла учебного корпуса № 4, оградить зону обрушения; для фиксации в проектное положение стропильной фермы по оси «4» установить металлические страховочные стойки под опорные узлы с опиранием их на неповрежденные плиты перекрытия; плиты перекрытия в местах установки металлических страховочных стоек усилить устройством системы из деревянных распределительных балок и стоек; используя автомобильный подъемник демонтировать зависшие фрагменты парапетных плит, кирпичной кладки, плит перекрытия.

Третьим этапом исследований было проведение повторного осмотра зоны обрушения и разработка технических решений по демонтажу поврежденных конструкций перекрытий, находившихся под завалами и всех конструкций 3-го этажа в осях 1–4, А–Д, так как в результате многочисленных дефектов их следует признать аварийными.



Следует отметить, что здание 4-го корпуса имеет западное крыло аналогичной конструктивной схемы (как обрушившееся восточное) с расположением на третьем этаже спортивного зала с габаритами, аналогичными габаритам актового зала восточного крыла.

В дальнейшем, в ходе третьего этапа исследований, при разработке проекта восстановления 4-го корпуса, во избежание дальнейшего развития разрушения конструкций, силами специализированной организации необходимо: выполнить инженерно-геологические изыскания на площадке здания; инженерно-геодезические изыскания с целью определения геометрического положения строительных конструкций здания; провести исследование качества строительных материалов конструкций всего здания; провести полное обследование технического состояния всех строительных конструкций здания; разработать технические решения и мероприятия по усилению конструкций и восстановлению эксплуатационной пригодности всего здания учебного корпуса № 4 разработать рабочий проект восстановления здания учебного корпуса № 4.

## ВЫВОДЫ

1. Использование системного подхода при исследовании технического состояния зданий и сооружений позволит обеспечить их надежность в течение нормативного срока эксплуатации, быстро и правильно определить причины повреждений, предотвратить аварии.

2. Проектировщикам следует выбирать оптимальную конструктивную схему здания, адекватную действующим нагрузкам и воздействиям с учетом возможного изменения (ухудшения) условий эксплуатации. Рекомендуются принимать такие конструктивные решения несущих конструкций, которые исключают их неправильное выполнение на строительной площадке. Для исключения строительного брака необходимо осуществлять авторский надзор за строительством.

3. При технической эксплуатации зданий необходимо производить периодические регулярные обследования несущих конструкций специалистами для своевременного выявления скрытых дефектов и учета влияющих внешних факторов.

4. При перепланировках, сопровождающихся изменением нагрузок, выполнением проемов в несущих стенах или при закладке проемов, необходимо выполнять поверочные расчеты с использованием фактических прочностных свойств конструкций.

5. При обследовании кирпичных зданий с неполным каркасом и бескаркасных зданий необходимо уделять особое внимание состоянию кирпичной кладки, наличию анкерówki плит перекрытия к наружным стенам, состоянию опорных узлов несущих конструкций покрытия.

6. Соблюдение этих несложных условий при проектировании, строительстве, эксплуатации рассматриваемого здания позволило бы избежать обрушения конструкций.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.1.2-1-95. Положення про розслідування причин аварій (обвалень) будівель, споруд, їх частин та конструктивних елементів [Текст]. – Вводяться вперше ; введ. 1995-07-01. – Київ : Держкоммістобудування України, 1995. – 23 с.
2. ДБН В.2.6-162:2010. Конструкції будинків і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення [Текст]. – Уведено вперше на заміну СНиП II-22-81 ; чинні від 2011-09-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 97 с.
3. СН 289-64. Указания по проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях [Текст]. – Москва : Госстрой СССР, 1965. – 212 с.
4. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций по внешним признакам [Текст] / Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений Госстроя СССР. – Москва : ЦНИИпромзданий, 2001. – 129 с.
5. Методические указания по натурным обследованиям промышленных зданий, получивших разрушения в результате внешних воздействий [Текст] / Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений Госстроя СССР. – Москва : ЦНИИпромзданий, 1987. – 144 с.

Получено 03.09.2017

С. В. МАЛИКОВ, П. А. БЕРЕЖНОЙ, В. Л. КУЗНЕЦОВ, О. А. СИНЮГИН  
ДОСВІД РОЗСЛІДУВАННЯ ПРИЧИН БУДІВЕЛЬНОЇ АВАРІЇ І РОЗРОБКА  
ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗПЕЧНОГО ДЕМОНТАЖУ ПОШКОДЖЕНИХ  
КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЛІ НАВЧАЛЬНОГО КОРПУСУ № 4 ДОННУЕТ  
ІМ. М. ТУГАН-БАРАНОВСЬКОГО  
ТОВ «Донецький ПромбудНДІпроект»

**Анотація.** У статті наведено досвід системного підходу до обстеження будівельних конструкцій з метою визначення причин обвалення східного крила будівлі навчального корпусу № 4 ДонНУЕТ ім. М. Туган-Барановського, а також надана розробка технології безпечного демонтажу пошкоджених конструкцій.

**Ключові слова:** будівельна аварія, обвалення, перевантаження, простінок, кроквяні ферми, обстеження, демонтаж.

STANISLAV MALIKOV, PAVEL BEREZHNOY, VADIM KUZNETSOV,  
OLEG SINYUGIN  
THE EXPERIENCE OF INVESTIGATING THE CAUSES OF THE  
CONSTRUCTION ACCIDENT AND THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY  
FOR THE SAFE DISMANTLING OF DAMAGED STRUCTURES IN THE  
BUILDING OF THE EDUCATIONAL BUILDING № 4 M. TUGAN-BARANOVSKY  
DONNUET  
LLC «Donetskiy Promstroyniiproekt»

**Abstract.** The article shows the experience of the system approach to inspection of building structures with the purpose of determining the causes of the collapse of the eastern wing of the building of the educational building № 4 of DonNUET, and also the development of technology for the safe dismantling of damaged structures.

**Key words:** construction accident, collapse, overload, partition, inspection, dismantling.

**Маликов Станислав Владимирович** – директор ООО «Донецкий ПромстройНИИпроект». Научные интересы: разработка нормативных документов в строительной отрасли.

**Бережной Павел Анатольевич** – заведующий отделом НИО-1 ООО «Донецкий ПромстройНИИпроект». Научные интересы: обследование и восстановление конструкций зданий и сооружений в сложных геотехнических условиях. Участие в разработке строительных норм.

**Кузнецов Вадим Леонидович** – заместитель заведующего отделом НИО-9 ООО «Донецкий ПромстройНИИпроект». Научные интересы: обследование, восстановление и реконструкция строительных объектов.

**Синюгин Олег Анатольевич** – ведущий инженер ООО «Донецкий ПромстройНИИпроект». Научные интересы: обследование и восстановление конструкций зданий и сооружений в сложных геотехнических условиях. Участие в разработке строительных норм.

**Маліков Станіслав Володимирович** – директор ТОВ «Донецький ПромбудНДІ-проект». Наукові інтереси: розробка нормативних документів в будівельній галузі.

**Бережной Павло Анатолійович** – завідувач відділу НДВ-1 ТОВ «Донецький ПромбудНДІпроект». Наукові інтереси: обстеження і відновлення конструкцій будівель і споруд в складних геотехнічних умовах. Участь в розробці будівельних норм.

**Кузнецов Вадим Леонідович** – заступник завідувача відділу НДВ-9 ТОВ «Донецький ПромбудНДІпроект». Наукові інтереси: обстеження, відновлення та реконструкція будівельних об'єктів.

**Сінюгін Олег Анатолійович** – провідний інженер ТОВ «Донецький ПромбудНДІпроект». Наукові інтереси: обстеження і відновлення конструкцій будівель і споруд в складних геотехнічних умовах. Участь в розробці будівельних норм.

**Malikov Stanislav** – Director of limited liability company «Donetsk Promstroyniiproekt». Scientific interests: development of regulatory documents in the construction industry.



**Berezhnoy Pavel** – head of the Department of NIO-1 LLC «Donetsk Promstroyniiproekt». Scientific interests: survey and restoration of structures of buildings and structures in difficult geotechnical conditions. Participation in the development of building codes.

**Kuznetsov Vadim** – deputy head of the department NIO-9 «Donetsk Promstroyniiproekt». Scientific interests: survey, restoration and reconstruction of construction sites.

**Sinyugin Oleg** – leading engineer of LLC «Donetsk Promstroyniiproekt». Scientific interests: survey and restoration of structures of buildings and structures in difficult geotechnical conditions. Participation in the development of building codes.

УДК 69.059.25:692.232

**С. В. КОЖЕМЯКА, В. А. МАЗУР, Е. И. НОВИЦКАЯ**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ НАВЕСНОГО ВЕНТИЛИРУЕМОГО ФАСАДА С ОБЛИЦОВКОЙ КЕРАМОГРАНИТНЫМИ ПЛИТАМИ**

**Аннотация.** При облицовке фасадов керамогранитными плитами возможно как скрытое, так и видимое их крепление к подсистеме. Способ крепления, как правило, выбирается в зависимости от архитектурно-конструктивного решения навесного вентилируемого фасада без учета технологических особенностей монтажа. Необходимо исследовать влияние технологии крепления керамогранитных плит к подконструкции на технико-экономические показатели устройства навесных вентилируемых фасадов.

**Ключевые слова:** навесной вентилируемый фасад, способ крепления керамогранитных плит, технологические особенности монтажа, технико-экономические показатели.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Известно достаточно много архитектурных и конструктивно-технологических решений по устройству навесных вентилируемых фасадов. Выбор способа крепления облицовочного материала при устройстве навесных вентилируемых фасадов влияет не только на архитектурно-конструктивное решение фасадов, но и на организационно-технологические параметры их устройства (например, продолжительность монтажа, необходимость устройства технологических перерывов, сезонность выполнения работ и т. д.). Выбор конструктивно-технологических решений навесных вентилируемых фасадов с облицовкой керамогранитными плитами со скрытым и видимым креплением производится на основании сравнения технико-экономических показателей их устройства.

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

Анализ нормативно-технической документации и статистических данных производителей конструкций фасадных систем показал, что наиболее часто применяются конструктивно-технологические решения вентилируемых фасадных систем с облицовкой керамогранитными плитами [4, 5, 6]. В такой системе вентилируемого фасада применяют два принципиально разных способа их крепления по конструктивно-технологическим признакам:

- скрытое крепление (клеевое, анкерное крепление типа кайл-аграф, на пропилах в плитах);
- видимое крепление (на кляймерах, рустовое).

Наиболее распространены следующие способы крепления керамогранитных плит: скрытый клеевой, видимый рустовый и видимый на кляймерах (рис. 1).

### **ЦЕЛИ**

Целью работы является определение степени влияния основных способов крепления керамогранитных плит на технико-экономические показатели устройства навесных вентилируемых фасадов.

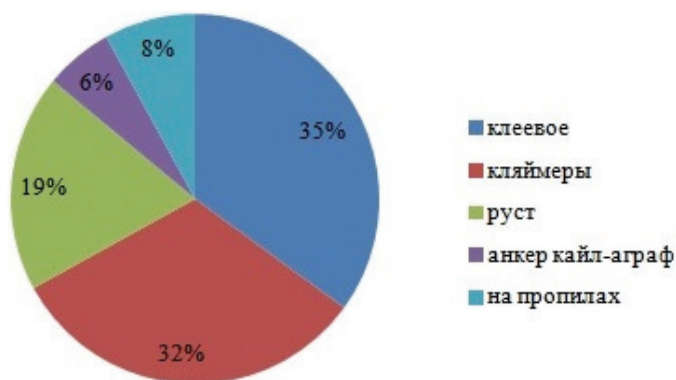


Рисунок 1 – Способы крепления керамогранитных плит в процентном соотношении.

### ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В качестве исследуемых конструктивно-технологических решений по устройству навесных вентилируемых фасадов с облицовкой керамогранитными плитами приняты два наиболее распространенных варианта их устройства: скрытое клеевое крепление и видимое крепление на кляймерах (рис. 2).

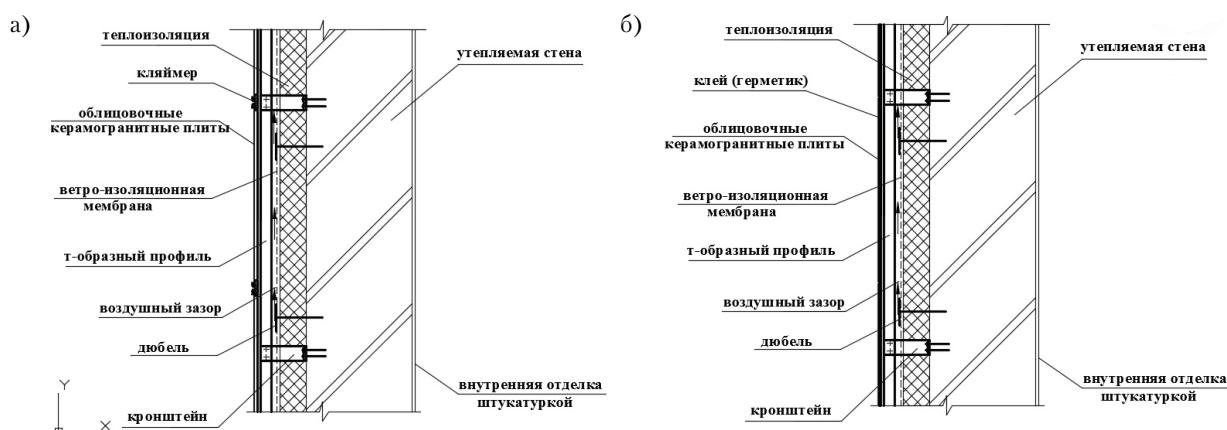


Рисунок 2 – Навесной вентилируемый фасад с облицовкой керамогранитными плитами: а) видимое крепление на кляймерах; б) скрытое клеевое крепление.

В работе проанализированы конструктивно-технологические особенности устройства двух вариантов навесных вентилируемых фасадов (табл.).

К несомненным преимуществам способа с видимым креплением керамогранитных плит относятся: высокая скорость монтажа, всесезонность производства работ, отсутствие ограничений по высоте монтажа фасадной системы. Для скрытого способа крепления керамогранитных плит существуют ограничения по высоте здания (максимум до 30 м), а также ограничение по выполнению работ при температуре не ниже +5 °С. Существенным недостатком способа со скрытым креплением керамогранитных плит являются технологические перерывы, связанные с применением специальных материалов (очиститель, грунтовка (праймер), клей-герметик и т. д.) их высушиванием и набором прочности.

При выполнении работ по устройству навесных фасадов способом с видимым креплением керамогранитных плит работы выполняются в следующей последовательности: монтаж кронштейнов, монтаж тепло- и ветроизоляции, монтаж вертикальных направляющих профилей, монтаж керамогранитных плит с помощью алюминиевых кляймеров толщиной 1,2 мм.

Основными технологическими процессами устройства фасадов со скрытым способом крепления плит керамогранита являются: монтаж кронштейнов, монтаж тепло- и ветроизоляции, монтаж вертикальных направляющих профилей, обезжиривание и грунтовка в один слой алюминиевых профилей и керамогранитных плит. Технологический перерыв должен быть не менее 30 минут и не более 8 часов

**Таблица** – Конструктивно-технологические особенности видимого и скрытого крепления в системе навесного фасада с облицовкой керамогранитными плитами

	Наименование	Видимое крепление	Скрытое крепление
1	Скорость монтажа	+	+/-*
2	Всесезонность проведения работ	+	-**
3	Применение крупноразмерных плит	+	-
4	Технологические перерывы	-	+
5	Необходимость в специальных конструктивных элементах подконструкции	+	-
6	Необходимость временного дополнительного крепления	-	+
7	Возможность использования существующих плит при ремонте внутренних слоев фасадов	+	-
8	Необходимость в очистке подконструкции перед монтажом плит	-	+
9	Высокая стоимость устройства фасада	-	+***

\* – скорость монтажа зависит от длительности технологических перерывов и объемов работ (возможности совмещения процессов),

\*\* – работы ведутся при температуре не менее +5 °С,

\*\*\* – при сравнении двух вариантов между собой.

для прогрунтованных поверхностей. Затем выполняется приклеивание фиксирующей клейкой ленты и нанесения клея по всей длине вертикального профиля, монтаж керамогранитных плит. Монтаж панелей должен быть закончен в течение 10 минут с момента нанесения клея на основание. Полное отверждение клея происходит за 24 часа.

Работы по устройству навесных вентилируемых фасадов с облицовкой керамогранитными плитами выполняются бригадами, состоящими из звеньев по 3–4 человека. Разворачивание технологического процесса возможно как по вертикали, так и по горизонтали фасада. Монтажные работы производят последовательными и параллельными технологическими потоками.

Трудоемкость производства работ определялась в соответствии с государственными элементными сметными нормами Украины [1, 2, 3]. Стоимость и расходы материалов приняты по данным компаний-производителей материалов («Технониколь», URSA, Sika и т. д.). Рассматривалось устройство навесных вентилируемых фасадов с облицовкой керамогранитными плитами размером 600×1200×12 мм, с утеплением минераловатными плитами толщиной 100 мм и плотностью 60 кг/м³. Принятый объем работ – 10 м². Построены циклограммы строительных процессов (рис. 3) для видимого и скрытого способов крепления керамогранитных плит, соответственно.

1) для видимого крепления



2) для скрытого крепления



**Рисунок 3** – Циклограммы строительных процессов устройства навесных вентилируемых фасадов с облицовкой керамогранитными плитами видимым и скрытым креплением: а – монтаж лесов; б – монтаж кронштейнов; в – устройство теплоизоляции; г – устройство ветроизоляции; д – монтаж вертикальных профилей; е – обеспыливание, обезжиривание; ж – монтаж керамогранитных плит и планок; з – установка элементов для временной фиксации; и – демонтаж лесов; ~~~ – технологический перерыв.

Сравнение технико-экономических показателей показало, что сметная стоимость устройства навесного вентилируемого фасада с видимым креплением плит керамогранита на кляймерах меньше стоимости устройства фасадной системы со скрытым клеевым креплением на 14 % и составляет 2 421 руб/м<sup>2</sup> и 2 776 руб/м<sup>2</sup> соответственно. Трудоемкость выполнения работ при устройстве навесного вентилируемого фасада с облицовкой керамогранитными плитами видимым способом меньше трудоемкости работ со скрытым креплением на 11 %. Продолжительность работ на указанную единицу объема работ составляют 12 часов для варианта с видимым креплением керамогранитных плит и 13,5 часов для варианта скрытого крепления.

## ВЫВОДЫ

Результаты выполненного технико-экономического анализа позволили установить существенные отличия выполнения технологических процессов устройства навесных вентилируемых фасадов с учетом влияния типов крепления керамогранитных плит на технико-экономические показатели выполнения этих процессов.

Решения по выбору технологии вентилируемых фасадов и схемы крепления необходимо принимать отдельно для каждого объекта с учетом технико-экономических показателей.

Проводимые дальнейшие исследования позволят обосновать выбор оптимальных конструктивно-технологических решений производства фасадных работ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ресурсные элементные сметные нормы на строительные работы [Текст]. Сборник 15. Отделочные работы : ДБН Д.2.2-15-99. – Взамен СНУ-93 Сборник 15 ; введ. 2000-01-01. – К. : Госстрой Украины, 2000. – 107 с.
2. Ресурсные элементные сметные нормы на строительные работы [Текст]. Сборник 9. Металлические конструкции : ДБН Д.2.2-9-99. – Взамен СНУ -93 Сборник 9 ; введ. 2000-01-01. – К. : Госстрой Украины, 2000. – 23 с.
3. Ресурсные элементные сметные нормы на строительные работы [Текст]. Сборник 26. Теплоизоляционные работы : ДБН Д.2.2-26-99. – Взамен СНУ-93 Сборник 26 ; введ. 2000-01-01. – К. : Госстрой Украины, 2000. – 51 с.
4. Современные фасадные системы [Текст] / А. И. Менейлюк, В. С. Дорофеев, Л. Э. Лукашенко [и др.]. – К. : Освита України, 2008. – 340 с.
5. Кузнецова, Е. В. Актуальные вопросы монтажа навесных вентилируемых фасадов [Текст] / Е. В. Кузнецова / Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всероссийской научно-методической конференции / Оренбургский государственный университет. – Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2017. – С. 822–826.
6. Клеевая система 3М – невидимое крепление облицовочных плит на навесном вентилируемом фасаде ТМ KMD VF [Электронный ресурс] // Центр комплектации фасадов. – [Харьков : б. и.], [2006–2016]. – Режим доступа : <http://vfasad.com.ua/klej.html>

Получено 07.09.2017

С. В. КОЖЕМЯКА, В. О. МАЗУР, О. І. НОВИЦЬКА  
 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОНАННЯ  
 НАВІСНОГО ВЕНТИЛЬОВАНОГО ФАСАДУ З ОПОРЯДЖЕННЯМ  
 КЕРАМОГРАНІТНИМИ ПЛИТАМИ  
 ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** При улаштуванні фасадів керамогранітними плитами можливе як приховане, так і видиме їх кріплення до підсистеми. Спосіб кріплення, як правило, вибирається залежно від архітектурно-конструктивного рішення навісного вентильованого фасаду без урахування технологічних особливостей монтажу. Необхідно досліджувати вплив технології кріплення керамогранітних плит до підконструкції на техніко-економічні показники при улаштуванні навісних вентильованих фасадів.

**Ключові слова:** навісний вентильований фасад, спосіб кріплення керамогранітних плит, технологічні особливості монтажу, техніко-економічні показники.

SERGEY KOZHEMYAKA, VICTORIA MAZUR, ELENA NOVITSKAYA  
CONSTRUCTIVE-TECHNOLOGICAL FEATURES OF IMPLEMENTATION OF A  
VENTILATED FACADE WITH THE FACING OF CERAMIC GRANITE SLABS  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** Granite slabs may be hidden and visible fastening to the subsystem at facing of facades. The method of fixing, is usually selected depending on the architectural design of ventilated facades without taking into account technological features of the installation. It is necessary to investigate the impact of technology mounting ceramic granite panels to the substructure on technical and economic indices of the device of hinged ventilated facades.

**Key words:** hinged ventilated facades, method of mounting ceramic granite panels, technological features of the installation, technical and economic indicators.

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

**Мазур Виктория Александровна** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: современные методы устройства и ремонта кровли и фасадов, прогрессивные технологии гидро, – паро и теплоизоляции зданий и сооружений, реновация зданий и сооружений.

**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.

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

**Мазур Вікторія Олександрівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: сучасні методи улаштування та ремонту покрівлі і фасадів, прогресивні технології гідро, – паро і теплоізоляції будівель і споруд, реновація будівель і споруд.

**Новицька Олена Іванівна** – асистент кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: ремонт та реконструкція фасадів цивільних будівель.

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

**Mazur Victoria** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: modern methods of installation and repair of roofs and facades, advanced technology hydro, steam and thermal insulation of buildings and structures, renovation of buildings and structures.

**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 building.

УДК 691.8:620.22

**В. В. ТАРАН, Д. Е. БЕРШАДСКАЯ, О. Н. СЫСОВЕВ**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОНОЛИТНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ С РАЗНЫМИ АРМИРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ**

**Аннотация.** В статье описаны основные положения по технологии возведения монолитных перекрытий с применением различных армирующих элементов. Представлен анализ технологических особенностей монтажа арматурных изделий и материалов. Рассмотрены положительные и отрицательные качества каждого из видов армирующих элементов. Приведен технологический комплект (нормокомплект) для выполнения арматурных и сопутствующих работ. Выполнен сравнительный анализ по трудоемкости выполнения работ. Определена эффективность применения преднапряженного бетона с увеличением пролета здания.

**Ключевые слова:** монолитное перекрытие, композитная и стальная арматура, предварительное напряжение, пост-напряжение, дополнительное армирование.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Одной из важных проблем строительной отрасли является снижение массы и стоимости возводимых зданий, а также одновременного эффекта снижения трудовых, материальных и энергетических ресурсов без дополнительных капитальных вложений путём организационно-технологических приёмов и конструктивных решений, методов ведения монолитных работ. Композитная арматура является альтернативным предложением применения стальному прокату.

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

Направление научных исследований в области совершенствования технологических процессов возведения монолитных перекрытий в построечных условиях с применением различных армирующих элементов является достаточно современной проблемой. Повышению технологичности и эффективности возведения монолитных перекрытий посвящены труды многих известных учёных и инженеров, таких как: В. И. Теличенко, О. М. Терентьев, А. А. Липидус [1]. Композитное армирование нашло применение в последней трети прошлого столетия в таких странах как Германия, Япония и США. Однако внедрение в строительную отрасль такого материала как стекло- или базальтопластиковый композит, произошло относительно недавно. Изготовление композитного армирования в производственных масштабах начало широко внедряться в 2000-х годах. И сейчас все больше с каждым годом композитная арматура находит применение в строительной отрасли, в различных строительных процессах. Изучением технических характеристик композитной арматуры занимались такие ученые, как М. М. Батдалов, Ю. О. Кустикова, В. И. Римшин, А. М. Уманский [5] и др.

Перспективы для применения композитного материала очень широки, к сожалению, недостаток производства, незнание являются ключевыми факторами в освоении материала, который уже давно использует весь мир.

### **ЦЕЛИ**

Сравнение вариантов армирования монолитных перекрытий с применением современных технологий, обеспечивающих снижение материалоемкости, сокращение сроков строительства, повышающих качество готовой продукции.

© В. В. Таран, Д. Е. Бершадская, О. Н. Сысоев, 2017



## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Армирование монолитных плит перекрытия осуществляется преимущественно стальной арматурой. По виду технологии устройства подразделяется на:

- обычное армирование;
- предварительное напряжение арматуры;
- пост-напряжение арматуры.

Предварительное напряжение арматуры позволяет повысить трещиностойкость, жёсткость и долговечность конструкций.

С каждым годом на рынке строительного производства появляется огромное количество материалов, вытесняя привычные всем методы строительства. Один из таких материалов – это композитная арматура. Она является значимой альтернативой арматуре из металла, как обладающая сочетанием высокой прочности и коррозионной стойкости. Материал не обладает способностью намагничиваться, что делает возможным применение материала в местах работы специального оборудования, например в больницах, промышленных предприятиях и др.

Технология монтажа и сборки каркасов монолитного перекрытия из композитной и стальной арматуры аналогичны. Применяются те же самые приемы, операции, оборудование и расходные материалы. Однако вес стержня, выполненного из композитных материалов, значительно ниже веса металлической арматуры, что приводит к снижению трудозатрат по установке арматурных стержней в опалубку с установкой упоров для фиксации арматурных стержней.

Вязка арматуры выполняется ручным или механизированным способом, стальной проволокой или более эффективно и экономичнее – вязка с использованием самозатягивающихся полимерных стяжек. По длине возможно соединение арматуры при помощи муфт. Благодаря химической стойкости, композитную арматуру возможно применять при бетонировании с использованием химических добавок, а также для армирования несущих конструкций на производствах с агрессивной средой. Ввиду своих физико-механических свойств и технических преимуществ, композитная арматура может быть альтернативной заменой арматуре из металла, как имеющая сочетание коррозионной стойкости, низкой тепло- и электропроводности, высокой прочности, обладающая меньшей массой, высокой транспортабельностью, а также как экологически чистый материал.

Для обеспечения защитного слоя в конструкциях арматурных каркасов предусматривают установку фиксаторов (рис.), которые привязывают или надевают на арматурные стержни.

Для обеспечения защитного слоя в горизонтальных конструкциях на стержни каркаса устанавливают пластмассовые фиксаторы в трех-четырёх уровнях по высоте с расстоянием между ними, не превышающем 1 м.

### *Предварительное напряжение*

Данная технология заключается в натяжении арматурных стержней на бетон через трубчатые каналообразователи с возможностью свободного скольжения арматуры до начала бетонирования перекрытия. Каналообразователи в виде металлических трубок выполнены из вальцованной листовой стали толщиной 1...2 мм. Вальцевание осуществляется в поперечном направлении по винтообразной линии. Это позволяет увеличить жесткость каналообразователей и улучшить сцепление. Для предварительно напряженных конструкций применяется более прочный бетон класса С25/30, С30/37.

При устройстве предварительного напряжения арматуры в монолитных перекрытиях работы выполняются в следующей последовательности:

- устройство опалубки перекрытия;
- установка в проектное положение каналообразователей;
- укладка напрягаемой арматурой;
- подготовительные работы (установка оборудования для натяжения арматуры);
- поэтапное натяжение канатов с тщательным контролем усилия натяжения;
- бетонирование с последующим уплотнением бетонной смеси;
- проверка проходимости каналообразователей;
- нагнетание цементного раствора в каналообразователи для защиты предварительно напряженной арматуры от коррозии;
- демонтаж оборудования.



Фиксаторы арматуры «звездочка» предназначены для формирования защитного слоя в вертикальных плоскостях



Фиксаторы арматуры круглые «колесико» предназначены для формирования защитного слоя в вертикальных и горизонтальных плоскостях



Фиксаторы арматуры «стульчик» предназначены для формирования защитного слоя в горизонтальных плоскостях



Фиксаторы арматуры универсальные «стойка» предназначены для формирования защитного слоя в горизонтальных плоскостях



Фиксаторы арматуры «нагель» предназначены для формирования защитного слоя торцевых сторон арматуры, также для крепления закладных пластин к арматуре



Фиксаторы арматуры «потолочная опора» (кубик) предназначены для формирования защитного слоя в горизонтальных плоскостях

**Рисунок** – Вид и назначение фиксаторов арматуры.

### *Пост-напряжение*

Технологическая особенность заключается в следующем: в состав армирования плиты вводится высокопрочная напрягаемая арматура, состоящая из специальных прядей. Один конец напрягаемой арматуры крепится на одной стороне плиты с помощью анкеров. После бетонирования плиты и набора ею заданной прочности производится натяжение прядей с помощью специальных гидравлических домкратов, в результате чего напряжение арматуры передается на бетон. Натягивают арматуру плавно, увеличивая силу натяжения ступенями по 3...5 кН, доводят ее до значения, превышающего расчетное на 5 %. Затем ее снижают до требуемых значений, после чего закрепляют арматуру. Для обеспечения возможности натяжки арматуры во время затвердевания бетона арматуре должен быть обеспечено свободное перемещение по бетону. Как правило, для этих целей арматуру помещают в пластиковую или металлическую трубу (в зависимости от того требуется сцепление – используют металл, или нет – пластик). Анкерные устройства устанавливаются на концы напрягаемых элементов.

Применение технологии предварительного и пост-напряжения в построечных условиях имеет ряд преимуществ по сравнению с прочими технологиями возведения зданий:

- *Ускорение процесса формирования перекрытия.* Это становится возможным благодаря использованию стандартных конструктивных элементов перекрытия, минимальной загруженности конструкции арматурой, использование бетона высокой прочности и высокой скорости демонтажа опалубки после набора бетоном необходимой прочности.

– *Снижение веса.* Использование высокопрочной арматуры и бетона позволяет уменьшить сечения изгибаемых элементов, таким образом снизить собственный вес каркаса здания, а также увеличить пролёт.

– *Сокращение затрат.* За счёт повышенной жесткости и трещиностойкости перекрытия становится возможным увеличение пролёта, что позволяет обеспечить свободную планировку здания и рациональное использование внутреннего объёма с меньшим числом колонн и диафрагм жесткости, вследствие чего происходит упрощение и удешевление конструкции фундаментов здания, сокращаются сроки строительства и затраты на последующую его эксплуатацию.

– *Увеличение пролётов между колоннами.* Облегчённый вес, жесткость и структурная целостность здания позволяет формировать пролёты большей длины.

– *Повышение гибкости.* Увеличение длины пролётов между колоннами позволяет повысить универсальность конфигурации помещений, что является важным преимуществом как с точки зрения обитателей здания, так и в плане прокладки инженерных систем.

В результате применения преднапряженного и пост-напряженного железобетона в некоторых случаях удаётся уменьшить общий вес зданий до 40 % и существенно снизить материалоемкость (в первую очередь расхода арматуры и бетона) при одновременном сохранении высокого уровня показателей надёжности конструкций. При этом себестоимость строительства зданий сокращается до 30 % [4]. Наряду с экономическим эффектом технология предварительного напряжения арматурных элементов позволяет существенно расширить архитектурно-планировочные решения проектируемых зданий.

#### *Дополнительное армирование*

В качестве дополнительного армирования выступает несъёмная опалубка в виде металлических профилированных листов. Технология устройства данной опалубки заключается в следующем: после окончания установки металлических балок перекрытия выполняется монтаж опалубки из профилированных листов. Они укладываются с нахлестом в одну-две волны и крепятся к верхним полкам опорных металлоконструкций. В местах нахлестов профнастил соединяют с помощью заклепок. Затем приступают к укладке арматуры. Перед началом армирования необходимо выставить торцевую опалубку на проектную высоту плиты. Установку арматурных каркасов, сеток и отдельных стержней выполняют в соответствии с рабочими чертежами армирования. При этом необходимо с помощью специальных пластиковых фиксаторов обеспечить необходимую толщину защитного слоя бетона. При больших площадях перекрытий после укладки арматуры устанавливают специальные направляющие, разделяющие перекрытие на несколько зон бетонирования, после чего выполняют заливку бетонной смеси. Перед началом бетонирования поверхность опалубки очищается от загрязнений, промывается водой и высушивается. Бетонная смесь укладывается на всю высоту плиты перекрытия в шахматном порядке для равномерного распределения нагрузки на каркас.

В условиях строительной площадки работы по монтажу арматурных изделий выполняет звено из 5 человек.

Для выполнения арматурных и сопутствующих работ рекомендуется следующий технологический комплект (нормокомплект), представленный в таблице.

### ВЫВОДЫ

Сравнение технологических особенностей возведения монолитных перекрытий с разными армирующими элементами позволило сравнить варианты между собой и выявить наиболее предпочтительный по трудоемкости выполнения работ. Выявлено, что применение композитной арматуры позволяет сократить трудозатраты до 22 %. При возведении перекрытий с увеличением пролетов здания эффективно применение преднапряженного бетона. Следует отметить, что при применении преднапряженного бетона трудоемкость сокращается до 10...20 %. Применение последнего позволяет уменьшить материалоемкость и энергоёмкость как отдельно возводимой конструкции, так и всего объекта в целом.

**Таблица** – Технологический комплект (нормокомплект) для выполнения арматурных и сопутствующих сварочных работ на звено из 5 человек

Наименование такелажных и монтажных приспособлений	Колич.
1. Машина шлифовальная электрическая	1 шт.
2. Устройство для вязки арматурных стержней	1 шт.
3. Фиксатор для временного крепления арматурных сеток	4 шт.
4. Прижим для закрепления медной желобчатой подкладки под арматурными стержнями при сварке встык под флюсом	1 шт.
5. Фиксатор для временного крепления арматурных каркасов	4 шт.
6. Струбцина для осевого смещения выпусков арматуры двух сопрягаемых колонн перед их сваркой встык	2 шт.
7. Строп универсальный шестиветевой	1 шт.
8. Приспособление для сжима стержней перед их сваркой внахлестку	1 шт.
9. Кондуктор для сборки арматурных каркасов	1 шт.
10. Подъемно-переставная площадка	1 шт.
11. Ящик инструментальный трехсекционный	3 шт.
12. Трансформатор сварочный	2 шт.
13. Набор инструмента для ручной дуговой сварки	1 шт.
14. Площадка передвижная	1 шт.
15. Пенал для электродов	2 шт.
16. Закруткин ЗВА-1А	2 шт.
17. Закруткин ЗВА-1Б	2 шт.
18. Закруткин электрический	2 шт.
19. Ножницы для резки арматуры	1 шт.
20. Резак инжекторный	1 шт.
21. Ключ газосварщика	1 шт.
22. Плоскогубцы комбинированные	1 шт.
23. Кусачки торцовые	2 шт.
24. Щетка ручная из проволоки	2 шт.
25. Электродержатель	1 шт.
26. Ключ гаечный разводной	1 шт.
27. Отвес стальной строительный	1 шт.
28. Рулетка измерительная металлическая	1 шт.
29. Электропечь для прокаливания электродов	1 шт.
30. Строп четырехветевой	1 шт.
31. Строп двухветевой	1 шт.
32. Редуктор ацетиленовый	1 шт.
33. Струбцина для временного крепления каркаса к опалубке	4 шт.
34. Ящик-контейнер металлический для хомутов	1 шт.
35. Редуктор кислородный баллонный одноступенчатый	1 шт.
36. Напильник плоский тупоносый	1 шт.
37. Молоток слесарный с круглым бойком массой 0,8 кг	2 шт.
38. Зубило слесарное	2 шт.
39. Кувалда кузнечная остроносая массой 3 кг	1 шт.
40. Крючок такелажный	2 шт.
41. Лом монтажный	2 шт.
42. Отвертка слесарно-монтажная под прямой шлиц	1 шт.
43. Метр складной металлический	3 шт.
44. Уровень строительный	2 шт.
45. Штангенциркуль	1 шт.
46. Обжимной пресс	1 шт.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теличенко, В. И. Технология возведения зданий и сооружений [Текст] / В. И. Теличенко, О. М. Тереньгев, А. А. Лапидус. – М. : Высшая школа, 2004. – 446 с.
2. Климов, Ю. А. Современная композитная базальтовая арматура для армирования бетонных конструкций [Текст] / Ю. А. Климов // Технологии бетонов. – 2010. – № 11/12. – С. 56–57.

3. Ершов, М. Н. Технологические процессы в строительстве [Текст] Книга 5. Технологии монолитного бетона и железобетона : учебник / М. Н. Ершов, А. А. Лапидус, В. И. Теличенко, О. М. Тереньтьев. – М. : Изд-во АСВ, 2016. – 128 с.
4. Асатрян, Л. В. Эффективность строительства с применением технологии преднапряжения железобетона [Текст] / Л. В. Асатрян, А. И. Звездов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2008. – № 2. – С. 55–57.
5. Кустикова, Ю. О. Исследование свойств базальтопластиковой арматуры и ее сцепления с бетоном [Электронный ресурс] / Ю. О. Кустикова // NSO-JOURNAL.RU: Строительство: наука и образование. – 2014. – № 1. – Режим доступа : [http://www.nso-journal.ru/public/journals/1/issues/2014/01/1\\_Kustikova.pdf](http://www.nso-journal.ru/public/journals/1/issues/2014/01/1_Kustikova.pdf).
6. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення [Текст]. – На заміну СНиП 2.03.01-84\* ; чинні від 2011-06-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
7. Фролов, Н. П. Стеклопластиковая арматура и стеклопластбетонные конструкции [Текст] / Н. П. Фролов. – М. : Стройиздат, 1980. – 104 с.
8. Post-Tensioning Manual [Текст] / Post-Tensioning Institute. – 6<sup>th</sup> Edition. – [S. l.] : PTI Publications, 2006. – 354 p.

Получено 11.09.2017

**В. В. ТАРАН, Д. Є. БЕРШАДСЬКА, О. М. СИСОЄВ**  
**ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРИ ЗВЕДЕННІ МОНОЛІТНИХ**  
**ПЕРЕКРИТТІВ З РІЗНИМИ АРМУВАЛЬНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ**  
**ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»**

**Анотація.** У статті описано основні положення щодо технології зведення монолітних перекриттів із застосуванням різних армувальних елементів. Приведений аналіз технологічних особливостей монтажу арматурних виробів і матеріалів. Розглянуто позитивні та негативні якості кожного з видів армувальних елементів. Наведено технологічний комплект (нормокомплект) для виконання арматурних і супутніх робіт. Виконано порівняльний аналіз по трудомісткості виконання робіт. Визначено ефективність застосування переднапруженого бетону зі збільшенням прольоту будівлі.

**Ключові слова:** монолітне перекриття, композитна і сталева арматура, попереднє напруження, пост-напруження, додаткове армування.

**VALENTINA TARAN, DARIA BERSHADSKA, OLEG SYSOEV**  
**TECHNOLOGICAL FEATURES OF MONOLITHIC CROSSING WITH**  
**DIFFERENT REINFORCEMENT ELEMENTS**  
**Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture**

**Abstract.** The article describes the main provisions on the technology of erecting monolithic ceilings with the use of various reinforcing elements. The analysis of technological features of mounting reinforcement articles and materials has been presented. Positive and negative qualities of each type of reinforcing elements have been considered. The technological set (standard set) for performance of reinforcing and accompanying works has been resulted. A comparative analysis of the laboriousness of work performance has been carried out. The efficiency of applying pre-stressed concrete with increasing the span of a building has been determined.

**Key words:** monolithic overlap, composite and steel armature, prestressing, post-tension, additional reinforcement.

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

**Бершадская Дарья Евгеньевна** – ассистент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: разработка энергосберегающих технологий в гражданском строительстве, совершенствование технологии и организации строительного производства на основе прогрессивных строительных материалов и конструкций.

**Сысоев Олег Николаевич** – магистрант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: совершенствование технологии и организации строительного производства на основе прогрессивных строительных материалов и конструкций.

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

**Бершадська Дар'я Євгенівна** – асистент кафедри технології і організації будівництва ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розробка енергозберігаючих технологій в цивільному будівництві, удосконалення технології і організації будівельного виробництва на основі прогресивних будівельних матеріалів та конструкцій.

**Сисоев Олег Миколайович** – магістрант кафедри технології і організації будівництва ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: удосконалення технології і організації будівельного виробництва на основі прогресивних будівельних матеріалів та 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.

**Bershadska Daria** – assistant, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of energy saving methods in civil engineering, improvement of construction technology and organization on the basis of up-to-date building materials and structures.

**Sysoev Oleg** – master's student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improvement of construction technology and organization on the basis of up-to-date building materials and structures.

УДК 69.057.44

**Г. Р. РОЗЕНВАССЕР, С. В. УШАКОВ, А. С. ФЕДОТОВ, В. В. СКОРИК**

ООО «Донецкий ПромстройНИИПроект»

## **ОПЫТ МОНТАЖА СПЕЦИАЛЬНОГО МОСТОВОГО КРАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУЩЕСТВУЮЩИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ КАРКАСА ЗДАНИЯ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВУЮЩЕГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Аннотация.** В статье отражены результаты обследования технического состояния стальных конструкций участка конверторного цеха металлургического предприятия; результаты поверочных расчетов существующих конструкций, с введением в расчет полученных при обследовании данных и приложением дополнительных нагрузок  $F = 30$  тс и  $F = 70$  тс. Приведены технические решения по устройству дополнительных строительных конструкций (монтажных), обеспечивающих возможность приложения нагрузок  $F = 30$  тс и  $F = 70$  тс на существующие строительные конструкции.

**Ключевые слова:** обследование технического состояния, поверочный расчет, методы монтажа, монтажные конструкции.

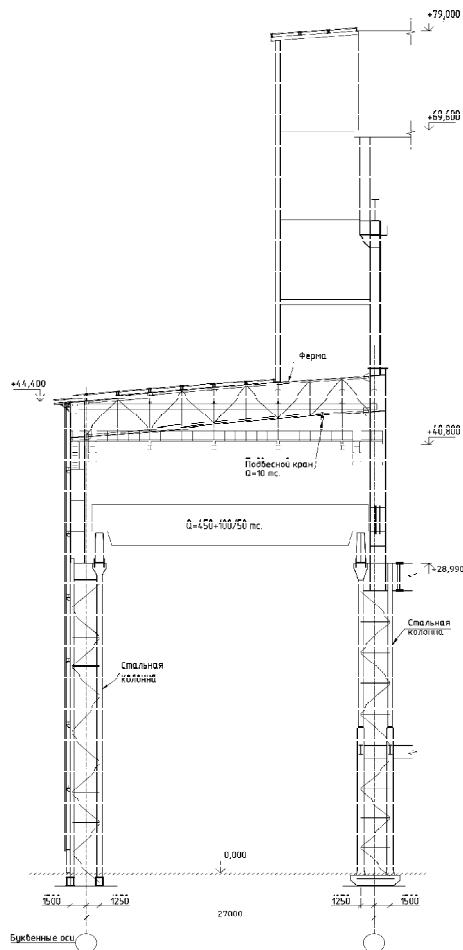
### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМ**

Основным подъёмно-транспортным оборудованием металлургических предприятий для транспортировки, заливки и разлива жидкого металла служат мостовые краны. Длительный период и интенсивность эксплуатации таких кранов приводит к накоплению дефектов и повреждений усталостного характера в основных стальных элементах. При проведении специализированной организацией обследования специального мостового крана грузоподъемностью  $Q = 450+100/50$  тс в конверторном цехе действующего металлургического предприятия (рис. 1) обнаружены дефекты и повреждения (отрицательный остаточный прогиб, скручивание главных балок, сквозные трещины в элементах усиления основного металла), которые привели к значительному износу двух пролетных стальных балок коробчатого сечения. Представленным заключением экспертизы, учитывающим и ранее проведенные реконструкции, установлено, что продолжение эксплуатации мостового крана невозможно. Техническим советом предприятия принято решение о полной замене мостового крана в конверторном цехе, рассмотрены принципиальные методы монтажа главных балок весом 70 т и балансирных тележек весом 30 т:

- одним или несколькими стреловыми самоходными кранами (автомобильными, гусеничными, железнодорожными или башенными) большой грузоподъемности в пространстве цеха;
- устройством специальной эстакады в торце цеха с подъемом элементов мостового крана стреловыми самоходными кранами;
- монтажными мачтами в пространстве цеха;
- специальными подъемными устройствами (монтажными балками, фермами с грузовыми полиспастами), используя существующие строительные конструкции каркаса цеха (стальные колонны и фермы пролетом 27 м).

Метод монтажа определен в пользу специальных подъемных устройств с применением существующих строительных конструкций, уточнены значения дополнительных нагрузок (вес основных элементов мостового крана), при консультации с авторами определены оптимальные точки приложения дополнительных нагрузок  $F = 30$  тс и  $F = 70$  тс (рис. 2).





**Рисунок 1** – Фрагмент поперечного разреза конверторного цеха металлургического предприятия.

В соответствии с поставленной задачей авторами разработана программа выполнения работ по обследованию технического состояния.

На основании результатов обследования разработана техническая документация на дополнительные строительные конструкции, которые обеспечивают возможность приложения сосредоточенных нагрузок в соответствии с схемами (рис. 2).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ

В конструктивном отношении конверторный цех в рассматриваемом пролете выполнен с несущим стальным каркасом. В плане участок цеха прямоугольной формы с размерами в осях 27×24 м, отметка верхнего пояса стропильных ферм +46,650. По стропильным фермам выполнена надстройка аэрационной шахты, высотой 32,35 м. Конструктивно пролет в поперечном сечении решен по рамно-связевой схеме (рассматриваемый пролет связан жестким ригелем с пристроенной этажеркой и смежным пролетом на отм. +29,000). Шаг рам в указанном пролете – 12,0 м. Продольная устойчивость каркаса обеспечена системой связей по колоннам и стропильным фермам. Пролет оборудован специальным заливочным краном  $Q = 450+100/50$  т, двумя кранами  $Q = 200$  т, и ремонтной кран-балкой  $Q = 10$  т в пространстве стропильных ферм. Колонны запроектированы ступенчатыми:

- нижний подкрановый участок (до отм. +27,350) – составной, в виде двух профилей соединенных решеткой. Наружная ветвь выполнена из сварного швеллера, внутренняя ветвь – из сварного двутавра. Решетка двухплоскостная из прокатных уголков. Для восприятия усилий действующих в горизонтальной плоскости решетчатая часть усилена диафрагмами. Решетчатая часть завершается траверсой. Подкрановая часть колонны переходит в базу, опирающуюся на ж/б фундамент;

## АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ доступных публикаций показывает отсутствие достаточного опыта использования существующих строительных конструкций здания при замене мостовых кранов в условиях действующего металлургического производства. Связано это с ограниченным количеством работ подобного характера и применением в большинстве подобных случаев одного или нескольких стреловых самоходных кранов большой грузоподъемности.

## ЦЕЛИ

На основании практического опыта подъема грузов весом 30 т и 70 т на высоту более 40 м в конверторном цехе металлургического предприятия сформулировать некоторые рекомендации по использованию существующих конструкций каркаса здания и технические решения пространственной конструкции для подъема и монтажа нового мостового крана.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Перед специалистами ООО «Донецкий Промстрой-НИИ-проект» задача по подъему грузов весом 30 т и 70 т в конверторном цехе металлургического предприятия поставлена в следующем виде:

- провести обследование технического состояния стальных колонн, ферм и связей по верхним и нижним поясам ферм в указанном пролете;
- выполнить поверочный расчет существующих конструкций, с введением в расчет полученных при обследовании данных и дополнительных нагрузок, возникающих при подъеме 30 т и 70 т;
- разработать техническую документацию по усилению ферм и колонн для возможности подъема 30 т и 70 т.

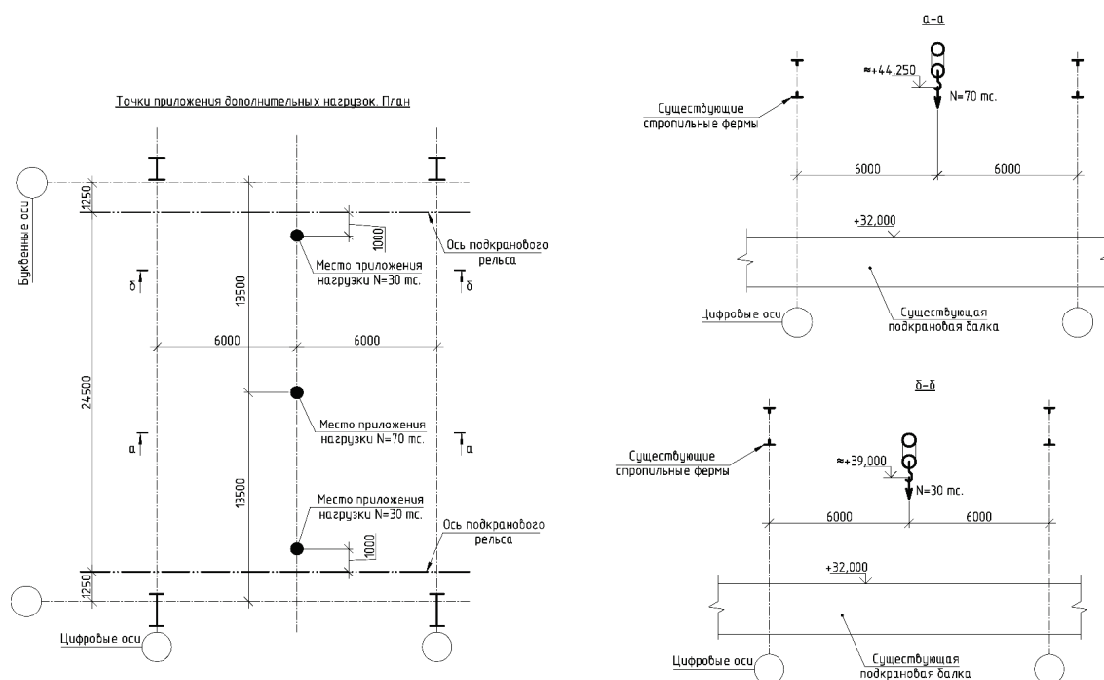


Рисунок 2 – Точки приложения дополнительных нагрузок  $F = 30$  тс и  $F = 70$  тс.

• верхний надкрановый участок (до отм.  $+79,000$ ) – однопрофильный (из сварного двутавра), сплошностенчатый. В плоскости опорных ребер стропильных ферм расположены дополнительные ребра.

Стропильные фермы запроектированы с параллельными поясами, с уклоном 1:12, жестко сопряжены с колоннами. Решетка ферм – треугольная, стержни соединены в узлах фасонками. Высота фермы по обухам поясов – 3,5 м. Пролет фермы – 27,0 м, шаг – 12,0 м. Устойчивость верхнего пояса обеспечена приваркой прогонов щитов кровли к поясу. Связи по верхним и нижним поясам стропильных ферм выполнены из отдельных стержней в горизонтальной плоскости. Дополнительно устойчивость стропильных ферм вдоль пролета обеспечивают прогоны щитов кровли, плоские вертикальные фермы кран-балки  $Q = 10$  т. Материал конструкций – стали 10Г2С1 (соответствует стали С375 по ГОСТ 27772-88) и ВстЗсп5 (соответствует стали С255 по ГОСТ 27772-88);

При обследовании технического состояния стальных конструкций каркаса участка конверторного цеха выявлены следующие основные дефекты:

- разрушение антикоррозионного покрытия по элементам стропильных ферм, связей по нижним поясам ферм;
- коррозионные повреждения элементов связей по верхним поясам стропильных ферм, верхнего пояса стропильных ферм, конструктивных элементов щитов кровли (при количественной оценке коррозионные повреждения не превысили пределов отклонений на геометрические параметры стального проката);
- скопления технологической пыли на элементах конструкций (общий вес скоплений технологической пыли  $\approx 9,6$  т).

Из анализа количественных характеристик выявленных дефектов и повреждений видно, что существенного влияния на работоспособность и эксплуатационную пригодность конструкций они не оказывают.

Инструментальные измерения показали соответствие фактического общего геометрического положения, сечений стальных элементов и узлов строительных конструкций принятым в имеющейся проектной документации решениям. Кроме прочего, инструментальными измерениями не обнаружено отклонений от вертикали стальных колонн, прогибов либо наклонов стропильных ферм каркаса цеха.

При обследовании сварных швов установлено соответствие длин и катетов принятым в имеющейся проектной документации решениям.

Ограничение действия на рассматриваемый участок каркаса цеха нагрузок от мостовых кранов  $Q = 200$  тс и  $Q = 450+100/50$  тс позволило пренебречь детальным обследованием фундаментов и обойтись косвенным методом оценки их технического состояния.

Анализ результатов визуального и инструментального обследования указал на удовлетворительное техническое состояние [6] стальных колонн, ферм и связей по верхним и нижним поясам ферм в конвертерном цехе.

Следует отметить, что проведение детального обследования строительных конструкций, стропильных ферм с отметкой верхнего пояса +46,650, в частности, осуществлено авторами с применением специальных знаний и средств промышленного альпинизма.

#### *Результаты поверочных расчетов*

Задачей расчета являлась проверка несущей способности стальных колонн и стропильных ферм каркаса конвертерного цеха. Расчет выполнен с учетом выявленных дефектов и повреждений конструкций и фактических сечений элементов. Геометрические характеристики конструкций и их элементов приняты по результатам обмеров и имеющейся проектной документации. Расчет выполнен в программном комплексе «Лира 9.6». В качестве расчетной схемы принята пространственная модель участка конвертерного цеха (рис. 3).

Поверочный расчет на уточненные действующие нагрузки показал:

- запас прочности по первому предельному состоянию по стальным колоннам в среднем составляет 55 %;
- запас прочности по первому предельному состоянию по стальным стропильным фермам в среднем составляет 76 %;
- в целом по элементам строительных конструкций получены усилия меньше указанных в проекте.

Поверочный расчет на уточненные действующие нагрузки и дополнительные сосредоточенные  $F = 30$  тс показал запас прочности в конструкциях по первому предельному состоянию – 73 %.

Поверочный расчет на уточненные действующие нагрузки и дополнительные сосредоточенные  $F = 70$  тс показал запас прочности в конструкциях по первому предельному состоянию – 53 %.

Максимальные перемещения узлов стропильных ферм составили:

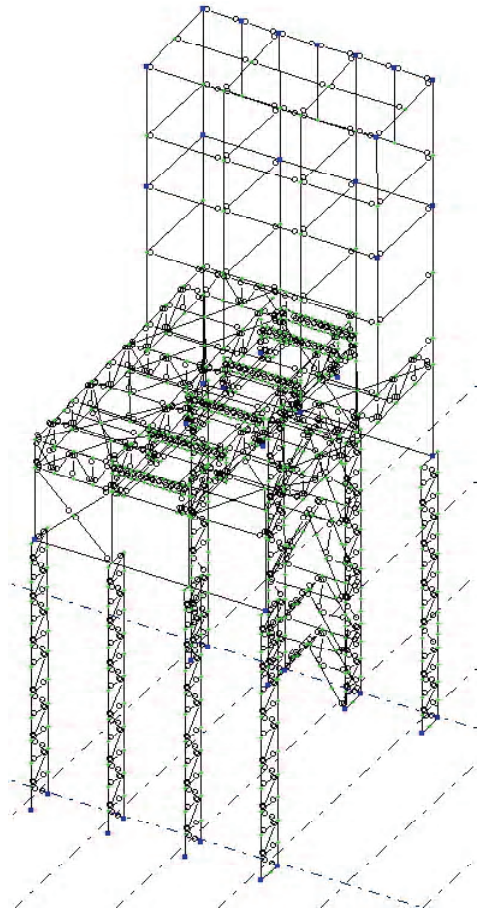
- от уточненных действующих нагрузок в вертикальной плоскости – 37 мм (в узлах по центру пролета нижнего пояса фермы);
- от совместного действия уточненных нагрузок и дополнительной сосредоточенной нагрузки  $F = 70$  тс в вертикальной плоскости – 62 мм (в узлах по центру пролета нижнего пояса фермы);
- от совместного действия уточненных нагрузок и дополнительной сосредоточенной нагрузки  $F = 30$  тс – 38 мм (в узлах по центру пролета нижнего пояса фермы).

Фактические перемещения во время приложения дополнительной сосредоточенной нагрузки  $F = 70$  тс составили 40 мм.

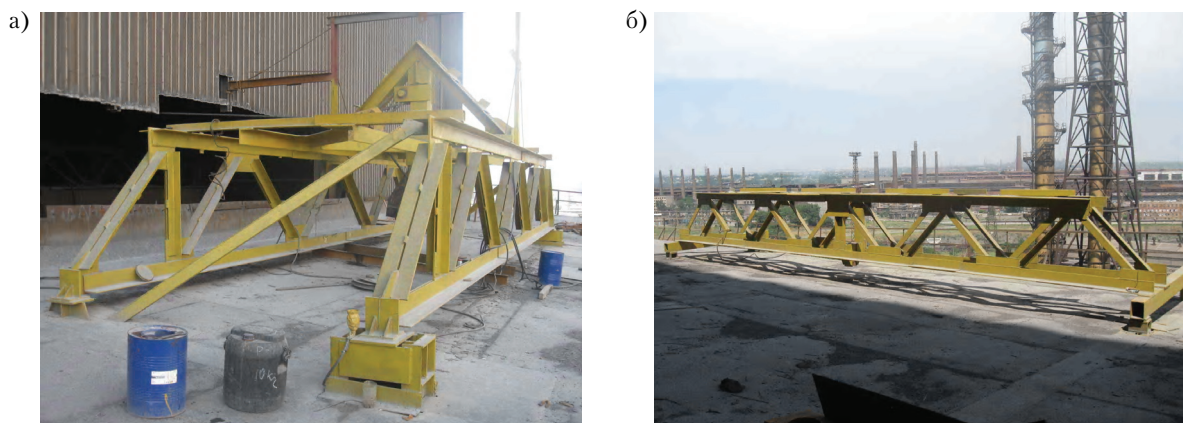
Анализ данных поверочных расчетов указывает на нормальное техническое состояние [6] стальных колонн, ферм и связей по верхним и нижним поясам ферм каркаса конвертерного цеха.

#### *Технические решения*

Учитывая монтажные характеристики крана (масса главной (продольной) балки; масса балансира механизма передвижения моста) и существующие условия конвертерного цеха (действующее металлургическое производство, значительная высота) в районе монтажа, подъем выполнен специальными устройствами с применением существующих строительных конструкций каркаса цеха (стальные колонны и фермы пролетом 27 м).



**Рисунок 3** – Расчетная пространственная модель участка конвертерного цеха.



**Рисунок 4** – Монтажные конструкции, установленные на существующие смежные стропильные фермы: а) монтажная ферма пролетом 3 м, установленная на две вспомогательные фермы пролетом 12 м (грузоподъемность 70 т); б) монтажная решетчатая балка пролетом 12 м установленная на две вспомогательные балки пролетом 3 м (грузоподъемность 30 т).

Для монтажа главных балок мостового крана весом 70 т использован подъемный полиспаст грузоподъемностью 100 т, увязанный за монтажную ферму пролетом 3 м, установленную на две вспомогательные фермы пролетом 12 м, которые в свою очередь установлены на две существующие смежные стропильные фермы (рис. 4а). Основная монтажная ферма запроектирована треугольной, вспомогательные фермы – четырехугольные с параллельными поясами, решетки ферм приняты треугольными. Фермы выполнены из стальных прокатных уголков. Узел подвеса подъемного полиспаста грузоподъемностью 100 т выполнен из двух стальных пластин  $t = 18$  мм, закрепленных к среднему подвесу основной монтажной фермы. В месте установки оси крепления полиспаста пластины  $t = 18$  мм усилены накладками с обеих сторон из стальных пластин  $t = 12$  мм. Опора основной монтажной фермы на вспомогательные выполнена через стальную пластину  $t = 18$  мм. Опорные столики вспомогательных ферм установлены в узлах решетки по верхнему поясу существующих стропильных ферм. Нагрузка на существующую ферму от опорных столиков передается через косынку. С целью уменьшить усилия в элементах вспомогательных ферм их опоры решены как шарнирно-неподвижные по оси одной существующей стропильной фермы и как шарнирно-подвижные по оси смежной фермы.

Для монтажа балансирных тележек весом 30 т использован подъемный полиспаст грузоподъемностью 60 т, увязанный за монтажную решетчатую балку пролетом 12 м. Монтажная балка установлена на две вспомогательные балки пролетом 3 м, которые в свою очередь установлены на две существующие смежные стропильные фермы (рис. 4б). Монтажная балка выполнена из стальных прокатных уголков, вспомогательные балки – из швеллеров № 24. Узел подвеса подъемного полиспаста грузоподъемностью 60 т выполнен из стальных швеллеров № 22.

## ВЫВОДЫ

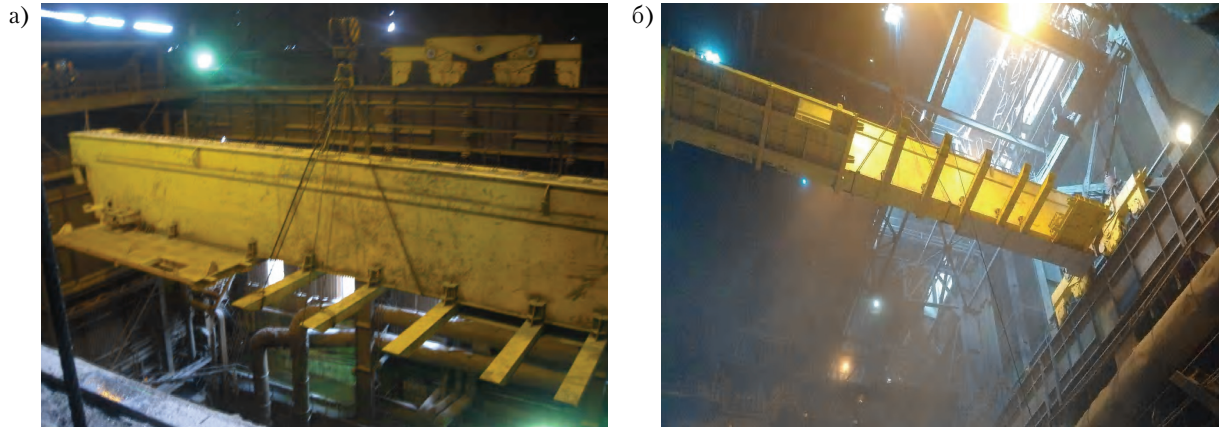
Примененный метод монтажа позволил выполнить подъем главных балок мостового крана весом 70 т без устройства дополнительных оттяжек и обеспечил разворот балки в горизонтальной плоскости (рис. 5).

Комплексный подход к детальному обследованию, поверочному расчету и конструированию монтажных конструкций позволил снизить трудоемкость и продолжительность, а следовательно, и стоимость монтажных работ специального мостового крана в конверторном цехе металлургического предприятия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никифоров, А. С. Монтаж и наладка подъемно-транспортного оборудования [Текст] / А. С. Никифоров. – М. : Металлургия, 1968. – 189 с.
2. Плахтин, В. Д. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин [Текст] / В. Д. Плахтин. – М. : Металлургия, 1983. – 415 с.





**Рисунок 5** – Монтаж главной балки мостового крана весом 70 т: а) подъем балки мостового крана (положение: вдоль конверторного цеха); б) монтаж главной балки на балансирные тележки.

3. Седуш, В. Я. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин [Текст] / В. Я. Седуш. – 3-е изд., перероб. и доп. – К.: УМК ВО, 1992. – 368 с.
4. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування [Текст]. – На заміну ДБН В.2.6-163:2010 у частині розділу 1 та ДСТУ Б В.2.6-194:2013; чинні від 2015-01-01. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 199 с.
5. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування [Текст]. – Замість СНиП 2.01.07-85; надано чинності 2007-01-01. – К.: Мінбуд України, 2006. – 61 с. – (Державні будівельні норми).
6. ДСТУ-Н Б В.2.6-210:2016. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються [Текст]. – На заміну ДБН 362-92; чинний від 2017-01-01. – К.: Мінрегіон України, 2016. – 53 с.

Получено 15.09.2017

**Г. Р. РОЗЕНВАССЕР, С. В. УШАКОВ, О. С. ФЕДОТОВ, В. В. СКОРИК**  
**ДОСВІД МОНТАЖУ СПЕЦІАЛЬНОГО МОСТОВОГО КРАНА З**  
**ВИКОРИСТАННЯМ ІСНУЮЧИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ КАРКАСА**  
**БУДІВЛІ В УМОВАХ ДІЮЧОГО МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА**  
**ТОВ «Донецький ПромбудНДІпроект»**

**Анотація.** У статті відображені результати обстеження технічного стану сталевих конструкцій ділянки конверторного цеху металургійного підприємства; результати перевірочних розрахунків існуючих конструкцій, з введенням в розрахунок отриманих при обстеженні даних і додатком додаткових навантажень  $F = 30$  тс і  $F = 70$  тс. Наведено технічні рішення з улаштування додаткових будівельних конструкцій (монтажних), що забезпечують можливість прикладання навантажень  $F = 30$  тс і  $F = 70$  тс на існуючі будівельні конструкції.

**Ключові слова:** обстеження технічного стану, перевірочний розрахунок, методи монтажу, монтажні конструкції.

**GRIGORY ROZENWASSER, SERGEI USHAKOV, ALEXANDER FEDOTOV,**  
**VYACHESLAV SKORIK**  
**THE EXPERIENCE OF MOUNTING A SPECIAL BRIDGE CRANE USING**  
**EXISTING BUILDING STRUCTURES OF THE BUILDING FRAME UNDER THE**  
**CONDITIONS OF THE EXISTING METALLURGICAL PRODUCTION**  
**LLC «Donetsk Promstroyniiproekt»**

**Abstract.** The article gives the results of a survey of the technical condition of steel structures of the section of the converter shop of a metallurgical enterprise; the results of verification calculations of existing structures, with the introduction into calculation of the data obtained during the survey and the application of additional loads  $F = 30$  ts and  $F = 70$  ts. Technical solutions for the construction of additional building

structures (mounting) have been given, which provide the possibility of applying loads  $F = 30$  ts and  $F = 70$  ts to existing building structures.

**Key words:** inspection of technical condition, verification calculation, installation methods, installation structures.

**Розенвассер Григорій Рувинович** – доктор філософії, к. т. н., дійсний член Академії Строительства України, завідуючий відділом НІО-2 ООО «Донецкий ПромстройНИИпроект». Научні інтереси: механіка підземних споруд, будівельні конструкції будівель та споруд в складних геотехнічних умовах; розрахунки, обстеження будівель та споруд; випробування будівельних конструкцій; науковий супровід та моніторинг будівель та споруд.

**Ушаков Сергей Валерьевич** – заступник завідувача відділом НІО-2 ООО «Донецкий ПромстройНИИпроект». Научні інтереси: будівельні конструкції будівель та споруд в складних геотехнічних умовах; розрахунки, обстеження будівель та споруд; випробування будівельних конструкцій; науковий супровід та моніторинг будівель та споруд.

**Федотов Александр Сергеевич** – головний інженер НІО-2 ООО «Донецкий ПромстройНИИпроект». Научні інтереси: розрахунки, обстеження будівель та споруд; випробування будівельних конструкцій; науковий супровід та моніторинг будівель та споруд.

**Скорик Вячеслав Викторович** – головний інженер НІО-2 ООО «Донецкий ПромстройНИИпроект». Научні інтереси: будівельні конструкції будівель та споруд в складних геотехнічних умовах; розрахунки, обстеження будівель та споруд.

**Розенвассер Григорій Рувинович** – доктор філософії, к. т. н., дійсний член Академії Будівництва України, завідувач відділу НДВ-2 ТОВ «Донецький ПромбудНДІпроект». Наукові інтереси: механіка підземних споруд, будівельні конструкції будівель та споруд в складних геотехнічних умовах, розрахунки, обстеження будівель і споруд, випробування будівельних конструкцій; науковий супровід та моніторинг будівель та споруд.

**Ушаков Сергій Валерійович** – заступник завідувача відділом НДВ-2 ТОВ «Донецький ПромбудНДІпроект». Наукові інтереси: будівельні конструкції будівель та споруд в складних геотехнічних умовах; розрахунки, обстеження будівель і споруд; випробування будівельних конструкцій; науковий супровід та моніторинг будівель та споруд.

**Федотов Олександр Сергійович** – провідний інженер НДВ-2 ТОВ «Донецький ПромбудНДІпроект». Наукові інтереси: розрахунки, обстеження будівель і споруд; випробування будівельних конструкцій; науковий супровід та моніторинг будівель та споруд.

**Скорик Вячеслав Вікторович** – провідний інженер НДВ-2 ТОВ «Донецький ПромбудНДІпроект». Наукові інтереси: будівельні конструкції будівель та споруд в складних геотехнічних умовах; розрахунки, обстеження будівель і споруд.

**Rozenwasser Grigorij** – D.Sc. (Philosophy), Ph.D. (Eng.), full member of the Academy of Construction of Ukraine, the head of the SRD-2 «Donetsk Promstroyiniiiproekt» Department. Scientific interests: mechanics of underground structures, building constructions of buildings and structures in difficult geotechnical conditions; calculations, surveys of buildings and structures; testing of building structures; scientific support and monitoring of buildings and structures.

**Ushakov Sergei** – deputy of the head of the SRD-2 «Donetsk Promstroyiniiiproekt» Department. Scientific interests: building constructions of buildings and structures in difficult geotechnical conditions; calculations, surveys of buildings and structures; testing of building structures; scientific support and monitoring of buildings and structures.

**Fedotov Alexander** – leading engineer of SRD-2 «Donetsk Promstroyiniiiproekt». Scientific interests: calculations, surveys of buildings and structures; testing of building structures; scientific support and monitoring of buildings and structures.

**Skorik Vyacheslav** – leading engineer of SRD-2 «Donetsk Promstroyiniiiproekt». Scientific interests: building constructions of buildings and structures in difficult geotechnical conditions; calculations, surveys of buildings and structures.

УДК 692.5:693

**О. М. ПЕТРОСЯН, Е. И. СОЛДАТКИНА**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЙ ПОЛОВ В ЗДАНИЯХ НЕПРОИЗВОДСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕРИАЛОВ КОМПАНИИ КНАУФ**

**Аннотация.** Проведен анализ конструктивных решений и технологий устройства оснований полов. Разработана классификация стяжек по нескольким критериям. Исследована технологическая структура методов устройства монолитных и сборных стяжек с применением продукции КНАУФ, выполнен сопоставительный анализ. Сформулированы выводы.

**Ключевые слова:** монолитные стяжки, сухие сборные стяжки, гипсокартонные плиты, гипсоволокнистые плиты, смеси.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Сегодня на внешнем рынке реализуются как импортные компоненты для наливных полов, так и продукция отечественных предприятий. Компоненты для наливных полов изготавливают производители сухих строительных смесей: Knauf, Sopro, Kreisel, Dufa (Германия), Emfi (Франция), Vetonit и Scanmix (Финляндия), Mapei, Litokol (Италия), Custom (США), Atlas, (Польша), Mira (Дания), «Крепс» (Россия), Markem (Турция) и т. д. Среди украинских производителей лидирующие позиции занимают такие компании, как «Хенкель Баутехник (Украина)», «Фомальгаут-Полимин», «Пенталак», «Фабрика строительных смесей «БудМайстер» и т. д.

Из всего многообразия присутствующих на рынке материалов заказчику порой сложно сделать выбор в пользу того или иного производителя или конструктивного решения.

На выбор типа основания пола в жилых и гражданских зданиях влияют такие факторы как статические нагрузки, требования к гидро-, звуко-, теплоизоляции, технологические и экономические.

В настоящей статье авторами рассматривается технология устройства оснований полов с применением продукции компании КНАУФ.

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

При проектировании полов необходимо соблюдать дополнительные требования, установленные нормами проектирования для конкретных зданий и сооружений, противопожарными и санитарными нормами, а также нормами технологического проектирования [1].

Строительно-монтажные работы по изготовлению полов и приемка их в эксплуатацию должны осуществляться с учетом требований действующих норм [2, 3, 4].

Полы в зданиях должны обладать необходимой несущей способностью и не быть «зыбкими». Прогнбы при сосредоточенной нагрузке, равной 2 кН в жилых зданиях, 5 кН в общественных и административных зданиях и соответствующей нагрузкам в технических зданиях на проектирование производственных и складских зданий, не должны превышать 2 мм.

Допуски и отклонения несущих конструкций перекрытий от проектного положения под устройство оснований полов (стяжек) должны соответствовать требованиям ДСТУ-Н Б В.2.6-203:2015 [5].

Анализ существующих материалов и технологий позволил разработать следующую классификацию стяжек по нескольким критериям.

По характеру сцепления с основанием:

- сцепленные;
- несцепленные (на разделительном слое, на изоляционном слое).

По технологии устройства:

- монолитные и сборные.

Способы нанесения монолитных стяжек:

- механизированный;
- ручной (в т. ч. шпаклевание).

По конструкции:

- однослойные и многослойные;
- армированные и неармированные.

По основному вяжущему веществу смеси:

- цементные;
- гипсовые;
- сложные (цементно-полимерные, гипсово-полимерные).

Монолитные стяжки:

- обычные и самонивелирующиеся.

По назначению сухие смеси для стяжек в соответствии с ДСТУ-Н Б В.2.6-212:2016 разделяются на следующие группы:

- СТ1 – устраиваемые внутри зданий непроизводственного назначения по жестким основаниям под покрытия всех видов (кроме эпоксидных, полиуретановых, паркетных), толщиной не менее 15 мм;
- СТ2 – устраиваемые внутри зданий непроизводственного назначения по жестким основаниям, на разделительном слое и слое утеплителя под покрытия всех видов, толщиной не менее 35 мм;
- СТ3 – устраиваемые внутри и снаружи зданий производственного назначения по жестким основаниям под нагрузку от транспорта, кроме нагрузок от транспорта на гусеничном ходу.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Выбор подходящей системы монолитного пола КНАУФ и её компонентов зависит от выдвигаемых требований и конструктивных особенностей и ограничений [6].

Конструкция в значительной степени определяется требованиями к строительно-физическим и техническим свойствам, как, например, звукоизоляция и противопожарная защита, теплоизоляция, несущая способность и характер поверхности основания, а также функциональными требованиями (например, отопление в полу, наличие пространства для прокладки инженерно-технических коммуникаций). При выборе материалов, пригодных для каждого конкретного случая, необходимо учитывать также такие требования, как, например, быстрое выполнение строительных работ, нежелательность дополнительной влажности в здании и сохранение высоты помещения.

В таблице 1 представлены области применения продукции КНАУФ при устройстве монолитных стяжек [6].

**Монолитная сцепленная стяжка** [7, 8], как уже следует из названия, связана непосредственно с несущим основанием (рис. 1). Монолитный сцепленный пол должен быть динамически связан с несущим основанием по всей поверхности. Все силы, которые возникают при деформации, усадке, температурных напряжениях, сдвиге в результате перемещения людей и предметов, должны восприниматься комбинированной системой в целом (основание/монолитный пол). Поэтому на монолитный сцепленный пол даже с малой толщиной слоя можно оказывать значительную нагрузку, например, при движении транспортных средств.

Монолитная стяжка на разделительном слое [7, 9] отделена от несущего основания тонкими промежуточными слоями (подкладочная бумага и т. п.). Вследствие этого не образуется соединение монолитной стяжки и основания с силовым замыканием. Монолитный пол и основание могут двигаться независимо друг от друга (необходимо выполнить деформационные швы между монолитным полом и восходящими строительными деталями – проложить краевые изоляционные полосы на стенах, опорах, трубах и т. п. – для предотвращения напряжений при сжатии). Так как вертикальные нагрузки передаются непосредственно на основание, а на монолитный пол действуют только силы сжатия, его можно выполнять относительно тонким.

Однако при большой площади и высокой статической или динамической нагрузке все же могут возникать напряжения в связи со сменой температуры, поэтому требуется большая толщина монолитного пола.



**Таблица 1** – Области применения продукции КНАУФ при устройстве монолитных стяжек

Толщина	Возможность ходить по полу		
	Очень быстро – 1 день	Быстро – 7–14 дней	Нормально – 3–6 дней
■ тонкий: до 10 мм	МАССЫ ДЛЯ ШПАКЛЕВАНИЯ ▲ Самовыравнивающаяся шпаклевка КНАУФ Нивелиршпатель 415 ▲ Наливная шпаклевка КНАУФ Fließsprachtel 315 ▲ Наливная шпаклевка КНАУФ Faserflex 15		
■ средний: до 35 мм	БЕСШОВНЫЙ ПОЛ ИЗ СБОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ▲ КНАУФ Brio *	СМЕСИ ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ ▲ Смесь для нивелирования КНАУФ Нивелирэстрих 425 ▲ Тонкослойный монолитный пол КНАУФ Dünn-Estrich 325	
■ толстый: > 35 мм			
Строительно-физические требования		НАЛИВНОЙ МОНОЛИТНЫЙ ПОЛ	НАЛИВНОЙ МОНОЛИТНЫЙ ПОЛ
	■ Теплоизоляция	▲ КНАУФ Fe 25 A tempo	▲ КНАУФ FE 80
	■ Звукоизоляция	Нивелирэстрих 425 на тонкослойном отоплении пола	▲ КНАУФ FE 50 Largo ▲ КНАУФ FE 80 Allegro
	■ Противопожарная защита		▲ КНАУФ-FE Fortissimo ▲ КНАУФ FE 30
Комфорт			
■ Отопление в полу	ФАЛЬШПОЛ (сухой) ** ▲ КНАУФ GIFAfloor FHBplus Klima	СИСТЕМА ПОЛА НА ЛИНЕЙНЫХ ОПОРАХ ** ▲ КНАУФ GIFAfloor LBSplus Klima	

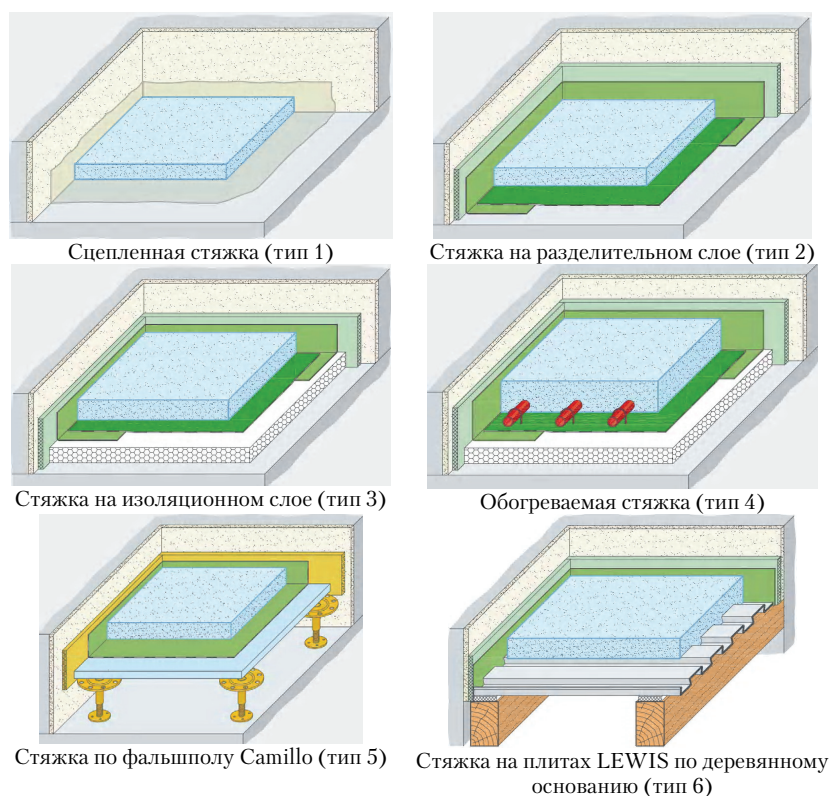


Рисунок 1 – Исполнение монолитных стяжек КНАУФ.

**Монолитный пол на изоляционном слое** [7, 10] отделен от несущего основания изоляционным слоем (тепло- и звукоизоляционные материалы). Слой монолитного пола, служащий для перераспределения нагрузок, образует с эластичным изоляционным слоем подвижную систему (улучшает изоляцию ударного шума, изоляцию воздушного шума, теплоизоляцию); нет непосредственной связи пола со смежными строительными конструкциями.

Исследование методов устройства монолитных стяжек КНАУФ позволило выполнить анализ их технологической структуры, представленной в таблице 2.

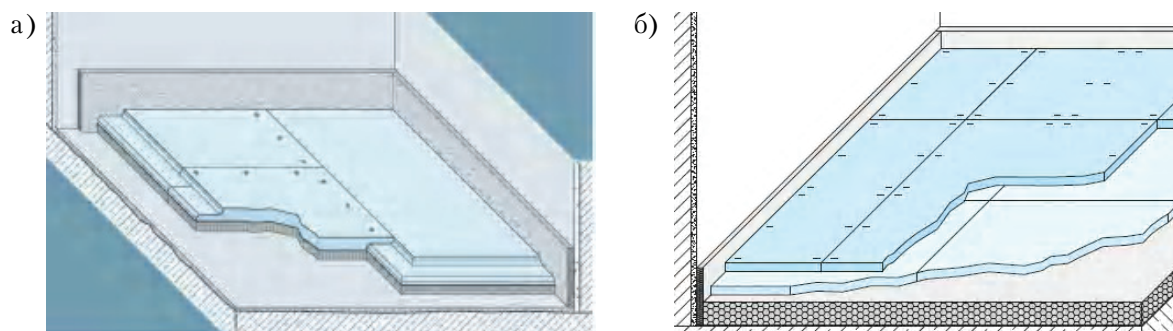
Таблица 2 – Технологическая структура методов устройства монолитных стяжек

Наименование технологических операций	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4	Тип 5	Тип 6
Подготовка и очистка основания	+					
Монтаж фальшпола Camillo					+	
Укладка звукоизоляционных полос по балкам						+
Укладка матов Variomat, монтаж и испытание нагревательных трубопроводов				+		
Устройство подсыпки из песка			+			
Укладка теплоизоляционных плит			+			
Укладка подстилающей бумаги		+	+		+	
Грунтование основания в один слой	+					
Монтаж кромочной ленты	+	+	+	+	+	+
Монтаж плит LEWIS, герметизация стыков						+
Установка маяков и вынесение уровня стяжки	+	+	+	+		
Заливка стяжки толщиной, мм	+	+	+	+	+	+
смесь	25 FE 30, FE 50	30 FE 30, FE 50	35 FE 50	50 FE 50	38 FE 80	34 FE 30, FE 50, FE 80
Уплотнение растворной смеси	+	+	+	+	+	+
Проверка качества заливки, подливка, снятие маяков	+	+	+	+		

**Сборные основания полов** предназначены для обеспечения ровной поверхности под покрытия, а также для улучшения тепло- и звукоизоляции перекрытий. Сборные основания полов могут применяться при новом строительстве, реконструкции и ремонте жилых и общественных зданий, гостиниц, больниц, санаториев и других медицинских учреждений, учебных заведений, детских дошкольных учреждений, а также вспомогательных зданий и помещений промышленных предприятий.

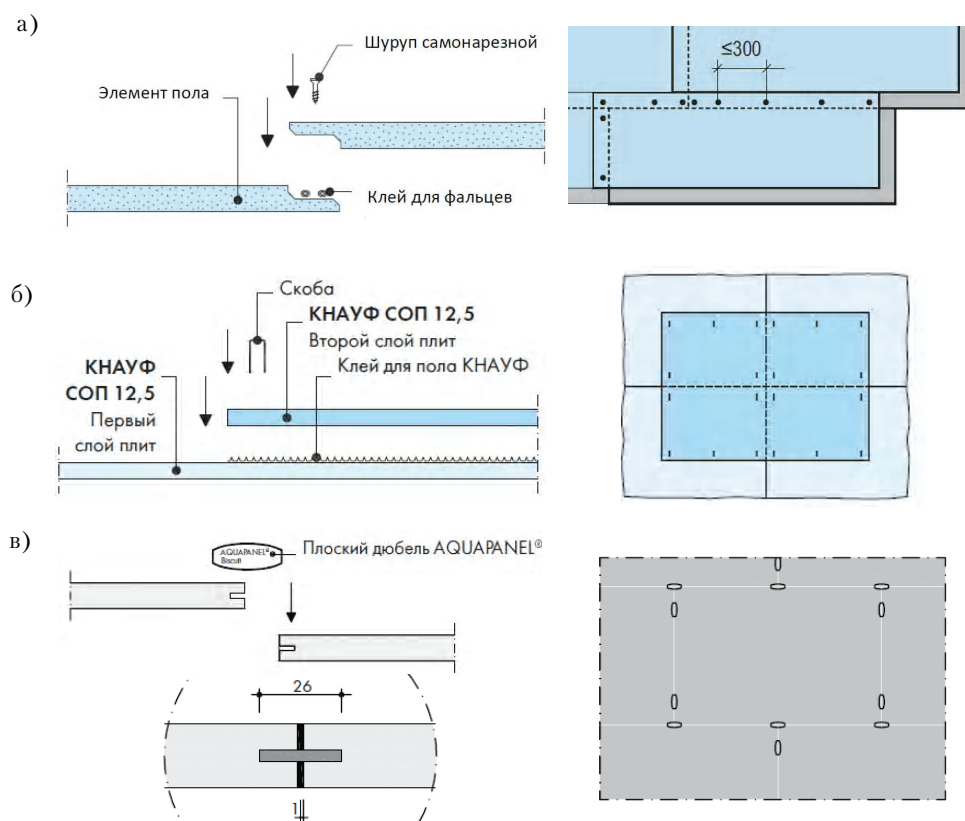
Они могут применяться в помещениях с сухим и нормальным влажностным режимом, с малой и средней эксплуатационной нагрузкой по СНиП 2.03.13-88. В помещениях с повышенной влажностью допускается применение сборных полов из гипсокартонных и гипсоволокнистых плит при условии устройства надежной гидроизоляции. Преимуществом сборных оснований полов является снижение трудозатрат, высокая скорость монтажа, быстрое введение в эксплуатацию, а также снижение нагрузки на несущие конструкции.

Сборные основания полов (рис. 2) могут выполняться из гипсоволокнистых элементов пола, гипсокартонных и гипсоволокнистых плит и цементных плит AQUAPANEL® Floor.



**Рисунок 2** – Конструкции сборных оснований пола КНАУФ: а) из готовых элементов; б) из плит.

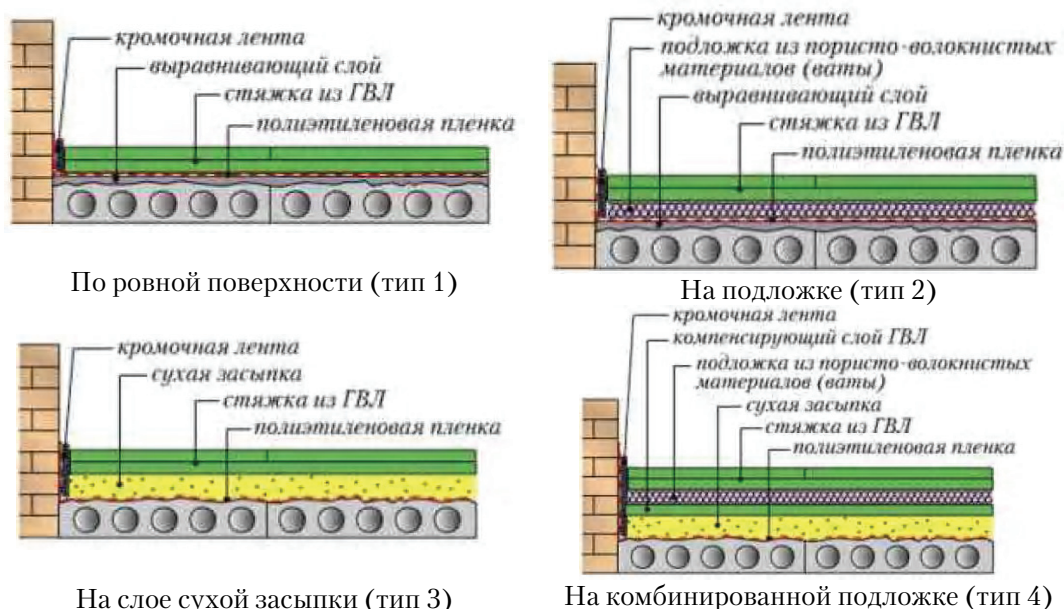
Способы крепления сборных стяжек (рис. 3):



**Рисунок 3** – Способы крепления сборных стяжек: а) из гипсоволокнистых элементов пола; б) из гипсокартонных или гипсоволокнистых плит; в) из цементных плит AQUAPANEL® Floor.

- клей и скобы;
- клей и шурупы;
- клей и плоский дюбель.

На рисунке 4 приведены исполнения оснований пола из сборных стяжек КНАУФ.



**Рисунок 4** – Исполнение оснований пола из сборных стяжек КНАУФ.

Исследование методов устройства сборных стяжек КНАУФ позволило выполнить анализ их технологической структуры, представленной в таблице 3.

**Таблица 3** – Технологическая структура методов устройства сборных стяжек

Наименование технологических операций	Стяжки из элементов пола				Стяжки из гипсокартонных и гипсоволокнистых листов			
	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4
Укладка полиэтиленовой пленки	+	+	+	+	+	+	+	+
Монтаж кромочной ленты	+	+	+	+	+	+	+	+
Укладка подложки из пористо-волоконистых материалов		+				+		
Устройство теплозвукоизоляционного слоя из сухой засыпки			+	+			+	+
Укладка компенсирующего слоя из гипсокартонных или гипсоволокнистых плит				+				+
Укладка теплозвукоизоляционного слоя из плит или матов				+				+
Укладка элементов пола и их крепление	+	+	+	+				
Укладка нижнего слоя стяжки из гипсокартонных или гипсоволокнистых плит					+	+	+	+
Нанесение клея, укладка нижнего слоя стяжки из гипсокартонных или гипсоволокнистых плит, их крепление					+	+	+	+
Грунтование в один слой	+	+	+	+	+	+	+	+
Шпаклевание стыков	+	+	+	+	+	+	+	+



## ВЫВОДЫ

Анализ украинского рынка сухих смесей для наливных полов показал, что одним из ведущих производителей является компания КНАУФ.

Результаты исследования технологической структуры методов устройства монолитных и сборных оснований полов показали, что преимуществом сборных оснований полов является снижение трудозатрат, высокая скорость монтажа, быстрое введение в эксплуатацию.

Дальнейшие исследования будут направлены на усовершенствование методологии выбора технологии устройства оснований полов на основании технико-экономических показателей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.03.13-88. Полы [Текст]. – Взамен СНиП II-V.8-71 ; введ. 01.01.1989. – М. : Госстрой СССР, 1988. – 33 с.
2. ДСТУ-Н Б А.3.1-23:2013. Настанова щодо проведення робіт з улаштування ізоляційних, оздоблювальних, захисних покриттів стін, підлог і покрівель будівель і споруд [Текст]. – На заміну СНиП 3.04.01-87 ; чинний від 01.01.2014. – Київ : Мінрегіон України, 2013. – 40 с.
3. ДСТУ-Н Б В.2.6-212:2016. Настанова з виконання робіт із застосуванням сухих будівельних сумішей [Текст]. – На заміну ДБН В.2.6-22-2001 ; чинний від 01.04.2017. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 43 с.
4. ДСТУ Б В.2.7-126:2011. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови [Текст]. – На заміну ДСТУ Б В.2.7-126:2006 ; чинний від 01.06.2011. – Київ : Мінрегіон України, 2011. – 37 с.
5. ДСТУ-Н Б В.2.6-203:2015. Настанова з виконання робіт при виготовленні та монтажі будівельних конструкцій [Текст]. – Чинний від 2016-04-01. – Київ : Мінрегіон України, 2016. – 96 с.
6. КНАУФ – Системи наливних полов. Конструкции и технология устройства [Электронный ресурс]/ Системы устройства полов. – [Б. м. : ДП «Кнауф Маркетинг»], 2011. – 123 с. – Режим доступа : [https://file.knauf.ua/Tekhnichna\\_dokumentatsiya/Pidlohy/Broshury/Sistemy\\_naliv\\_pолов\\_0310.pdf](https://file.knauf.ua/Tekhnichna_dokumentatsiya/Pidlohy/Broshury/Sistemy_naliv_pолов_0310.pdf).
7. DIN 18560-1. Estriche im Bauwesen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen, Prüfung und Ausführung [Текст]. – Ersatz für DIN 18560-1:1992-05 ; April 2004. – [S. l.] : Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN, 2004. – 11 s.
8. DIN 18560-3. Estriche im Bauwesen – Teil 3: Verbundestriche [Текст]. – Ersatz für DIN 18560-3:1992-05 ; April 2004. – [S. l.] : Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN, 2004. – 12 s.
9. DIN 18560-4. Floor screeds – Part 4: screeds laid on separated layer [Текст]. – Ersetzt für DIN 18560-4:1992-05 ; April 2004. – [S. l.] : Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN, 2004. – 10 s.
10. DIN 18560-2. Estriche im Bauwesen – Teil 2: Estriche und Heizestriche auf Dämmschichten (schwimmende Estriche) [Текст]. – Ersetzt für DIN 18560-2:1992-05 ; April 2004. – [S. l.] : Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN, 2004. – 18 s.

Получено 21.09.2017

О. М. ПЕТРОСЯН, Є. І. СОЛДАТКІНА  
АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВЛАШТУВАННЯ ОСНОВ ПІДЛОГ В БУДІВЛЯХ  
НЕВИРОБНИЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МАТЕРІАЛІВ  
КОМПАНІЇ КНАУФ  
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** Проведено аналіз конструктивних рішень і технологій влаштування основ підлог. Розроблено класифікацію стяжок за кількома критеріями. Досліджено технологічну структуру методів улаштування монолітних і збірних стяжок із застосуванням продукції КНАУФ, виконано порівняльний аналіз. Сформульовано висновки.

**Ключові слова:** монолітні стяжки, сухі збірні стяжки, гіпсокартонні плити, гіпсоволокнисті плити, суміші.

OLEG PETROSIAN, EVGENIA SOLDATKINA  
ANALYSIS OF METHODS FOR CONSTRUCTING FLOOR BASES IN NON-  
PRODUCTION BUILDINGS USING KNAUF MATERIALS  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** In the article the analysis of constructive decisions and technologies of the device of the bases of floors has been carried out. The classification of screeds by several criteria has been developed. The

technological structure of the methods for assembling monolithic and composite screeds using KNAUF products was studied, and a comparative analysis was performed. The conclusions have been formulated.

**Key words:** monolithic screeds, dry pre-cast screeds, gypsum boards, gypsum-fiber boards, mixtures.

**Петросян Олег Мурадович** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: реконструкция промышленных и гражданских зданий.

**Солдаткина Евгения Игоревна** – магистрант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: методы устройства оснований полов в зданиях непроизводственного назначения с применением материалов компании КНАУФ.

**Петросян Олег Мурадович** – кандидат технічних наук, кафедри технології і організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: реконструкція промислових і цивільних споруд.

**Солдаткіна Євгенія Ігорівна** – магістрант кафедри технології і організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: методи улаштування основ підлог в будівлях не виробничого призначення із застосуванням матеріалів компанії КНАУФ.

**Petrosian Oleg** – Ph. D (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: reconstruction of industrial and civil buildings.

**Soldatkina Evgenia** – master's student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: methods of constructing floor bases in non-production buildings using KNAUF materials.

УДК 69.057:693.97.001.24

**Д. О. ЛЯЛИН, А. М. ЮГОВ**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ МОНТАЖА ЗДАНИЯ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМ КАРКАСОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Аннотация.** Представлен поиск рациональных решений монтажа и организации строительного производства с построением информационной модели здания 3d и 4d с использованием программных комплексов Autodesk Revit, Navisworks, Microsoft Project, Excel и дальнейшим расчетом на монтажной стадии в ЛИРА-САПР.

**Ключевые слова:** здание с металлическим каркасом, монтаж, BIM-модель, 3D-модель, 4D-модель, Autodesk Revit, Microsoft Project, Navisworks, ЛИРА-САПР, информационная модель здания.

Технология BIM (Building Information Modeling или Building Information Modeling) представляет собой создание виртуальной модели здания в цифровом виде. Использование модели облегчает и ускоряет процесс проектирования на всех его этапах, обеспечивая более тщательный анализ и контроль. Будучи законченными, эти компьютерные модели содержат точную геометрию конструкции и все необходимые данные для закупки материалов, изготовления конструкций и производства строительных работ. Технология информационного моделирования используется во многих странах мира на государственном уровне. Именно на государственном, то есть государстве для выполнения всех своих проектов требует использования технологий информационного моделирования. Безусловным и общепризнанным лидером в этой сфере является Великобритания. Задача, которая ставится на ближайшие годы – сокращение стоимости строительства на 33 %. При этом 20%-ое сокращение достигнуто уже в текущем году. Если перевести эффект в денежное выражение, то это 2 млрд фунтов стерлингов. Особенность подхода BIM-технологии заключается в том, что строительный объект проектируется как единое целое, изменение какого-либо параметра влечет за собой автоматическое изменение остальных связанных с ним параметров и объектов, вплоть до чертежей, визуализаций, спецификаций и календарного плана

Autodesk Revit, или просто Revit – программный комплекс, реализующий принцип информационного моделирования зданий (Building Information Modeling, BIM). Комплекс предназначен для архитекторов, проектировщиков несущих конструкций и инженерных систем. Он предоставляет возможности трехмерного моделирования элементов здания и плоского черчения элементов оформления, создания пользовательских объектов, организации совместной работы над проектом, начиная от концепции и заканчивая выпуском рабочих чертежей и спецификаций. База данных Revit может содержать информацию о проекте на различных этапах жизненного цикла здания, от разработки концепции до строительства и снятия с эксплуатации.

**Navisworks®** – это решение для экспертизы архитектурно-строительных проектов, позволяющее полностью контролировать результаты. В нем осуществляется проверка моделей и данных, поступающих от всех участников процесса проектирования.

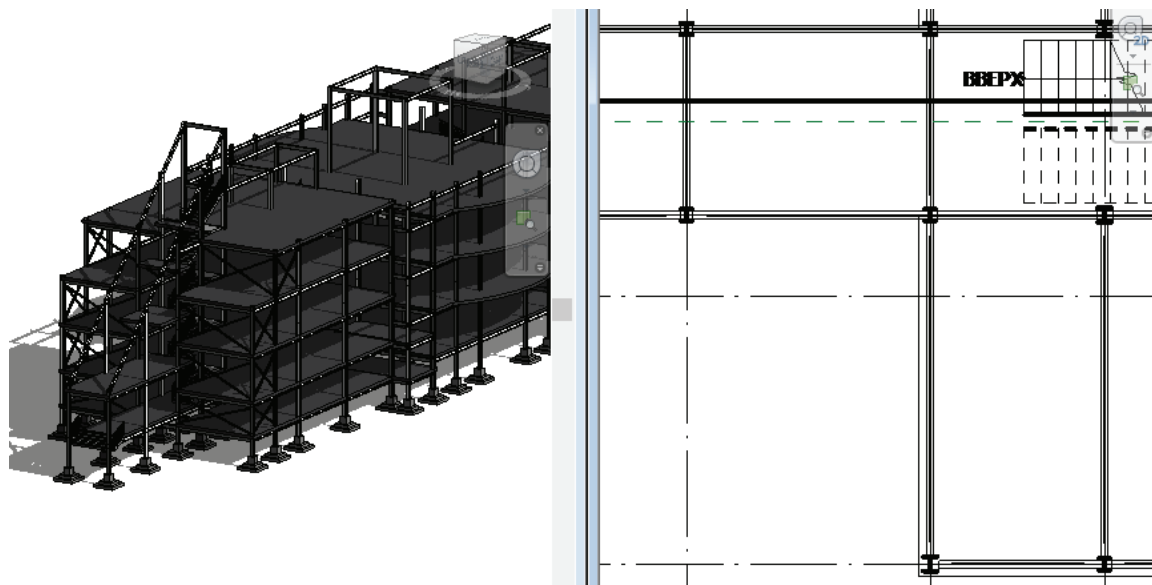
Актуальность данного исследования заключается в более точном изучении объекта строительства с построением информационной модели для лучшего анализа технологических и организационных процессов.

**Целью работы** является представление выполненных моделей с использованием программных комплексов.

В рамках работы рассмотрены следующие этапы

1. Построение информационной модели в Revit.
2. Экспорт в Navisworks.
3. Выполнение расчета объемов работ в Excel.
4. Построение календарного плана в Project.
5. Связь календарного плана с информационной моделью, анализ.
6. Передача модели в расчетные комплексы.
7. Расчет модели на монтажной стадии в Лире.

Исходными данными были чертежи, выполненные в программе Autodesk AutoCAD (рис. 1).



**Рисунок 1** – 3d модель каркаса и ее представление в виде автоматически созданной проекции чертежа плана этажей.

Для построения модели в Revit был подобран шаблон для выполнения чертежей марки КМ, сформирована библиотека семейств элементов для балок, колонн и связей.

Выполнено построение модели – создана сетка осей и уровней, на которых были размещены все элементы в соответствии с чертежами.

После создания модели все колонны были разрезаны в соответствии с габаритами погрузки (размерами отправочных марок). Были созданы спецификации металлопроката для данного объекта – программой выполнен автоматический подсчет элементов, их размеры, тип, вес, количество.

Далее модель экспортировалась в Navisworks, здание было разделено на 3 захватки, а все элементы распределены в монтажные блоки – поисковые наборы элементов (рис. 2).

Список всех наборов элементов был перенесен в электронные таблицы Excel, где выполнен расчет калькуляции для каждого набора – объемы работ и их трудоемкость.

По полученным объемам работы в MS Project был разработан календарный план, подобраны составы бригад, оптимизированы все рабочие процессы (рис. 3).

Данные графика через формат \*.mppr были подгружены к модели Navisworks. Созданные наборы были сопоставлены с работами по таким данным, как длительность, дата начала и дата окончания. В случае реального строительства есть возможность отслеживать еще и реальные сроки – к графику добавляются данные по фактическим срокам, соответствующим реальному строительству, и есть возможность наблюдать, насколько строительство отстает или опережает план.

Таким образом, была получена 4d модель здания – данные в 3-х измерениях – 3d модель, совокупность всех элементов – колонн, балок, перекрытий, связей и т. д., и 4-е измерение – время, когда та или иная конструкция попадает на стройку и занимает свое проектное положение.



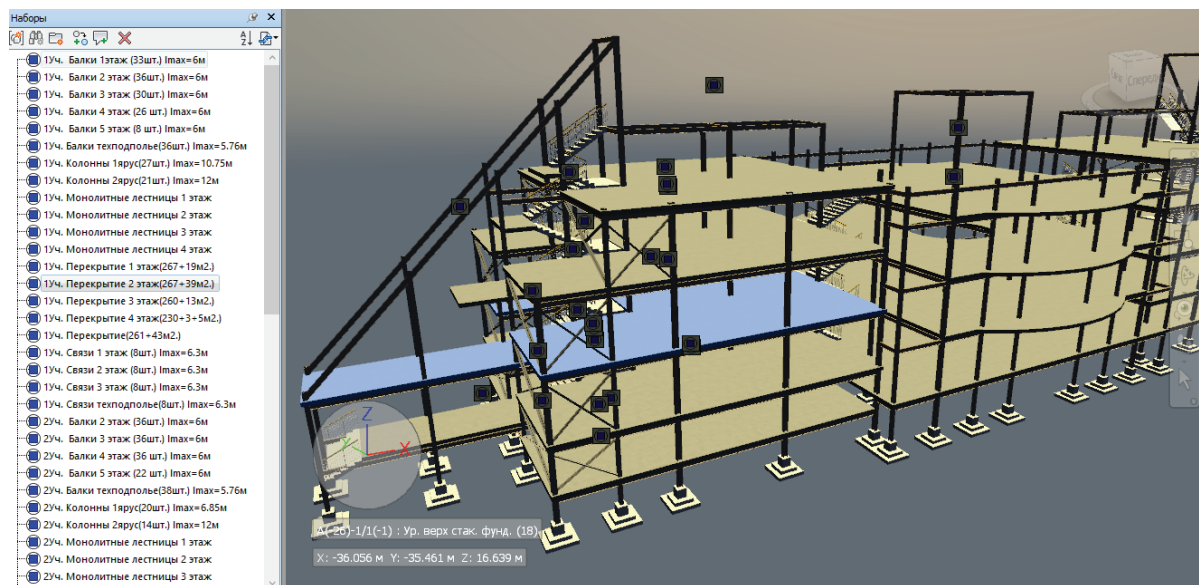


Рисунок 2 – Создание поисковых наборов элементов.

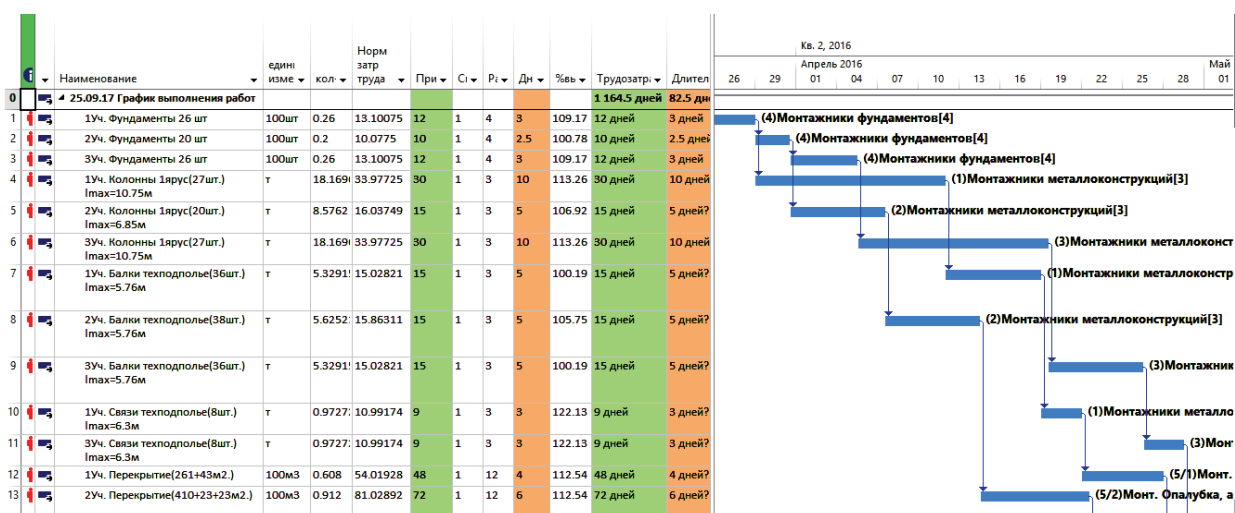


Рисунок 3 – Календарный план MS Project.

Через модуль программы TimeLiner, пункт «Моделирование», в ускоренном времени можно наблюдать, как будет вестись строительство. В окне программы можно наблюдать конкретные даты, недели от начала работ. Внизу окна программы отображается динамически изменяющийся календарь, на котором показаны все текущие процессы (рис. 4).

Моделирование может быть остановлено как на музыкальном проигрывателе, перемотано на определенный момент, ускорено или замедленно.

Есть возможность наблюдения за моделью со стороны или от первого, или 3-го лица. Так мы можем более тщательно наблюдать за моделью, выявить ошибки, которые, возможно, не заметили бы на плоских чертежах, и можем устранить эти ошибки еще до начала строительства, что экономит денежные средства на устранения тех или иных проблем в реальном строительстве.

Функционал программного комплекса Navisworks позволяет через связанные файлы собирать в единую модель все разделы проекта – единая модель архитектурного раздела конструкций, инженерных сетей, генплана. Это позволяет выполнить проверку программой этих разделов на коллизии – пересечения конструкций (к примеру на обычных чертежах может быть незаметно пересечение балки с водосточной трубой и проблема будет обнаружена только на этапе строительства), в случае использования Navisworks ошибки устраняются на этапе проектирования (рис. 5).

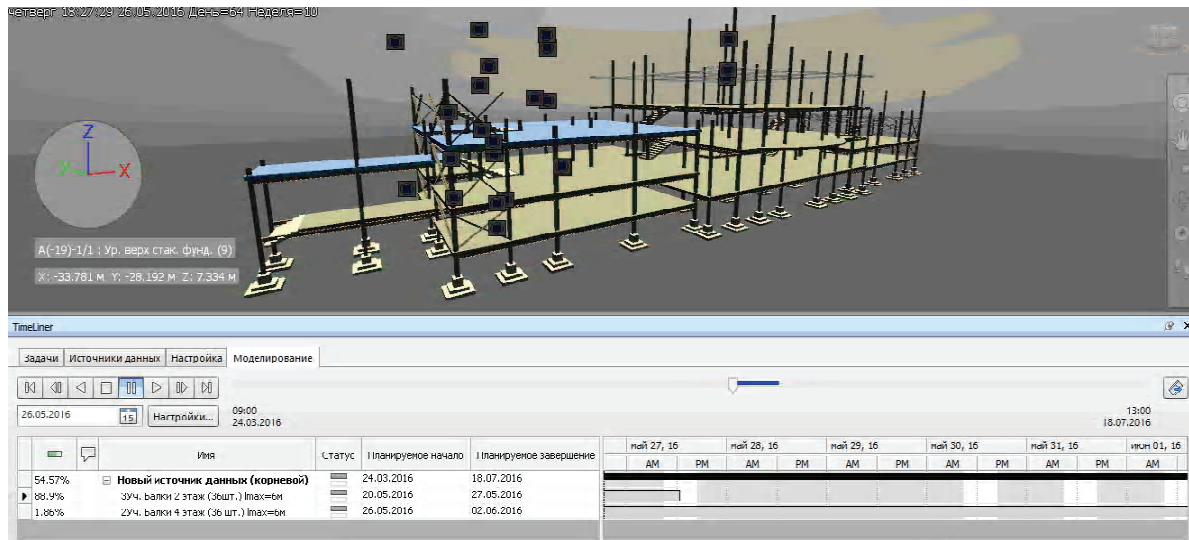


Рисунок 4 – Моделирование процесса строительства.

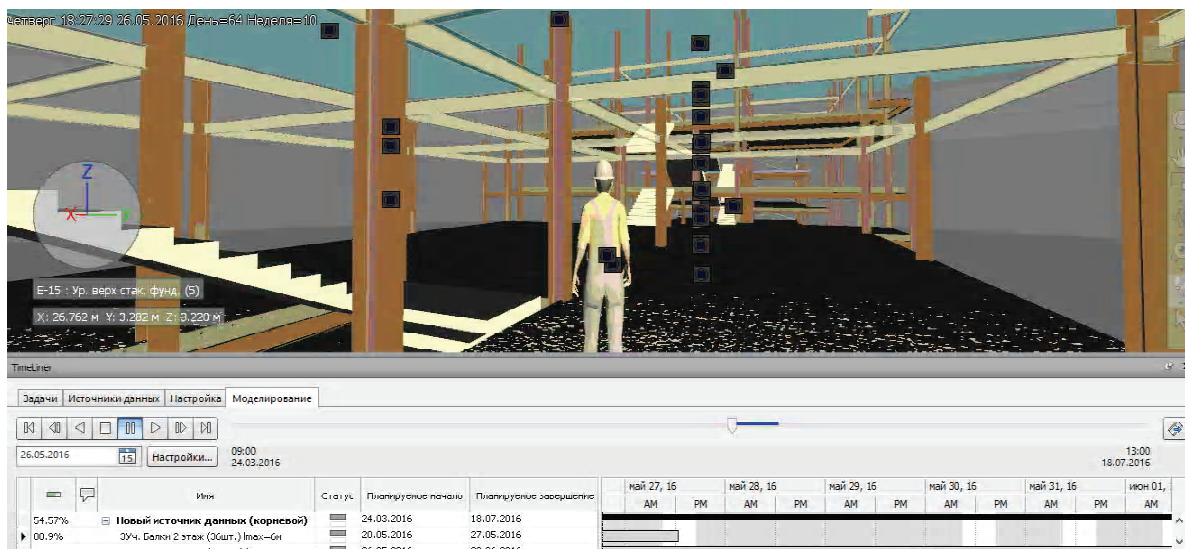


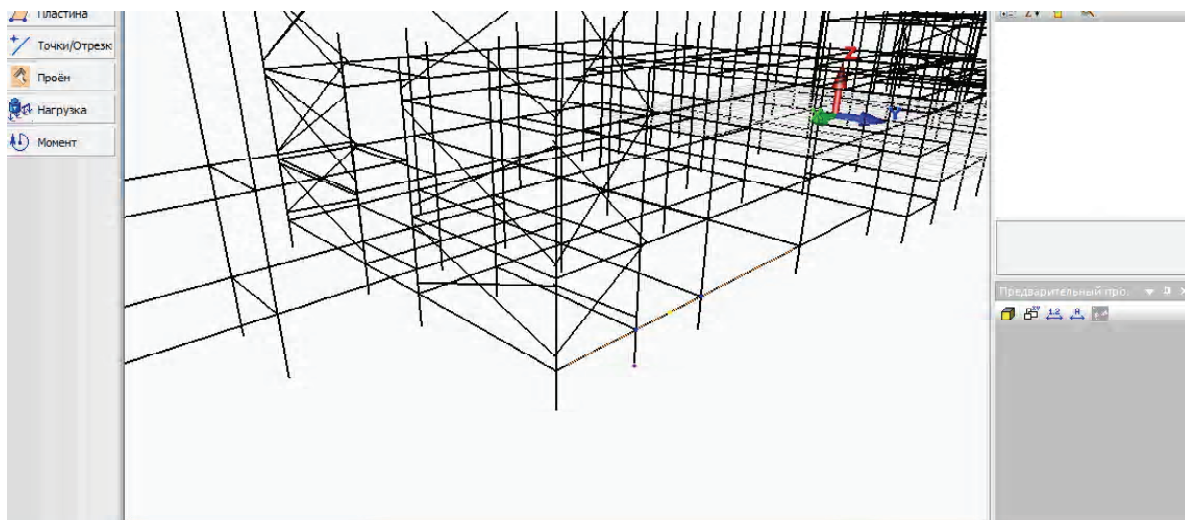
Рисунок 5 – Анализ модели на этапе строительства.

Имея представление о том, как будет выглядеть объект строительства на определенном этапе, может возникнуть вопрос, касающийся устойчивости конструкции – может ли еще недостроенное здание потерять устойчивость? Ведь нагрузки могут распределиться неравномерно и могут не соответствовать расчетной полной модели.

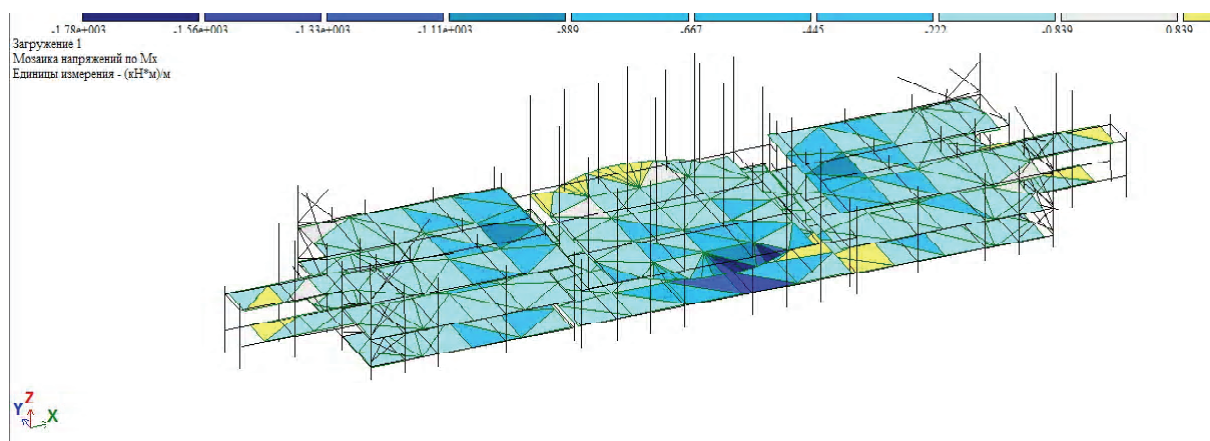
Для осуществления проверки модель Revit, содержащая в себе аналитическую модель каждого элемента, через совместимый формат \*.ifc для начала экспортируется в Sapfir – программный комплекс от создателей ЛИРА-САПР, где будущая аналитическая модель настраивается и затем переносится в расчетный комплекс (рис. 6).

Полученная экспортированная модель перепроверяется на соответствие жесткостей элементов. Каждому стержню и пластине задаются типы соединений, прикладываются временные, постоянные и динамические нагрузки.

Далее модель запускается на расчет, реализуются расчетные сочетания нагрузок. Полученные результаты расчетов могут быть отображены в виде таблиц, эпюр, изополей напряжений (рис. 7).



**Рисунок 6** – Сформированная аналитическая объёмная модель каркаса в Sapfir.



**Рисунок 7** – Рассчитанная схема каркаса в Лире.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Выполнена информационная модель металлического каркаса в программном комплексе Autodesk Revit, получены чертежи марки КМ – планы, фасады, разрезы, получены спецификации металлопроката для расчета объемов работ.
2. По созданному в Microsoft Project календарному плану производства работ выполнена 4d модель в программном комплексе Navisworks.
3. Для анализа конструкций на монтажной стадии, аналитическая модель экспортирована и рассчитана на совместное действие нагрузок в программном комплексе ЛИРА-САПР.
4. Отработаны алгоритмы построения информационной модели, календарных планов с использованием современных информационных технологий, найдены оптимальные варианты экспортирования информации между программами через совместимые форматы файлов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ланцов, А. Л. AUTODESK REVIT 2015. Компьютерное проектирование зданий [Текст] / А. Л. Ланцов. – М. : ООО «Издательский Центр РИОР», 2014. – 664 с. – ISBN 978-5-369-01393-9.
2. Duell, Ryan. Autodesk Revit Architecture 2014 Essentials [Текст] / Ryan Duell, Tobias Hathorn, Tessa Reist Harhort. – Canada : Sybex, 2013. – 416 p.
3. Информационное моделирование объектов промышленного и гражданского строительства [Электронный ресурс] : Проектирование, строительство, эксплуатация / Autodesk, Inc. – [Б. м.] : Autodesk, Inc., 2014. – 58 с. – Режим доступа : [http://autodeskcommunity.ru/upload/iblock/656/bim\\_brochure.pdf](http://autodeskcommunity.ru/upload/iblock/656/bim_brochure.pdf).

4. Dodds, Jason. Mastering Autodesk Navisworks 2013 [Текст] / Jason Dodds, Scott Johnson. – Canada : John Wiley & Sons, Inc., 2012. – 576 p. – ISBN 978-1-118-28171-0.
5. Tickoo, Sham. Exploring Autodesk Navisworks 2016 [Текст] / Sham Tickoo. – 3rd Edition. – USA : Cadcam Technologies, 2015. – 388 p. – ISBN 978-1-942689-08-9.

Получено 28.09.2017

Д. О. ЛЯЛІН, А. М. ЮГОВ  
ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ МОНТАЖУ БУДІВЛІ З  
МЕТАЛЕВИМ КАРКАСОМ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ  
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

**Анотація.** Представлено пошук раціональних рішень монтажу та організації будівельного виробництва з побудовою інформаційної моделі будівлі 3d і 4d з використанням програмних комплексів Autodesk Revit, Navisworks, Microsoft Project, Excel і подальшим розрахунком на монтажній стадії в ЛІРА-САПР.  
**Ключові слова:** будівля з металевим каркасом, монтаж, BIM, 3D-модель, 4D-модель, Autodesk Revit, Microsoft Project, Navisworks, ЛІРА-САПР, інформаційна модель будівлі.

DENIS LYALIN, ANATOLY YUGOV  
SUBMISSION OF RATIONAL TECHNOLOGY OF INSTALLATION OF  
BUILDING WITH METALLIC FRAMES WITH USING MODERN  
INFORMATION TECHNOLOGIES  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The author presents a search for rational solutions for installation and organization of construction production with the construction of an informational model of the 3d and 4d buildings using Autodesk Revit, Navisworks, Microsoft Project, Excel software sequences and subsequent calculations at the installation stage in LIRA-CAD.  
**Key words:** : building with metal frame, installation, BIM, 3D model, 4D model, Autodesk Revit, Microsoft Project, Navisworks, LIRA-CAD, building information model.

**Лялін Денис Олегович** – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование современных программных комплексов в инженерной деятельности.

**Югов Анатолий Михайлович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», действительный член Академии строительства Украины. 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.

**Лялін Денис Олегович** – студент ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ. Наукові інтереси: використання сучасних програмних комплексів в інженерній діяльності.

**Югов Анатолій Михайлович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології і організації будівництва ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ, дійсний член Академії будівництва України. 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.

**Lyalin Denis** – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: use of modern software systems in engineering.

**Yugov Anatoly** – D. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, full member of the Academy of Construction of Ukraine. Scientific interests: technical diagnostics, monitoring and evaluation of technical condition of structures of buildings and structures, installation technology and calculations for installation conditions of structures of buildings and structures, reconstruction of buildings and structures, quality management systems.



УДК 624.014:624.016

**Е. П. КАПУСТИНА**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
ПРИ УСИЛЕНИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ, РАБОТАЮЩИХ  
НА ИЗГИБ**

**Аннотация.** В статье обоснована актуальность темы исследования. Указаны основные повреждения металлических конструкций. Рассмотрены основные композиционные материалы, применяемые в строительстве. Отмечены крупнейшие производители композитных материалов, чья продукция представлена на отечественном рынке. Произведен сравнительный анализ характеристик данных материалов. Приведены преимущества и недостатки применения рассмотренных материалов при усилении металлических конструкций.

**Ключевые слова:** усиление, углеродные волокна, композитный материал, металлические конструкции.

**ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

В последнее время композиционные полимерные материалы заполнили отечественный строительный рынок. Их выпускают в виде тканей, холстов, сеток, ламелей. Эти материалы представляют собой армированные волокнами полимеры. Из наиболее часто встречающихся в строительной литературе хочется отметить полимеры, армированные углеродными, арамидными и стеклянными волокнами. Эти материалы обладают прекрасными физико-механическими свойствами, такими как: высокая прочность, малый вес, высокий модуль упругости и т. д. Именно поэтому современные методы усиления строительных конструкций с помощью композиционных полимерных материалов легко могут конкурировать с другими существующими методами усиления. Хочется отметить, что композиционные материалы довольно успешно используют в отечественной строительной отрасли при реконструкции и реставрации железобетонных и деревянных конструкций зданий и сооружений, однако практически не исследован вопрос усиления металлических конструкций данными материалами.

**АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Анализ опубликованных исследований, испытаний и существующих нормативных документов показал, что в отечественной практике чаще всего использование композитных материалов встречается при усилении железобетонных конструкций. Изучением данного направления занимались В. А. Пшеничный, И. Г. Овчинников, И. И. Овчинников, В. С. Зиновьев, Ш. Н. Валиев, А. А. Шилина, А. Л. Мочалов, В. Л. Чернявский, А. Н. Костенко, Михуб Ахмад, А. В. Грановский, Л. И. Юдина и т. д. Из нормативных документов можно отметить, опубликованные в России [5], [6].

Так же использование композитных материалов встречается при усилении деревянных конструкций. Исследованиями в данной области занимались Э. В. Филимонов, Н. В. Линьков, А. В. Тихонов и т. д.

Анализ отечественной научной литературы показал, что исследования в области усиления металлических конструкций с использованием композиционных материалов практически отсутствуют.

## ЦЕЛЬ

Сравнительный анализ физико-механических свойств композиционных материалов на основе арамидных, углеродных и стеклянных волокон, представленных на отечественном рынке строительных материалов. Анализ особенностей применения композиционных материалов при усилении металлических конструкций, работающих на изгиб.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В процессе функционирования зданий и сооружений конструкции подвергаются воздействию эксплуатационных факторов, которые вызывают их физический износ. Хочется отметить, что в общем объеме строительного фонда значительную часть занимают именно металлические конструкции.

Основные дефекты металлических конструкций, возникающие вследствие физического износа: коррозия, усталостные разрушения металла, прогибы, дефекты сварных швов, трещины, потеря устойчивости и т. д.

В работе [1] отмечается, что более 70 % металлических строительных конструкций эксплуатируются в атмосфере промышленных районов или подвержены непосредственному воздействию агрессивных газов, запылению, увлажнению, обусловленному технологией производства. Именно поэтому наиболее часто для стальных конструкций встречается атмосферная коррозия. Она сопровождается образованием ржавчины, возникающей в результате химической реакции между окружающей средой и металлом.

Известно, что коррозия может существенно снижать несущую способность конструкций.

При снижении несущей способности конструкции:

- до 5 %, производится профилактический ремонт;
- до 15 %, производится ремонт, устраняющий выявленные повреждения;
- до 25 % производится капитальный ремонт с усилением поврежденной конструкции.
- при аварийном состоянии, как правило, производят замену конструкций.

Для усиления металлических конструкций применяют несколько основных способов:

- увеличение площади поперечного сечения;
- изменение конструктивной схемы каркаса или его элементов;
- регулирование напряжений.

Если говорить о металлических конструкциях, работающих на изгиб, например балках, то их усиление может осуществляться любым из вышеуказанных способов.

При усилении металлических балок путем увеличением сечения, как правило, используются металлические пластины, накладки, уголки, швеллеры и т. д. Основными способами присоединения элементов усиления к усиливаемым конструкциям являются высокопрочные болты, сварка, заклепки. Хочется отметить, что эти способы имеют ряд недостатков. Использование металлических элементов усиления приводит к увеличению собственного веса усиливаемой конструкции. Также при присоединении элементов с помощью сварки, необходимо учитывать временное снижение несущей способности конструкций за счет их нагрева и накопление остаточных деформаций. При присоединении элементов с помощью болтов или заклепок необходимо устраивать отверстия. В связи с чем, необходимо учитывать перераспределение напряжений в конструкции, и как следствие концентрацию напряжений вокруг отверстий. Иногда увеличение сечения балки производят с помощью бетона, железобетона, однако эти методы также приводят к увеличению собственного веса конструкции.

Применение современных композиционных материалов при усилении металлических балок увеличением сечения позволяет возобновить несущую способность конструкции или увеличить ее, не сталкиваясь с указанными трудностями.

Рассмотрим композиционные материалы, представленные на отечественном рынке.

Например, производитель MBACE предлагает композиционные материалы на основе углеродных, арамидных и стеклянных волокон (рис.), (таб.).

Из таблицы видно, что прочность углетканей на 1 700 МПа выше, чем прочность арамидных тканей, и больше чем в 2 раза выше прочности тканей армированных стеклянными волокнами. Модуль упругости углеродных материалов также больше чем в 2 раза, выше модуля упругости тканей с арамидными и стеклянными волокнами.

Хочется отметить, что модуль упругости углеткани (230 ГПа) близкий по своему значению с модулем упругости стали (200–220 ГПа), а прочность углеткани выше прочности стали. Композиционные материалы, армированные арамидными и стеклянными волокнами, такими характеристиками



Холсты на основе углеродных волокон



Холсты на основе арамидных волокон



Холсты на основе стеклянных волокон

Рисунок – Материалы MBACE.

Таблица – Композиционные материалы MBACE

	Холст с углеродными однонаправленными волокнами	Холст с арамидными однонаправленными волокнами	Холст с стеклянными однонаправленными волокнами
Прочность, МПа	4 900	3 200	2 300
Модуль упругости, ГПа	230	120	76
Удельный вес, г/м <sup>2</sup>	155–600	280–415	935
Толщина, мм	0,086–0,337	0,194–0,288	0,360
Ширина, мм	500	300	500

не обладают. Из этого следует, что для усиления металлических балок предпочтительнее применять материалы на основе углеродных волокон.

Преимущества использования композиционных материалов на основе углеродного волокна при усилении металлических конструкций:

- малый вес;
- устойчивость к агрессивным средам;
- высокая степень выносливости;
- малая трудоемкость выполнения работ;
- легкая транспортабельность;
- минимальные требования к пространству для выполнения работ;
- отсутствие сварочных работ;
- малая толщина материала;
- долговечность.

Недостатки:

- высокая стоимость;
- необходимость устройства изолирующего слоя между углеродным материалом и усиливаемым металлическим элементом во избежание протекания электрохимической коррозии.

Проанализировав предложенные на строительном рынке композиционные материалы на основе углеродных волокон, можно выделить несколько наиболее крупных производителей Sika (Швейцария), MBACE (Россия), FibARM (Россия), Carbolite (Украина).

## ВЫВОДЫ

Проанализировав литературу, посвященную усилению металлических конструкций композиционными полимерными материалами, можно сделать вывод, что полученные в результате усиления соединения получаются достаточно надежными. Современный строительный рынок предоставляет огромный выбор вышеуказанных материалов. Однако наибольшей популярностью пользуются материалы на основе углеродных волокон. Это можно объяснить тем, что эти материалы обладают более высокими физико-механическими свойствами, чем материалы, армированные арамидными или стеклянными волокнами.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усиление пролетных строений мостов материалами на основе однонаправленных высокопрочных углеродных волокон [Текст] : СТО-01-2011 / ЗАО «Компания "Дорис"». – Введен впервые. – Волгоград : [Б. и.], 2011. – 55 с.
2. Усиление металлических конструкций фиброармированными пластиками [Электронный ресурс] : Часть 1. Состояние проблемы [Текст] / И. И. Овчинников, И. Г. Овчинников, Г. В. Чесноков [и др.] // интернет-журнал «Наукоедение». – 2014. – Вып. 3. – Режим доступа : <https://naukovedenie.ru/PDF/19TVN314.pdf>.
3. Усиление металлических конструкций фиброармированными пластиками [Электронный ресурс] : Часть 2. Применение метода предельных состояний к расчету растягиваемых и изгибаемых конструкций / И. И. Овчинников, И. Г. Овчинников, Г. В. Чесноков [и др.] // интернет-журнал «Наукоедение». – 2014. – Вып. 3. – Режим доступа : <https://naukovedenie.ru/PDF/20TVN314.pdf>.
4. Костенко, А. Н. Прочность и деформативность центрально и внецентренно сжатых кирпичных и железобетонных колонн, усиленных угле- и стекловолокном [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / А. Н. Костенко. – Москва : МГГУ, 2010. – 29 с.
5. Дьячкова, А. А. Расчет усиления железобетонных плит углеродными композиционными материалами [Текст] / А. А. Дьячкова, В. Д. Кузнецов // Инженерно-строительный журнал. – 2009. – № 3. – С. 25–28.
6. СТО 2256-002-2011. Стандарт организации. Система внешнего армирования из полимерных композитов FibARM R для ремонта и усиления строительных конструкций [Текст] / ЗАО «Препрег-СКМ» при участии НИИЖБ. – Введен впервые. – М. : ЗАО «Препрег-СКМ», 2012. – 61 с.
7. ТУ 1916-005-61664530-2011. Углеродные однонаправленные ленты для систем внешнего армирования (СВА). Технические условия [Текст] / ЗАО «Препрег-СКМ». – Вводятся впервые ; введ. 2011-06-01. – М. : [б. и.], 2011. – 24 с.
8. Guidelines for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Existing Structures [Текст]. Metallic structures. Preliminary study : CNR-DT 202/2005 / National Research Council, Advisory Committee on Technical Recommendations for Construction. – Rome : CNR, 2007. – 57 p.

Получено 02.10.2017

К. П. КАПУСТИНА

ЗАСТОСУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ПОСИЛЕННІ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА ВИГІН  
ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

**Анотація.** У статті обґрунтовано актуальність теми дослідження. Вказані основні пошкодження металевих конструкцій. Розглянуто основні композиційні матеріали, що застосовуються в будівництві. Відзначені найбільші виробники композитних матеріалів, чия продукція представлена на вітчизняному ринку. Зроблено порівняльний аналіз характеристик даних матеріалів. Наведено переваги та недоліки застосування розглянутих матеріалів при посиленні металевих конструкцій.

**Ключові слова:** посилення, вуглецеві волокна, композитний матеріал, металеві конструкції.

EKATERINA KAPUSTINA

APPLICATION OF COMPOSITE POLYMERIC MATERIALS IN  
STRENGTHENING OF METAL STRUCTURES WORKING ON BENDING  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The article substantiates the relevance of the research topic. The main damage to metal structures has been given. The main composite materials used in construction have been considered. It has been given the largest manufacturers of composite materials, whose products presented on the Russian market. Comparative analysis of the characteristics of these materials has been carried out. The advantages and disadvantages of the described materials in strengthening of steel structures have been given.

**Key words:** strengthening, carbon fibers, composite material, metal structures.

**Капустина Екатерина Павловна** – ассистент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование прочности и деформативности металлических конструкций, усиленных композиционными полимерными материалами на основе углеродного волокна.

**Капустіна Катерина Павлівна** – асистент кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження міцності та деформативності металевих конструкцій, посилені полімерними композиційними матеріалами на основі вуглецевого волокна.

**Kapustina Ekaterina** – assistant, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: investigation of the strength and deformability of steel structures, reinforced composite polymer materials based on carbon fibers.

УДК 624.014.2

**С. В. КОЖЕМЯКА, А. В. КРУПЕНЧЕНКО**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ  
СТАЛЬНЫХ ПОДКРАНОВЫХ БАЛОК С УЧЕТОМ ДЕФЕКТОВ И  
ПОВРЕЖДЕНИЙ**

**Аннотация.** В представленной статье авторами проанализированы существующие методики определения напряженно-деформируемого состояния подкрановых балок. В большинстве существующих методик основное внимание уделяется разработке и принятию конструктивных решений с целью обеспечения надежности и долговечности подкрановых конструкций. Рассмотренные методики оценки напряженно-деформированного состояния конструкций учитывают влияние одного несовершенства. Анализ отчетов по обследованию стальных подкрановых конструкций выявил вероятность появления сочетаний дефектов. В результате определено, что нет методики определения напряженно-деформируемого состояния подкрановых балок, которая отражает действительное состояние подкрановых конструкций с учетом всех значимых дефектов и повреждений.

**Ключевые слова:** подкрановые балки, напряженно-деформированное состояние, усталостные трещины.

Восстановление несущей способности строительных конструкций – основная задача, решаемая при ремонте и реконструкции зданий и сооружений. В промышленных зданиях самые повреждаемые конструкции – подкрановые балки, особенно для мостовых кранов с режимом работы 7К-8К. Обусловлено это циклическими знакопеременными нагрузками, при которых характерно интенсивное накопление повреждаемости, усталостные трещины.

С момента появления сварных подкрановых балок остается проблема появления усталостных трещин. Эту задачу пытались решить путем уточнения действительной работы подкрановых балок и конструктивными изменениями. Созданием новых конструктивных форм подкрановых конструкций и рельсов занимались А. С. Довженко, Н. С. Москалев, Е. И. Беленя, Н. С. Стрелецкий, В. А. Горпинченко, И. И. Ведяков, К. К. Нежданов, А. И. Кикин, А. Ф. Сабуров, Б. Н. Васюта, И. В. Попченков, В. В. Мысак, М. А. Карев и другие исследователи.

Исследования несущей способности подкрановых балок можно разделить на три этапа:

- работы 1960-х годов, связанные с анализом напряженно-деформированного состояния (НДС) методами строительной механики и поиском оптимальных конструктивных решений с определением базовых типоразмеров по данным статистической информации о причинах отказов;
- системные исследования причин отказов в 1980–1990-х годах в связи с оценками долговечности в рамках классических методов теории усталости;
- в 2000-х годах детальный анализ предельных состояний, живучести и остаточного ресурса по данным технического диагностирования, оптимальных конструктивных форм на базе методов механики разрушения.

Долговечность сварных подкрановых балок определяется усталостным ресурсом верхней зоны стенки у поясного шва. Именно в поясном шве и верхней зоне стенки чаще всего появляются усталостные трещины. Нормативные документы запрещают работу стальных конструкций с трещинами. Однако опыт показывает, что подкрановые балки продолжают работать при наличии этих дефектов. Для подкрановых балок тяжелого и особо тяжелого режимов работы, которые имеют усталостные трещины, возможен ремонт как временное средство для продления срока их эксплуатации. Практика показывает, что подкрановые конструкции, в том числе и тяжелого и особо тяжелого режима

работы, продолжают эксплуатироваться после ремонта довольно длительное время. До выполнения работ по продлению срока эксплуатации необходимо оценить техническое состояние и определить напряженно-деформированное состояние (НДС) конструкции.

На данный момент существует несколько методик анализа НДС подкрановой балки с учетом дефектов и повреждений.

В. В. Москвичев, Е. А. Чабан в своей работе [1] в качестве основной характеристики для оценки сложного напряженного состояния принимают значения интенсивности напряжений для случаев эксцентричного приложения нагрузки 15 и 30 мм и без эксцентриситета. При проведении численного эксперимента применялся программный комплекс ANSYS 5.7.

В результате численного анализа напряженно-деформированного состояния стенки ПБ авторы установили следующие закономерности: НДС стенки существенно зависит от величины эксцентриситета приложения крановой нагрузки; уровень интенсивности напряжений, возникающих в стенке балки, зависит от места приложения крановой нагрузки по длине балки; по толщине стенки возникает неоднородное напряженное состояние, степень неоднородности которого зависит от величины эксцентриситета. Влияние эксцентриситета приложения крановой нагрузки, а также установленные особенности НДС стенки подкрановой балки могут являться основными отказообразующими факторами, приводящими к возникновению аварийных ситуаций.

В. Е. Овсянников [2] предлагает для объективной оценки состояния подкрановых балок внедрить аппарат прогнозирования их повреждаемости с учетом текущего состояния, времени эксплуатации и характера нагружения. Оценка состояния конструкции определяется по параметрам отклонения от прямолинейности: производятся измерения высотных отметок, проводится базовая плоскость, вычисляются действительные высотные отметки. Далее в среде MathCad выполнены расчеты согласно методике изложенной в рекомендациях по устройству и безопасной эксплуатации наземных крановых путей. В результате получена вероятность появления усталостных трещин, прогнозируемое среднее количество и прогнозируемый рост усталостных трещин в верхней зоне стенки.

Работы Н. С. Стрелецкого и М. Я. Леонова показывают, что при расчете строительных конструкций по предельным состояниям сложилась парадоксальная ситуация, когда метод предельных состояний включает в себя образование трещин и разрушение, а классическая линейная механика разрушения (ЛМР) не приспособлена к определению нагрузок трещинообразования.

В. К. Востров занимался развитием ЛМР [3] до уровня применения в расчетах прочности, конструктивной безопасности и живучести строительных металлоконструкций по методу предельных состояний, включающему в структуру предельных состояний трещинообразование и разрушение. Существенным элементом научной новизны этой работы является разработка критериев и методов расчета перехода локальных зон элементов металлоконструкций с произвольными концентраторами напряжений и трещинами в хрупкие состояния и расчет соответствующих предельных и критических нагрузок.

И. П. Фомина и А. И. Голоднов [4] используют комплексную методику оценки напряженно-деформированного состояния конструкций на основе результатов визуального и инструментального обследования и методов математического моделирования, методов конечных элементов, технического состояния конструкции. Предложена методика расчета остаточного ресурса стальных подкрановых балок с учетом коррозионного повреждения.

Конструктивными изменениями подкрановой системы занимался Г. В. Калашников [5] и частично реализовал идеи профессора В. Ф. Сабурова. Значительно увеличить срок службы подкрановых балок позволило исключение сварки и установка поперечных ребер жесткости на высокопрочных болтах, крепление «тормозного» листа к верхнему поясу подкрановой балки и выполнение монтажных стыков балок на высокопрочных болтах. Разработан принципиально новый узел крепления неразрезных подкрановых балок к колонне. При уточнении нагрузок и определении локальных напряжений в стенке подкрановой балки предложено вертикальное усилие от одного катка, увеличивать на коэффициент, равный 1,8 для кранов с режимом работы 8К и жестким подвесом груза, 1,7 для кранов с режимом работы 8К и гибким подвесом груза и 1,6 для кранов с режимом работы 7К. Коэффициент надежности по нагрузке для кранов с режимом работы 7К и 8К предложено принять 1,2.

Один из эффективных путей повышения долговечности элементов конструкции подкрановых балок, по мнению В. В. Евдокимова, Е. А. Щербакова [8] – применение новых конструктивных решений узлов, обладающих более высоким расчетным сопротивлением усталости. В работе вышеуказанных авторов рассмотрены конструктивные решения узлов крепления поперечных ребер жесткости к стенке и верхней полке подкрановых балок, крепления «тормозного» листа к верхнему поясу и

горизонтальных связей к нижнему поясу балок, а также монтажных стыков подкрановых балок, выполненных на высокопрочных болтах (сдвигоустойчивые соединения). В качестве поперечных ребер жесткости предлагается использовать неравнобокие уголки, устанавливаемые кососимметрично относительно стенки и приваренные к ней, использование поясов из тавров, полученных роспуском прокатных двутавров, а крепление ребер к верхнему поясу балки выполнять на высокопрочных болтах.

Группой ученых – К. И. Еремин, В. В. Епишков, В. А. Плотников, Н. В. Смовж [6] изучено напряжённо-деформированное состояние подкрановых балок длиной 18 м на действующем предприятии. Были выделены зоны исследования напряжённо-деформированного состояния. Несмотря на обнаруженные трещины, обследование и проведённые эксперименты показали, что в целом подкрановые балки находятся в частично работоспособном состоянии.

Моделированием трещины с помощью суперэлементов в вычислительном комплексе «Лира Windows» занимались А. И. Давиденко, В. В. Стоянов [7]. Целью расчетов являлось сопоставление коэффициентов интенсивности напряжений в элементах с трещиной в подкрановой балке и элементов с холстом из углеродных волокон, наклеенных на указанную трещину, расположенную в околошовной зоне, а также выяснение возможности распространения трещины при дальнейшей эксплуатации. Решение по переходу от крупноразмерных конечных элементов к мелкоразмерным выполнено с использованием метода суперэлементов. Наклеивание углеродных волокон приводит не только к снижению напряжений в вершине трещины, но и к повышению трещиностойкости конструкции в целом, остановке роста трещины, а методика и результаты расчета позволяют обоснованно решать вопросы оценки трещиностойкости конструкций.

Нормативные документы Российской Федерации допускают временную эксплуатацию подкрановых балок с усталостными трещинами в верхней зоне стенки подкрановой балки [9]. При этом циклический ресурс балок на стадии роста усталостных трещин сопоставим с ресурсом от начала эксплуатации до появления визуально обнаруживаемых усталостных трещин. В европейских нормах проектирования также упоминается о том, что появление трещины не обязательно означает конец срока эксплуатации подкрановых балок, они должны ремонтироваться [10]. Оценка сопротивления усталости выполняется по пределу выносливости для номинальных размахов напряжений цикла, определяемых по графикам сопротивления усталости, приведенным в [10]. Предел выносливости и предел повреждаемости определяется по категории элемента, которая в свою очередь зависит от описания элемента конструкции и характера соединения.

При расчетах на выносливость стальных конструкций [11] определяется накопление усталостных повреждений за определенное время. Определение граничнодопустимого количества циклов зависит от группы элемента, схемы элемента и расположения расчетного сечения.

В руководстве по определению индивидуального ресурса стальных подкрановых балок [13] трещины сгруппированы по местоположению, есть рекомендации о порядке и последовательности выполнения работ по оценке технического состояния стальных подкрановых конструкций.

Анализ работ по определению напряженно-деформируемого состояния подкрановых балок с дефектами и повреждениями показал, что их авторы рассматривали конструкцию с одним дефектом (коррозионный износ, трещина, нелинейность). В основном приводятся рекомендации для наиболее часто встречающихся и наиболее опасных дефектов – усталостных трещин.

В руководстве по восстановительному ремонту подкрановых конструкций [15] дефекты и повреждения (несовершенства) разделены на три категории в зависимости от степени опасности для дальнейшей эксплуатации. К категории А относят дефекты и повреждения основных несущих элементов и узлов, представляющих непосредственную опасность для дальнейшей эксплуатации конструкции (усталостные трещины в верхней зоне стенки и сварных швах, коррозионный износ более 20 %, ослабление болтовых соединений более 30 %, значительное, более 20 %, разрушение соединения балки и тормозной конструкции, разрушение элементов опорных узлов). При обнаружении таких дефектов и повреждений рекомендуют остановить эксплуатацию.

При появлении дефектов и повреждений категории Б (смещение элементов, искривления, коррозионный износ менее 20 %, ослабление отдельных болтов) происходит перераспределение усилий. По мере развития такие повреждения могут привести к переходу конструкции подкрановой балки в категорию А.

Не снижают прочность дефекты и повреждения категории В (местные повреждения тормозных листов, связей и упоров, ослабление монтажных болтов, разрушение защитных покрытий). Однако эти дефекты влияют на долговечность и могут привести конструкции подкрановой балки в состояние категории Б.

Для каждого из описанных дефектов и повреждений рекомендовано несколько вариантов мероприятий по их устранению. Оговорено, что выбор способа усиления определяется общим техническим состоянием подкрановой балки, но метода определения этого состояния, учитывая сочетания всех несовершенств, нет.

Статистический анализ отчетов по обследованию стальных подкрановых конструкций выявил наиболее вероятные появления сочетаний дефектов [12]. В работе [14] рассмотрены основные методы усиления стальных подкрановых балок с учетом наиболее часто встречающихся групп дефектов и повреждений. Предложено описывать состояние конструкций совокупностью дефектов и повреждений, обнаруженных при обследовании.

Анализ работ по обследованию подкрановых балок показал, что наиболее часто встречаются такие сочетания дефектов:

- 1) коррозионный износ стенки подкрановой балки, погиби верхнего пояса, отсутствие (ослабление) болтов крепления подкрановых балок к колоннам или между собой, разрушение сварного шва крепления тормозного листа к верхнему поясу балок;
- 2) погиби верхнего пояса, отсутствие (ослабление) болтов крепления подкрановых балок к колоннам или между собой, трещины в верхней зоне стенки;
- 3) трещины в верхней зоне стенки и сварном шве в зоне опирания, ослаблены или отсутствуют болты;
- 4) трещины в сварном шве между опорным ребром и нижнем поясом, коррозия сечения, ослаблены или отсутствуют болты соединения балок.

## ВЫВОДЫ

Построены уравнения регрессии стоимости и трудоемкости усиления для различных случаев состояния подкрановых конструкций, но нет оценки.

Существующие методики по определению напряженно-деформируемого состояния (НДС) подкрановых балок не учитывают комплексное влияние сочетаний дефектов и повреждений, не оценивается НДС балок до и после выполнения усиления.

Необходимо разработать методику оценки НДС подкрановых балок, которая позволит установить действительное состояние подкрановых конструкций с учетом комплексного влияния выявленных несовершенств.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Москвичев, В. В. Исследование напряженно-деформированного состояния подкрановых балок в штатных режимах эксплуатации [Текст] / В. В. Москвичев, Е. А. Чабан // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. – 2016. – № 9(4). – С. 572–584.
2. Овсянников, В. Е. Некоторые аспекты оценки состояния подкрановых балок [Текст] / В. Е. Овсянников // Вестник Курганского государственного университета. Серия : Технические науки. – 2011. – Вып 6, № 1(20). – С. 3–5.
3. Востров, В. К. Прочность, трещиностойкость и конструктивная безопасность строительных металлоконструкций на базе развития линейной механики разрушения [Текст] : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.23.01 / Востров Владимир Кузьмич. – М., 2009. – 53 с.
4. Фомина, И. П. Обоснование продления срока эксплуатации стальных балок [Текст] / И. П. Фомина, А. И. Голоднов // Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського. – 2013. – Выпуск 11. – С. 140–147.
5. Калашников, Г. В. Настоящее и будущее подкрановых балок [Текст] / Г. В. Калашников // Монтажные и специальные работы в строительстве. – 2007. – № 7. – С. 2–9.
6. Изучение напряженно-деформированного состояния подкрановых конструкций [Электронный ресурс] / К. И. Еремин, В. В. Епишков, В. А. Плотников, Н. В. Смовж // Градостроительство, прогрессивные строительные конструкции, технологии, инженерные системы: Межвуз. сб. науч. тр. / Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова ; отв. ред. В.С. Баталов. – Магнитогорск : МГТУ, 2000. – С. 65–71.
7. Давиденко, А. И. Исследование методом математического моделирования повышения трещиностойкости подкрановой балки в районе трещины с углепластиковой накладкой [Текст] / А. И. Давиденко, В. В. Стоянов // Металлические конструкции. – 2008. – Том 14, № 4. – С. 245–251.
8. Евдокимов, В. В. К вопросу повышения расчетной долговечности элементов конструкции подкрановых балок [Текст] / В. В. Евдокимов, Е. А. Щербаков // Промышленное и гражданское строительство. – 2008. – № 5. – С. 18–21.

9. СТО 22-05-04. Руководство по определению индивидуального ресурса стальных подкрановых балок с усталостными трещинами в стенках для допущения их временной эксплуатации [Текст]. Часть 1. Основные положения (предназначено для экспертов). – Новосибирск : [б. и.], 2004. – 32 с.
10. Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций [Текст]. Часть 1–9. Усталостная прочность. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 43 с.
11. ДБН В.2.6-163:2010. Конструкції будівель і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу [Текст]. – На заміну СНиП II-23-81\* окрім розділів 15\*-19, СНиП III-18-75 окрім розділів 3–8, СНиП 3.03.0187 у частині, що стосується сталевих конструкцій окрім п.п. 4.78-4.134 ; чинні від 2011-12-01. – К. : Мінергобуд України, 2011. – 127 с.
12. Кожемяка, С. В. Оценка состояния подкрановых балок в процессе длительной эксплуатации [Текст] / С. В. Кожемяка, А. В. Крупенченко // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения : материалы Международных академических чтений РААСН / Под ред. С. И. Меркулова [и др.]. – Курск : Курский государственный университет, 2016. – С. 116–122.
13. СТО 22-05-04. Руководство по определению индивидуального ресурса стальных подкрановых балок с усталостными трещинами в стенках для допущения их временной эксплуатации [Текст]. Часть 1. Основные положения. – Новосибирск : [б. и.], 2004. – 22 с.
14. Крупенченко, А. В. Технология усиления стальных подкрановых балок с учетом выявленных дефектов [Текст] / А. В. Крупенченко // Містобудування та територіальне планування / КНУБА. – К., 2013. – Вип. № 48. – С. 227–232.
15. Руководство по восстановительному ремонту подкрановых конструкций [Текст] / Министерство металлургии СССР. – М. : Министерство металлургии СССР, 1991. – 118 с.

Получено 05.10.2017

**С. В. КОЖЕМЯКА, Г. В. КРУПЕНЧЕНКО**  
**ОЦІНКА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СТАЛЕВИХ**  
**ПІДКРАНОВИХ БАЛОК З УРАХУВАННЯМ ДЕФЕКТІВ І ПОШКОДЖЕНЬ**  
**ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»**

**Анотація.** У представленій статті авторами проаналізовано існуючі методики визначення напружено-деформованого стану підкранових балок. У більшості існуючих методик основна увага приділяється розробці і прийняттю конструктивних рішень з метою забезпечення надійності і довговічності підкранових конструкцій. Розглянуті методики оцінки напружено-деформованого стану конструкцій враховують вплив однієї недосконалості. Аналіз звітів із обстеження сталевих підкранових конструкцій виявив ймовірність появи поєднань дефектів. В результаті визначено, що немає методики визначення напружено-деформованого стану підкранових балок, яка відображає дійсний стан підкранових конструкцій з урахуванням всіх значущих дефектів і пошкоджень.

**Ключові слова:** підкранові балки, напружено-деформований стан, втомні тріщини.

**SERGEY KOZHEMYAKA, ANNA KRUPENCHENKO**  
**ESTIMATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF STEEL CRANE GIRDERS**  
**TAKING INTO ACCOUNT DEFECTS AND DAMAGES**  
**Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture**

**Abstract.** In the presented article, the authors analyzed the existing methods for determining the stress-strain state of crane girders. Most of the existing methods focus on the development and adoption of design solutions to ensure the reliability and durability of crane structures. The considered methods for estimating the stress-strain state of structures take into account the influence of one imperfection. Analysis of reports on the inspection of steel crane structures revealed the probability of combinations of defects. As a result, it is determined that there is no technique for determining the stress-strain state of crane girders, which reflects the actual state of crane structures with all significant defects and damages taken into account.

**Key words:** cranial beams, stress-strain state, fatigue cracks.

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

**Крупенченко Анна Викторовна** – 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.

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

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

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

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



УДК 621.878.2

**В. В. ТАРАН, Л. С. ЩУКИНА, Д. Д. ПАРАХИН**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ПОГРУЖЕНИЯ СВАЙ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ**

**Аннотация.** Статья направлена на рассмотрение актуальных проблем, связанных с устройством свайных фундаментов в вечномёрзлых грунтах. В таких условиях невозможно устройство фундаментов мелкого заложения. Это связано с показателями сил морозного пучения, которые, в свою очередь, обусловлены глубиной сезонного промерзания грунта. Использование свайного фундамента является оптимальным решением для вечномёрзлых грунтов. В статье представлены два самых распространенных способа погружения свай, которые широко применяются при строительстве в условиях крайнего Севера. Приведены преимущества и недостатки обоих способов. Приведено обоснование применения одного из способов погружения свай на примере возведения объекта.

**Ключевые слова:** свайный фундамент, вечномёрзлый грунт, буроопускной, бурозабивной.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Север и северо-восток России – это на 60 % почвы, которые находятся в состоянии вечной мерзлоты. Погружение свай в вечномёрзлые грунты связано с прогревом околосвайного грунта, вследствие чего, возникает необходимость восстановления расчетных отрицательных температур околосвайных грунтов. Возведение фундамента нередко длится месяцами. Соответственно, от принятого решения по применению того или иного способа погружения свай зависит общая продолжительность строительства здания или сооружения. Преждевременное же возведение конструкций объекта и передача нагрузки на сваи могут привести к его неравномерным деформациям и даже разрушению. В связи с этим выбор способа возведения фундаментов на вечномёрзлых грунтах является актуальным.

### **ЦЕЛИ**

Целью данной статьи является сравнение и анализ эффективности применения одного из способов погружения свай в вечномёрзлое основание, определение преимуществ и недостатков на примере существующего объекта.

В условиях крайнего Севера применяют виды и конструкции свай в соответствии с [1], в том числе буронабивные, сваи-оболочки, а также составные (комбинированные) сваи из разных материалов. При их устройстве нет необходимости в трудоемких и затратных по времени работах по подготовке траншей и котлована. Свайные фундаменты обеспечивают возможность максимальной механизации работ. Сооружение фундамента этого типа можно проводить в течение всего года. Фундаменты из свай не проседают, не перекашиваются при глубоком оттаивании почв.

Организация и технология устройства свайных фундаментов зависит от многих факторов. Но, так или иначе, при погружении свай в вечномёрзлые грунты основной, наиболее дорогостоящей, трудоемкой и продолжительной частью работ является подготовка скважин. В настоящее время применяются механические, тепловые и комбинированные способы подготовки скважин для погружения свай. Вечномёрзлые грунты в естественном состоянии часто даже на одной строительной площадке неоднородны по составу и имеют различную температуру по глубине и в плане. Поэтому при строительстве на вечномёрзлых грунтах, в пределах застраиваемой территории, предусматривают один принцип использования вечномёрзлых грунтов в качестве оснований:

© В. В. Таран, Л. С. Щукина, Д. Д. Парахин, 2017

- принцип I – грунты используются в мерзлом состоянии, сохраняемом в процессе строительства и в течение всего периода эксплуатации сооружения (этот принцип регламентируется [2]);
- принцип II – вечномерзлые грунты основания используются в оттаянном или оттаивающем состоянии (с их предварительным оттаиванием на расчетную глубину или с допущением их оттаивания в период эксплуатации сооружения, для расчетов используется [1]).

По условиям применимости и способам погружения в вечномерзлый грунт сваи подразделяются на:

- буроопускные;
- опускные;
- бурозабивные;
- бурообсадные.

В данной статье для сравнения рассматриваются два основных способа погружения свай: буроопускной и бурозабивной.

#### *Буроопускной способ погружения свай*

Сваи погружают в предварительно пробуренные скважины, диаметр которых не менее чем на 15 см превышает наибольшие размеры поперечного сечения свай, с заполнением свободного пространства грунтовым, цементно-песчаным или другим раствором.

При использовании вечномерзлых грунтов по принципу I подсыпку следует выполнять, как правило, в зимний период после промерзания сезонно оттаявшего слоя грунта (не менее чем на 0,2 м). На участках с сильно льдистыми грунтами и подземными льдами следует устраивать сплошные по площади теплоизолирующие подсыпки.

Буроопускные сваи следует применять в твердомерзлых и пластичномерзлых грунтах, в том числе содержащих крупнообломочные включения, при средней температуре вечномерзлых грунтов по длине свай  $-0,5^{\circ}\text{C}$  и ниже. При средней температуре грунтов выше  $-0,5^{\circ}\text{C}$  для погружения буроопускных свай требуется искусственное охлаждение грунтов. Нижний торец буроопускных свай обычно устраивается плоским (без острия). Погружать сваи рекомендуется непосредственно после бурения скважины. Во всех случаях не следует допускать замерзания попавшей в скважину воды перед установкой свай. Образовавшийся в скважине лед обязательно должен быть удален перед установкой свай.

**К преимуществам** буроопускного способа погружения свай следует отнести возможность его применения почти при всех мерзлотно-грунтовых условиях. Кроме того, при этом способе можно применять сваи различного поперечного сечения и разной длины, в том числе составные и комбинированные из разных материалов. Другие достоинства этого способа: малая вероятность повреждений при погружении; точность установки свай по глубине (при ее вывешивании); возможность применения растворов, повышающих несущую способность свай по грунту и защищающих верхнюю часть свай от морозного разрушения; возможность охлаждения грунтов основания через скважины, подготовленные для погружения свай.

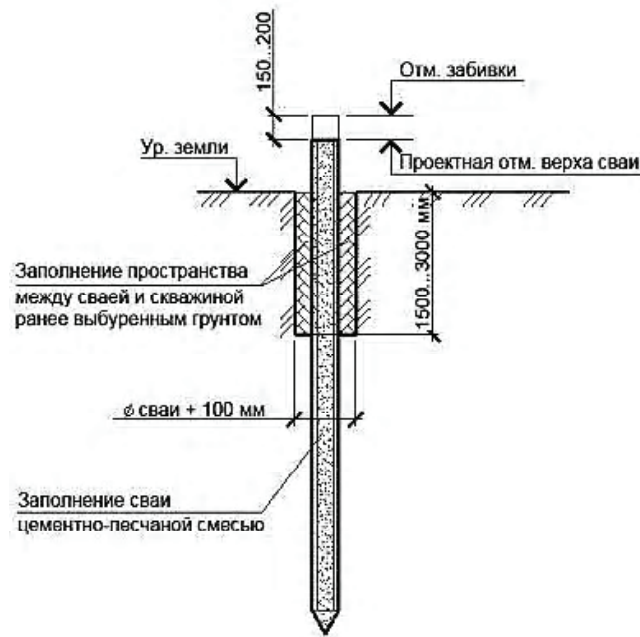
**К недостаткам** способа относятся: высокая стоимость и трудоемкость бурения скважин, большой объем бурения, значительно превышающий объем свай, необходимость приготовления, подвоза и заливки в скважину грунтового раствора, т. е. «мокрые процессы».

#### *Бурозабивной способ погружения свай*

Бурозабивной способ погружения свай (рис.) в вечномерзлые грунты (бурозабивные сваи) заключается в том, что сваи забиваются в предварительно пробуренные скважины-лидеры, диаметр которых на 1–2 см меньше диаметра свай. Способ рекомендуется применять в пластичномерзлых грунтах, кроме случаев, когда в грунте содержатся крупнообломочные включения.

Если возможность погружения бурозабивных свай подтверждается пробными сваями, применение их допускается при мерзлотно-грунтовых условиях. В этих случаях буро-забивные сваи допускается применять в пластичномерзлых грунтах с содержанием крупнообломочных включений до 10 % и с температурой грунта не ниже  $-0,3^{\circ}\text{C}$  для пылеватых песков,  $-0,8^{\circ}\text{C}$  для супесей,  $-1^{\circ}\text{C}$  для суглинков и  $-1\div-2^{\circ}\text{C}$  – для глин. При большем количестве крупнообломочных включений (до 20 %) погружение бурозабивных свай возможно, если температура грунтов на  $0,3\text{--}0,5^{\circ}\text{C}$  выше указанных.

В районах с пластичномерзлыми грунтами бурозабивные сваи можно применять в течение всего года. Если бурозабивные сваи погружаются в зимнее и весеннее время, верхняя часть скважины проходит в твердомерзлых грунтах и поэтому в пределах 1,5–3,0 м от поверхности должна иметь диаметр, превышающий диагональ поперечного сечения свай.



**Рисунок** – Схема погружения свай бурозабивным способом.

Скважина перед погружением бурозабивной сваи должна быть тщательно очищена от попавших в нее воды, грязи, льда и снега. Образование под торцом сваи гидравлической или грунтовой пробки препятствует погружению сваи до проектной глубины. Оставшийся же под торцом сваи талый грунт или вода, замерзая, могут выпучить сваю.

Достоинства бурозабивного способа погружения свай: незначительный обогрев вечномерзлых грунтов оснований и быстрое вмерзание свай; точность погружения свай в плане, которое обеспечивается точностью расположения скважин; уменьшение объема буровых работ в 2,0–2,5 раза по сравнению с буроопускным способом (при квадратном поперечном сечении свай); не требуется применения грунтовых растворов для заполнения скважин, т. е. отсутствуют мокрые процессы; увеличение несущей способности свай по сравнению с буроопускными сваями при заполнении пазух глинистым раствором.

Недостатки способа: применение только в пластичномерзлых грунтах; сложность погружения свай до проектных глубин; частые поломки свай при попытках забить их до проектных отметок; повышенные требования к точности размеров и качеству подготовки скважин; ограниченные условия применения и усложнение производства работ.

Для более наглядного рассмотрения этих двух способов мы обратимся к экономической составляющей процесса производства работ на примере реально существующего объекта. Объект, в физико-географическом отношении, расположен в северной части Западной Сибири, в лесотундровой равнинной зональной области, в 50 км южнее Полярного круга. Территория зоны сплошной и прерывистой мерзлоты, в очень сильной степени заболочена и заозерена. Местность с тундровой растительностью, небольшими участками с угнетенным лесом, болотами и озерами. По сложности инженерно-геологических условий территория относится к III категории, с плохой проходимостью.

Разрез, на глубину пробуренных скважин по площадкам и трассам, представлен преимущественно глинистыми грунтами. На поверхности всех геоморфологических элементов вскрыты современные болотные отложения различной мощности. В связи с освоением территории строительством площадок промысловых скважин и коммуникаций широко распространены насыпные грунты, современные техногенные образования.

Геологическое строение характеризуется значительной неоднородностью по площади и по глубине, частыми фаціальными замещениями грунтов, слагающих разрез. Минералогический состав грунтов характеризуется сходством поверхностных и подстилающих отложений, что обусловлено выположенностью рельефа, малыми уклонами и отсутствием дальности транспортировки. Грунтовая толща, при использовании свайных фундаментов, по однородности грунтов, по условиям залегания и свойствам

относится к третьей категории – многослойная по составу, неоднородная по свойствам, с невыдержанными границами и выклиниванием слоев (приложение Б [1]).

На данном объекте последовательно возводились две идентичные площадки, для которых необходимо было запроектировать эстакады. Различие заключалось в месторасположении и инженерно-геологических условиях грунта. Под опоры каждой из эстакад погружалось по 315 свай. На первой площадке было принято решение использовать бурозабивной способ. Для второй площадки было принято решение о замене способа на буроопускной. При том же количестве свай изменение способа привело к снижению стоимости на 19,22 %. Однако следует добавить, что буроопускной способ включает в себя «мокрые процессы», которые не учитываются при составлении сметы и являются достаточно трудоемкими.

## ВЫВОДЫ

Сравнение преимуществ и недостатков каждого из рассматриваемых способов показало эффективность их применения для вечномерзлых грунтов. Принятие буроопускного способа взамен бурозабивного обусловлено низкими значениями температур в толще грунта. На глубине 11 м зафиксирована температура грунта  $-1,3^{\circ}$ . Также наличие в основании пластичномёрзлой супеси в сезон оттаивания грунтов может помешать забивке свай. В связи с этим было принято решение о замене способа погружения.

Для рационального выбора способа погружения свай необходимо учитывать состав грунта, наличие грунтовых вод и их агрессивность, температуру грунта, влажность и льдистость. И затем, проанализировав все факторы, принимать решения, какому способу погружения отдать предпочтение.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты [Текст]. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. – Введ. 2011-05-20. – М. : Минрегион России, 2011. – 86 с.
2. СП 25.13330.2012. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах [Текст]. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88. – Введ. 2013-01-01. – М. : Минрегион России, 2012. – 118 с.
3. Вялов, С. С. Проходка скважин и погружение свай в вечномерзлые грунты [Текст] / С. С. Вялов, Ю. О. Таргулян // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1968. – № 2. – С. 1–31.
4. Гончаров, Ю. М. Производство свайных работ на вечномерзлых грунтах [Текст] / Ю. М. Гончаров, Ю. О. Таргулян, С. Х. Вартаков ; под ред. Ю. О. Таргуляна. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Ленинград : Стройиздат, Ленинградское отд-ние, 1981. – 160 с. – (Повышение мастерства рабочих строительства и промышленности строительных материалов).
5. Ерошенко, В. Н. Свайные фундаменты в пластичномёрзлых грунтах [Текст] / В. Н. Ерошенко. – М. : Стройиздат, 1972. – 175 с.
6. Полуэктов, В. Е. Устройство фундаментов в вечномерзлых грунтах [Текст] / В. Е. Полуэктов. – Л. : Стройиздат, 1982. – 111 с.
7. Порхаев, Г. В. Повышение эффективности устройства свайных фундаментов в мерзлых грунтах [Текст] / Г. В. Порхаев, Ю. О. Таргулян ; Госстрой СССР. Центр. науч.-исслед. и проектно-эксперим. ин-т организации, механизации и техн. помощи стр-ву. Бюро внедрения. – Москва : Стройиздат, 1972. – 63 с.

Получено 08.20.2017

В. В. ТАРАН, Л. С. ЩУКІНА, Д. Д. ПАРАХІН  
 ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ЗАНУРЕННЯ ПАЛЬ В СКЛАДНИХ  
 УМОВАХ  
 ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** Стаття спрямована на розгляд актуальних проблем, пов'язаних з улаштуванням пальових фундаментів у вічномерзлих грунтах. У таких умовах неможливе влаштування фундаментів мілкового закладення. Це пов'язано з показниками сил морозного здимання, які, в свою чергу, обумовлені глибиною сезонного промерзання ґрунту. Використання пальового фундаменту є оптимальним рішенням для вічномерзлих ґрунтів. У статті представлені два найпоширеніші способи занурення паль, які широко застосовуються при будівництві в умовах крайньої Півночі. Наведено переваги і недоліки обох способів. Наведено обґрунтування застосування одного із способів занурення паль на прикладі зведення об'єкта.

**Ключові слова:** пальовий фундамент, вічномерзлий ґрунт, буроопускний, буро забивний.

VALENTINA TARAN, LILIA SHCHUKINA, DMITRII PARAKHIN  
SELECTION AND JUSTIFICATION OF THE WAY OF PILING IN DIFFICULT  
CONDITIONS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The article is aimed at consideration of actual problems related to the installation of pile foundations in permafrost soils. In such conditions, it is impossible to build a foundation of small foundations. This is due to the indicators of frost heave forces, which, in turn, are due to the depth of seasonal freezing of the soil. The use of pile foundation is the optimal solution for permafrost soils. The article presents the two most common methods of piling, which are widely used in construction in the extreme North. Advantages and disadvantages of both methods are given. The substantiation of application of one of methods of immersing of piles on an example of erection of object is resulted.

**Key words:** pile foundation, permafrost, drilling, boring.

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

**Щукина Лилия Сергеевна** – магистр кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: повышение эффективности устройства свайных фундаментов в сложных условиях.

**Парахин Дмитрий Дмитриевич** – магистрант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: повышение эффективности устройства свайных фундаментов в сложных условиях

**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.

**Щукіна Лілія Сергіївна** – магістр кафедри технології і організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: підвищення ефективності улаштування пальових фундаментів в складних умовах.

**Парахин Дмитро Дмитрович** – магістрант кафедри технології і організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: підвищення ефективності улаштування пальових фундаментів в складних умовах

**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.

**Shchukina Lilia** – master, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improving the efficiency of pile foundations in frozen soils.

**Parakhin Dmitrii** – master student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improving the efficiency of pile foundations in frozen soils.

УДК 624.166

**Н. С. НОВИКОВ, А. М. ЮГОВ**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **УСТРОЙСТВО ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ КОТЛОВАНА С КОНТРФОРСАМИ**

**Аннотация.** Не прекращается работа над созданием прогрессивных конструктивных и технологических решений подземных сооружений, которые обеспечивают защиту окружающей застройки при возведении новых объектов. Одной из современных технологий, находящей все более широкое применение при строительстве городских подземных транспортных сооружений мелкого заложения, а также подземных этажей административных и жилых зданий, является технология контрфорсной «стены в грунте».

**Ключевые слова:** ограждение котлована, контрфорсная «стена в грунте», форшахта, траншея, вертикально перемещаемая труба.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Устройство глубоких котлованов в крупных городах за последнее десятилетие приняло массовый характер. Использование способов креплений может сопровождаться негативным воздействием, вызывающим дополнительные осадки на существующие здания, расположенные в непосредственной близости от места возведения строящегося здания. Публикация посвящена современным методам устройства «стены в грунте», используемым при укреплении ограждения стенок котлованов.

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

Укрепление ограждения котлованов с помощью «стены в грунте» является актуальной проблемой. Вопросам безопасного укрепления ограждения стенок котлованов контрфорсами посвящены труды многих известных учёных и инженеров: А. В. Стаин [1], Д. С. Конюхов [2], В. В. Латута [4].

### **ЦЕЛИ**

Провести анализ укрепления ограждения стенок котлованов с помощью контрфорсной «стены в грунте».

### **ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**

При возведении зданий в условиях стесненной городской застройки для обеспечения вертикальности стенок устройство глубоких котлованов производится под защитой ограждающих конструкций. Во многих случаях в качестве ограждения котлована применяют «стену в грунте». За рубежом для создания ограждений котлованов в последние годы стала применяться контрфорсная «стена в грунте» [1].

В качестве примера эффективного использования конструкций можно привести устройство котлована культурно-выставочного центра в Монако глубиной 25 м под защитой «стены в грунте» с контрфорсами (рис. 1). Наличие у стены контрфорсов существенно повысило её жесткость и устойчивость, что позволило отказаться от дополнительных способов крепления стены анкерной или распорной крепью.

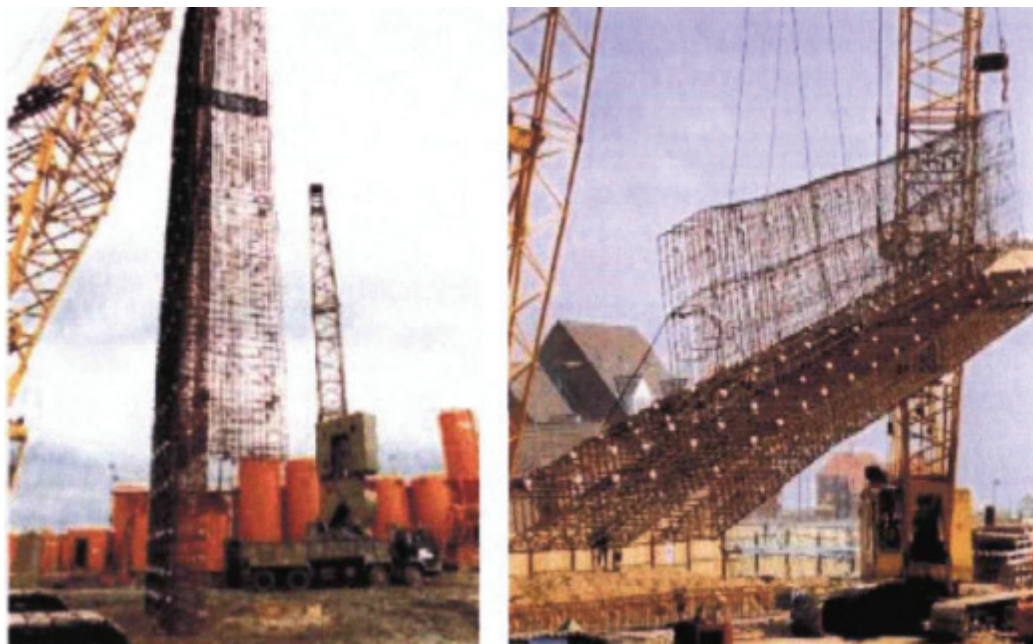
Контрфорсная «стена в грунте» состоит из конструкции Т-образных железобетонных элементов. В зависимости от способа изготовления этих элементов и объединения их между собой различают





**Рисунок 1** – Устройство ограждающих конструкций котлованов с контрфорсами [4].

монолитные, сборно-монолитные и сборные контрфорсные «стены в грунте» [2]. При устройстве монолитных контрфорсных «стен в грунте» в каждую захватку траншеи опускают Т-образные арматурные каркасы, а затем осуществляют бетонирование (рис. 2).



**Рисунок 2** – Монтаж Т-образного арматурного каркаса для контрфорсной «стены в грунте» [4].

Сборно-монолитная контрфорсная «стена в грунте» технологически состоит из процесса опускания в траншею сборных Т-образных железобетонных элементы с последующим устройством стыков на границе захваток (рис. 3).

Если объединение Т-образных сборных элементов происходит за счет создания между ними монолитных участков СГ, то получаем сборно-монолитную конструкцию контрфорсных «стен в грунте» (рис. 4).

Как показывает история применения контрфорсных «стен в грунте», то главным образом применяется монолитная конструкция. Технология устройства монолитной контрфорсной «стены в грунте» заключается в следующем:

- устройство форшахты;
- разработка траншеи под защитой форшахты и тиксотропного раствора;
- опускание в траншею с глинистым раствором арматурного Т-образного каркаса;



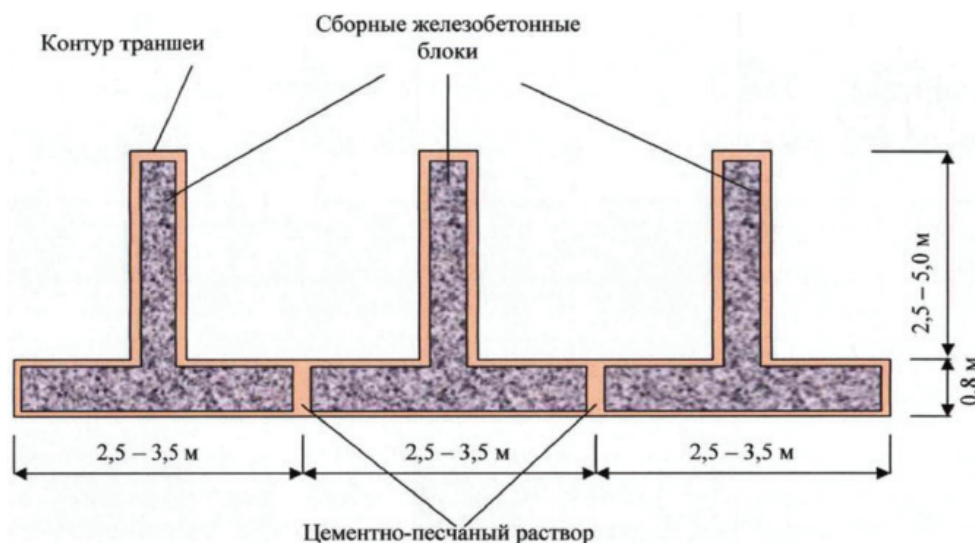


Рисунок 3 – Устройство сборных контрфорсных «стен в грунте» [4].

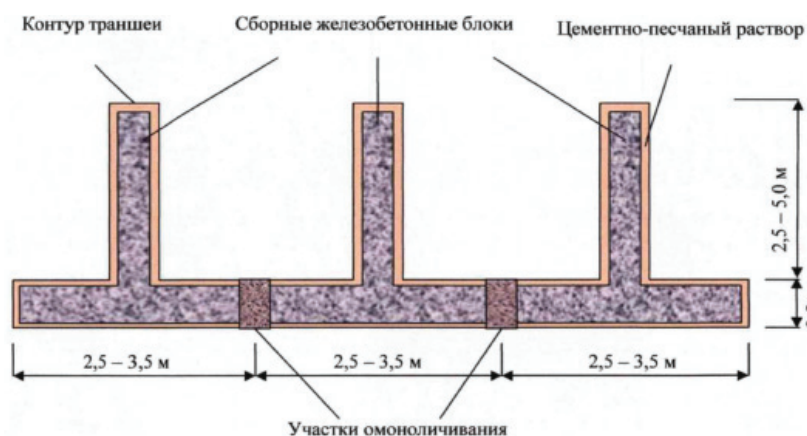


Рисунок 4 – Устройство сборно-монолитных контрфорсных «стен в грунте» [4].

- бетонирование траншеи методом вертикально перемещающей трубы.

При разработке траншеи используются различные механизмы: трехчелюстной грейфер, гидрофреза или двухчелюстной грейфер в сочетании с буровой установкой (рис. 5).

По сравнению с плоскими «стенами в грунте» контрфорсные «стены в грунте» обладают рядом преимуществ:

- контрфорсные «стены в грунте» при одинаковой с плоскими стенами толщине обладают существенно большей жесткостью и несущей способностью, что очень важно при строительстве в стесненных городских условиях, когда иные крепления стен котлована трудно осуществимы;
- консольные контрфорсные «стены в грунте», которые устраиваются без применения внутри котлована дополнительных способов их крепления, оставляют в котловане большие свободные пространства, что позволяет, используя мощную высокопроизводительную технику, ускорить строительство, а следовательно, уменьшить его стоимость;
- контрфорсные «стены в грунте» в некоторых случаях могут оказаться более экономичными, чем плоские, так как либо вообще не требуют устройства анкерной и распорной крепи (консольная конструкция), либо количество этого крепления существенно меньше, чем при строительстве плоской «стены в грунте».
- для устройства контрфорсных «стен в грунте» требуется технологическое оборудование, какое применяется для устройства плоских «стен в грунте».

К недостаткам устройства контрфорсных «стен в грунте» следует отнести следующее:



**Рисунок 5** – Трехчелюстной грейфер фирмы «SOILMEC» [4].

- для обеспечения устойчивости Т-образных в плане траншей, заполненных тиксотропным раствором, в которых сооружаются контрфорсные «стены в грунте», требуются растворы большего удельного веса, чем для плоских траншей, что приводит к незначительному удорожанию строительства;
- устройство контрфорсов невозможно при строительстве в условиях плотной городской застройки;
- усложняется технология производства работ, технология изготовления и монтажа пространственных арматурных каркасов.

Несмотря на перечисленные выше недостатки, использование контрфорсных «стен в грунте» при строительстве подземных сооружений во многих случаях может оказаться технически и экономически оправданным.

## ВЫВОДЫ

В России подобный способ подземного строительства еще не нашел должного широкого применения. Применение контрфорсных «стен в грунте» сдерживается малой изученностью вопросов, связанных с пространственной работой таких конструкций, необходимостью подкрепления их распорными или анкерными элементами и т. д.

На наш взгляд, данный способ может быть успешно применен в подземном строительстве, в частности при создании транспортных сетей и инфраструктуре жизнеобеспечения. Возможности современных технологий и оборудования предоставляют инженерам и строителям огромный выбор доступных способов устройства подземных и заглубленных сооружений. В сложных условиях этот выбор следует выполнять, как правило, на основании технико-экономического сопоставления вариантов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стаин, А. В. Взаимодействие конструкций контрфорсных «стен в грунте» с грунтовым массивом при строительстве городских тоннелей [Текст] : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук : спец. 05.23.11 – «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей» / А. В. Стаин. – М., 2008. – 22 с.
2. Конюхов, Д. С. Анализ сложившихся классификационных систем подземных сооружений [Текст] / Д. С. Конюхов // Вестник МГСУ. – 2010. – Вып. 4. – С. 48–55.
3. Конюхов, Д. С. Использование подземного пространства [Текст] : Учеб. пособие для вузов / Д. С. Конюхов. – М. : Архитектура-С, 2004. – 296 с.

4. Латута, В. В. Вибрационная технология устройства заглублённой гидроизолированной части малоэтажных зданий методом «стена в грунте» [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.08 «Технология и организация строительства» / В. В. Латута. – Санкт-Петербург, 2009. – 201 с.
5. Петрухин, В. П. Ограждающие конструкции котлованов, методы строительства подземных и заглублённых сооружений [Текст] / В. П. Петрухин, И. В. Колыбин, Д. Е. Разводовский // Российская архитектурно-строительная энциклопедия / Всерос. науч.-исслед. ин-т проблем науч.-техн. прогресса и информ. в стр-ве и др. ; гл. ред. Е. В. Басин. – М. : ВНИИСТПИ, 2008. – Т. 12 : Строительство подземных сооружений. – С. 212–219.

Получено 12.10.2017

**М. С. НОВИКОВ, А. М. ЮГОВ**  
**ВЛАШТУВАННЯ ЗАХИСНОЇ КОНСТРУКЦІЇ КОТЛОВАНУ З**  
**КОНТРФОРСАМИ**  
**ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»**

**Анотація.** Не припиняється робота над створенням прогресивних конструктивних і технологічних рішень підземних споруд, які забезпечують захист навколишньої забудови при зведенні нових об'єктів. Однією з сучасних технологій, що знаходить все більш широке застосування при будівництві міських підземних транспортних споруд мілкового закладення, а також підземних поверхів адміністративних і житлових будівель, є технологія контрфорсної «стіни в ґрунті».

**Ключові слова:** огорожа котловану, контрфорсна «стіна в ґрунті», форшахта, траншея, вертикально переміщена труба.

**NYKYTA NOVYKOV, ANATOLIY YUGOV**  
**DEVICE FOR THE CONTROLLING CONSTRUCTION OF THE FOUNDATION**  
**AREA WITH ATTACHED PIER**  
**Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture**

**Abstract.** Work continues on the creation of progressive constructive and technological solutions of underground structures that ensure the protection of the surrounding buildings during the construction of new facilities. One of the modern technologies that is increasingly used in the construction of urban underground transport facilities of shallow ground, as well as underground floors of administrative and residential buildings is the technology of the buttress wall in the ground.

**Key words:** fencing pit, buttress «wall in the ground», foreshaft, trench, vertically moving the pipe.

**Новиков Никита Сергеевич** – аспирант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: строительство в стеснённых 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-graduated 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 69.05

**О. М. ПЕТРОСЯН, Д. С. ТАРАНЕНКО**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ, ОБОСНОВАНИЯ И ВЫБОРА  
РАЦИОНАЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
РЕШЕНИЙ ВОЗВЕДЕНИЯ ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСОВ**

**Аннотация.** Проведен анализ научных трудов ведущих ученых и специалистов в области методов оценки, обоснования и выбора рациональных организационно-технологических решений возведения объектов гражданского назначения. Выявлены организационно-технологические факторы, влияющие на стоимость и продолжительность возведения комплексов жилых и гражданских зданий. Определена область дальнейших исследований.

**Ключевые слова:** организационно-технологические факторы, продолжительность строительства, стоимость строительства, жилые здания.

**ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Сегодня крупные города Украины значительно отстают от европейских городов по обеспеченности жильем и другими показателями комфортности жизни населения. Учитывая тенденцию роста численности городского населения относительно сельского, необходимость обеспечения устойчивого развития крупных городов в существующих границах, объемы существующего жилого фонда, уровень его физического износа и инвестиционные возможности приобретения жилья населением, видится актуальной проблема строительства доступного социального жилья. При этом отсутствует исчерпывающее научное обоснование прогнозируемых стоимости и продолжительности строительства жилья, которое бы учитывало комплексное воздействие организационно-технологических и экономических факторов.

**АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Выбору и обоснованию рациональных организационно-технологических решений строительства и реконструкции объектов гражданского назначения посвящены научные труды Е. Ю. Антипенко, А. И. Белокося, Д. Ф. Гончаренко, А. А. Гусакова, Е. К. Завадскаса, В. М. Киринос, А. И. Меньлюка, В. И. Торкатюка, А. А. Тугая, Р. И. Фокова, В. К. Черненко, В. Т. Шаленного, Л. Н. Шутенко, Т. С. Кравчуновской, К. А. Шрейбера и других ученых.

Проблеме обеспечения надежности и безопасной эксплуатации существующего жилищного фонда посвящены работы В. И. Большакова, А. Галушко, М. М. Демина, А. Д. Есипенко, В. Р. Млодецкого, А. Ф. Осипова, А. В. Радкевича, В. В. Савйовського и других исследователей.

Вопросы повышения инвестиционной привлекательности жилищного строительства исследовали В. Ю. Божанова, В. Т. Вечеров, В. И. Торкатюк, Р. Б. Тянь, С. А. Ушацкий и другие.

Исследования Г. В. Бадеяна [1] посвящены развитию технологических основ возведения монолитных железобетонных каркасов в высотном домостроении. Д. Ф. Гончаренко [2] исследует технологии ремонта и восстановления канализационных сетей и систем. В работах Т. С. Кравчуновской [3] получили развитие научные основы организационно-технологического проектирования комплексной реконструкции жилой застройки, обеспечивающие эффективное использование ресурсов и направленные на сокращение продолжительности выполнения работ и снижение стоимости строительной

продукции. В работах А. В. Радкевича [4] обосновано рациональный период восстановления объектов жилищно-коммунального комплекса благодаря учету влияния ряда организационно-технологических факторов на трудоемкость работ. Исследования В. В. Савйовского [5] посвящены совершенствованию организационно-технологических решений производства строительно-монтажных работ при реконструкции жилых и общественных зданий благодаря учету влияния дестабилизирующих организационно-технологических факторов на технико-экономические показатели проектов реконструкции. В. И. Торкатюк [6] разработал принципы формирования и функционирования организационно-технологических систем обеспечения надежности возведения многоэтажных каркасных зданий; в его трудах получили дальнейшее развитие принципы формирования и оценки проектных решений в строительстве. Исследования В. Т. Шаленного [7] посвящены проблемам реконструкции, энергосбережения и термомодернизации гражданских зданий, практическим решением которых является разработка и внедрение организационно-конструктивно-технологических систем жизненного цикла гражданских зданий, обеспечивающих рациональное потребление энергоресурсов для своего эффективного функционирования. К. А. Шрейбер [8] предложил усовершенствованный методологический подход к многокритериальной оценке проектной документации на реконструкцию жилых зданий с учетом комплекса технических и организационно-технологических решений для эффективного использования трудовых, материально-технических и финансовых ресурсов. Л. Н. Шутенко [9] развил теоретические основы оптимизации жизненного цикла жилого фонда.

Результаты выполненного анализа научных трудов ведущих ученых и специалистов в области методов оценки, обоснования и выбора рациональных организационно-технологических решений строительства городского жилищного фонда позволяют отметить:

- отсутствие исчерпывающего научного обоснования прогнозируемых технико-экономических показателей строительства жилых зданий и комплексов, основанного на учете градообразующих особенностей территорий городов и комплексного влияния определяющих организационно-технологических и экономических факторов [10];
- необходимость предварительного формирования совокупности базовых способов возведения объектов строительства и формализации описания капитальных вложений и текущих расходов по каждому из альтернативных вариантов [11].

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

На основе метода экспертных оценок в работе [10] определены факторы, влияющие на стоимость и продолжительность строительства доступного жилья.

В результате обработки результатов исследования определены степени влияния различных факторов (высокий, средний, низкий) на рассматриваемые критерии (стоимость, продолжительность) (табл.).

В работе [11] в результате оценивания информации о проектах возведения высотных многофункциональных комплексов установлены факторы и определены зависимости продолжительности строительства от следующих организационно-технологических факторов:

- условной высоты ( $h_{yc}$ );
- фактора сложности разработки проектно-сметной документации ( $C_{псд}$ );
- фактора сложности производства строительно-монтажных работ ( $C_{смп}$ );
- фактора сложности управления инвестиционно-строительным проектом ( $C_{упр}$ );
- фактора экономичности ( $F_e$ );
- фактора комфортабельности ( $F_c$ );
- фактора стесненности ( $F_s$ );
- фактора технологичности проектных решений ( $F_t$ ).

Представленные однофакторные модели позволяют количественно оценить влияние факторов и могут быть использованы для разработки методики обоснования целесообразности и эффективности реализации проектов жилого и гражданского строительства в условиях уплотненной городской застройки, основанной на учете влияния организационно-технологических аспектов.

## ВЫВОДЫ

На основании результатов анализа научных трудов ведущих ученых и специалистов в области методов оценки, обоснования и выбора рациональных организационно-технологических решений строительства выявлены основные факторы, оказывающие высокое влияние на продолжительность

Таблица – Факторы и степень их влияния на стоимость и продолжительность строительства жилых зданий

Наименование факторов	Степень влияния на стоимость строительства		Степень влияния на продолжительность строительства	
	высокая	низкая	высокая	низкая
Градообразующие особенности и инвестиционная привлекательность городских территорий	+			+
Этажность здания	+		+	
Общая площадь здания	+		+	
Строительный объем здания	+		+	
Методы организации строительства	+		+	
Стесненность строительной площадки	+		+	
Надежность организационно-технологических решений	+			
Унифицированность конструкций			+	
Степень сборности зданий			+	
Наличие площадей для складирования и сборки конструкций		+		+
Технологичность проектных решений	+		+	
Долговечность здания		+		+
Производительность труда		+		
Методы мотивации персонала		+		+

и стоимость возведения комплексов зданий непроизводственного назначения: объемно-планировочные решения (этажность, общая площадь, строительный объем); стесненность стройплощадки и технологичность проектных решений.

Дальнейшие исследования будут направлены на разработку методики обоснования целесообразности и эффективности реализации проектов строительства комплексов жилых зданий с объектами общественного назначения в условиях уплотненной городской застройки, основанной на учете влияния организационно-технологических аспектов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бадаян, Г. В. Технологические основы возведения монолитных железобетонных каркасов в высотном жилищном строительстве [Текст] : дис. ... доктора техн. наук : 05.23.08 / Г. В. Бадаян. – Киев, 2000. – 409 с.
2. Гончаренко, Д. Ф. Эксплуатация, ремонт и восстановление сетей водоотведения [Текст] : монография / Д. Ф. Гончаренко. – Харьков : Консум, 2008. – 399 с.
3. Кравчуновська, Т. С. Комплексна реконструкція житлової забудови: організаційно-технологічні аспекти [Текст] : монографія / Т. С. Кравчуновська. – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2010. – 230 с.
4. Радкевич, А. В. Визначення раціонального періоду відновлення об'єктів житлово-комунального комплексу [Текст] : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.08 «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва» / А. В. Радкевич. – Дніпропетровськ, 1995. – 20 с.
5. Савйовський, В. В. Методологічні принципи організаційно-технологічного проектування реконструкції цивільних будівель [Текст] : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 05.23.08 «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва» / Савйовський В. В. – Харків, 2010. – 44 с.
6. Торкатюк, В. И. Принципы формирования и функционирования организационно-технологических систем обеспечения надежности возведения многоэтажных каркасных зданий (объектов) [Текст] : дис. ... доктора техн. наук : 05.23.08 / Торкатюк В. И. – Москва, 1987. – 409 с.
7. Шаленный, В. Т. Организационно-технологические основы формирования энергосбережения на определяющих этапах жизненного цикла гражданских зданий [Текст] : дис. ... доктора техн. наук : 05.23.08 / Шаленный В. Т. – Днепропетровск, 2004. – 406 с.
8. Шрейбер, К. А. Научно-методологические основы организации проектирования реконструкции жилых зданий [Текст] : автореф. дис. на соискание учен. степени д-ра техн. наук : спец. 05.23.08 «Технология и организация промышленного и гражданского строительства» / К. А. Шрейбер. – Ленинград, 1991. – 46 с.
9. Шутенко, Л. Н. Технологические основы формирования и оптимизации жизненного цикла городского жилого фонда (теория, практика, перспективы) [Текст] : монография / Л. Н. Шутенко. – Харьков : Майдан, 2002. – 1053 с.



10. Большаков, В. И. Факторы, что здійснюють визначальний вплив на показники ефективності організаційно-технологічних рішень будівництва доступного житла [Текст] / В. И. Большаков, Т. С. Кравчуновська, С. П. Броневицький // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2016. – № 5 (218). – С. 61–70.
11. Заяць, Є. І. Розвиток методів оцінки, обґрунтування та вибору раціональних організаційно-технологічних рішень зведення висотних багатофункціональних комплексів [Текст] / Є. І. Заяць // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2015. – № 6 (207). – С. 37–44.

Получено 12.10.2017

О. М. ПЕТРОСЯН, Д. С. ТАРАНЕНКО  
АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНКИ, ОБҐРУНТУВАННЯ І ВИБОРУ  
РАЦІОНАЛЬНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ  
ЗВЕДЕННЯ ЖИТЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ  
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва та архітектури»

**Анотація.** Проведено аналіз наукових праць провідних учених і фахівців в області методів оцінки, обґрунтування і вибору раціональних організаційно-технологічних рішень зведення об'єктів цивільного призначення. Виявлено організаційно-технологічні чинники, що впливають на вартість і тривалість зведення комплексів житлових і цивільних будівель. Визначено область подальших досліджень.

**Ключові слова:** організаційно-технологічні чинники, тривалість будівництва, вартість будівництва, житлові будівлі.

OLEG PETROSIAN, DENYS TARANENKO  
ANALYSIS OF METHODS FOR ASSESSING, SUBSTANTIATING AND  
SELECTING RATIONAL ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL  
SOLUTIONS FOR THE ERECTION OF RESIDENTIAL COMPLEXES  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The analysis of scientific works of leading scientists and specialists in the field of methods for assessing, substantiating and selecting rational organizational and technological solutions for the construction of civilian objects has been carried out. The organizational and technological factors affecting the cost and duration of the construction of residential and civil buildings have been revealed. The area of further research has been determined.

**Key words:** organizational and technological factors, duration of construction, cost of construction, residential buildings.

**Петросян Олег Мурадович** – кандидат технических наук, доцент технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: реконструкция промышленных и гражданских зданий.

**Тараненко Денис Сергеевич** – магистрант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: методы оценки, обоснования и выбора рациональных организационно-технологических решений возведения жилых комплексов

**Петросян Олег Мурадович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва та архітектури». Наукові інтереси: реконструкція промислових і цивільних споруд.

**Тараненко Денис Сергійович** – магістрант кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва та архітектури». Наукові інтереси: методи оцінки, обґрунтування і вибору раціональних організаційно-технологічних рішень зведення житлових комплексів

**Petrosian Oleg** – Ph. D (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: reconstruction of industrial and civil buildings.

**Taranenko Denys** – master's student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: methods of assessment, justification and selection of rational organizational and technological solutions for the construction of residential complexes.

УДК 528.48

**П. И. СОЛОВЕЙ, А. Н. ПЕРЕВАРЮХА, М. И. ЛОБОВ, Н. А. ПЕРЕВАРЮХА, А. С. ЕФИМЕНКО**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРОВОДОВ ЛЭП ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ**

**Аннотация.** Выполнен расчет точности определения габарита проводов воздушных линий электропередачи, находящихся одновременно под воздействием различных внешних факторов. Установлено, что наибольшее одновременное влияние на точность измерений оказывают неточная проекция контролируемой точки провода на пересекаемый объект, неперпендикулярность визирной оси прибора к продольной оси ЛЭП, приборные погрешности. Определены параметры методики измерений, при которой влияние различных внешних факторов не превышает допустимых величин.

**Ключевые слова:** геодезический мониторинг, расчет точности, габарит проводов.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Недопустимый габарит проводов воздушных линий электропередачи может привести к тяжелым авариям, поэтому получение точных данных о пространственном положении проводов, особенно в сложных условиях измерений, при одновременном воздействии нескольких негативных факторов является актуальной задачей.

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

До настоящего времени основное внимание в публикациях уделялось в основном вопросам геодезических изысканий ЛЭП [4, 5], но очень мало публикаций посвящено геодезическому мониторингу проводов, находящихся в сложных условиях измерений при одновременном воздействии нескольких внешних факторов.

### **ЦЕЛИ**

Целью статьи является расчет точности определения габарита проводов при раздельном и совместном влиянии нескольких негативных факторов.

### **ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**

При пересечении воздушных линий электропередачи через различные объекты (железные и автомобильные дороги, реки, трубопроводы, линии связи и др.) выполняют геодезический мониторинг габаритов проводов. Очень часто мониторинг выполняют при воздействии различных внешних факторов. Наибольшее влияние на точность измерения габаритов проводов оказывают следующие факторы:

1. Фактор  $Z$  – неточная проекция контролируемой точки провода на пересекаемый объект.
2. Фактор  $\alpha$  – неперпендикулярность визирной оси зрительной трубы прибора к продольной оси ЛЭП.
3. Фактор  $\Pi$  – влияние приборных погрешностей.
4. Фактор  $t$  – вертикальное перемещение проводов под воздействием солнечного нагрева.
5. Фактор  $V$  – отклонение провода при боковом воздействии ветра.
6. Фактор  $r$  – вертикальное перемещение проводов при гололеде.

Очень редко все перечисленные факторы оказывают совместное влияние на точность определения габаритов проводов. Наиболее часто при геодезическом мониторинге оказывают совместное влияние факторы  $Z$ ,  $\alpha$  и  $\Pi$ . Фактор  $t$  не будет оказывать влияние на точность контроля габарита, если при визировании на контролируемую точку провода будет тратиться время, при котором провод не будет перемещаться по отвесной линии. Но на предельное перемещение провода  $t$  – фактор оказывает значительное влияние и его необходимо учитывать.

Фактор  $V$  оказывает значительное влияние на точность измерений, поэтому при сильном боковом ветре геодезический мониторинг нужно прекращать.

Фактор  $r$  не оказывает заметного влияния на точность измерений при условии, что за время контроля провода условия измерений не поменяются, т. е., гололед уменьшится или увеличится.

Рассмотрим влияние каждого из факторов  $Z$ ,  $\alpha$  и  $\Pi$ , которые наиболее часто оказывают совместное влияние на точность измерений.

Пусть провод  $P$  (рис. 1) ЛЭП пересекается с железной дорогой  $XX_1$ . Требуется определить габарит  $G$  – расстояние между точкой  $P$  провода и точкой  $T$  рельса, расположенных на одной отвесной линии  $ZZ_1$ .

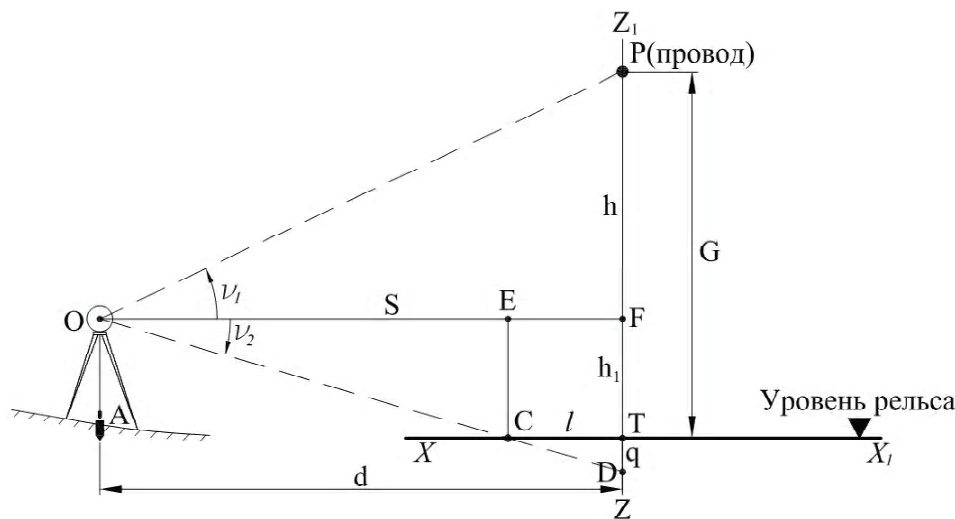


Рисунок 1 – Схема влияния  $Z$  – фактора на точность определения габарита проводов ЛЭП.

При традиционном методе [2] оптический теодолит устанавливают в точке  $A$  на линии  $AT$ , перпендикулярной направлению ЛЭП. Горизонтальное расстояние  $d$  от теодолита до точки  $T$  назначают не меньшим габарита  $G$ . Визируют на точки  $P$  и  $T$ , измеряют углы наклона  $\nu_1$  и  $\nu_2$ , расстояние  $d$  и по формулам тригонометрического нивелирования вычисляют габарит провода  $G = PT$ .

Пусть на некотором расстоянии  $l$  от точки  $T$  зафиксирована точка  $C$ , которая не будет совпадать с отвесной линией  $ZZ_1$ , проходящей через точку  $P$  провода. Возникнет влияние фактора  $Z$  на точность измерения габарита  $G$  провода.

При визировании теодолита на точку  $C$  габарит увеличится или уменьшится на величину  $q$ . Положительное или отрицательное значение параметра  $q$  зависит от места фиксации точки  $C$  – слева или справа от отвесной линии  $ZZ_1$  (рис. 1). Из подобия треугольников  $OEC$  и  $CTD$  получим выражение:

$$h/S = q/l, \quad (1)$$

из которого:

$$q = \frac{h \cdot l}{S}. \quad (2)$$

Для оценки точности измерения габарита продифференцируем выражение (2) и, перейдя к средним квадратическим погрешностям, получим:

$$m_q = \sqrt{\left(\frac{h}{S} m_l\right)^2 + \left(\frac{l}{S} m_h\right)^2 + \left(\frac{hl}{S^2} m_s\right)^2}. \quad (3)$$

Анализ формулы (3) показывает, что второй и третий члены в подкоренном выражении значительно меньше первого члена. Тогда из формулы (3) можно записать:

$$m_q = \frac{h}{3} m_l. \quad (4)$$

Рассмотрим, при каком максимальном расстоянии  $l$  погрешность измерения габарита провода не превысит предельно допустимое значение, которое согласно [2] составляет  $m_G = 150$  мм.

Из (4) будем иметь:

$$m_l = \frac{m_q S}{h}. \quad (5)$$

При  $S = 30$  м,  $h = 3$  м,  $m_h = m_G = 150$  мм по формуле (5) получим:

$$m_l = \frac{150 \cdot 30}{3} = 1500 \text{ мм} = 1,5 \text{ м}.$$

Зафиксировать точку  $T$  на отвесной линии  $ZZ_1$  «на глаз» очень сложно с такой точностью, поэтому требуются дополнительные измерения с применением теодолита.

Рассмотрим влияние неперпендикулярности визирной оси зрительной трубы теодолита (фактор  $\alpha$ ) на точность определения габарита провода ЛЭП, пересекающейся, например, с точкой  $P$  провода (рис. 2).

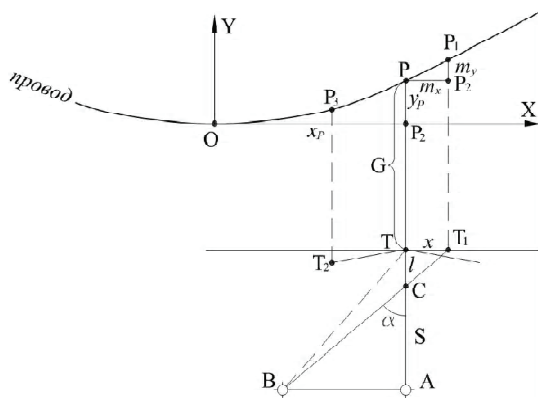


Рисунок 2 – Схема влияния  $\alpha$ -фактора на точность определения габарита провода.

Требуется определить габарит  $G = PT$  провода. С этой целью теодолит устанавливают в точке  $A$  на линии  $AT$ , перпендикулярной продольной оси  $X$  линии электропередачи на расстоянии  $S < (G : 2G)$ . Очень часто установить теодолит в точке  $A$  на проезжей части автодороги не представляется возможным по технике безопасности из-за интенсивного движения автомобиля. Поэтому прибор устанавливают вне проезжей части (например на обочине) на линии  $BT$  под некоторым углом  $\alpha$  к линии  $AT$ . При визировании из точки  $B$  на  $T$  точка  $P$  провода будет находиться в коллимационной плоскости теодолита и влияние фактора  $\alpha$  на точность измерений габарита не возникает.

Предположим, что вместо точки  $T$  зафиксирована точка  $C$ , расположенная на некотором расстоянии  $l$ . В этом случае при визировании на точку  $C$  из точки  $B$

коллимационная плоскость теодолита отсечет на проводе отрезок  $PP_1$ , что приведет к возникновению погрешности  $m_y = P_1P_2$  в измерении габарита.

Погрешность  $m_y$  будет тем больше, чем круче линия провода, т. е., чем ближе точка  $T$  пересекаемого объекта (автомобильная дорога) будет расположена к одной из ближайших опор ЛЭП.

Для пролетов ЛЭП меньше 800 метров кривую провисания провода рекомендуется [1] в прямоугольной системе координат описывать уравнением квадратичной параболы:

$$y = ax^2, \quad (6)$$

где  $a = \gamma / 2\sigma$ ;  $\gamma$  – удельный вес единицы длины провода;

$\sigma$  – горизонтальная составляющая силы натяжения провода;

$x = x_p$  – расстояние от начала координат до точки  $P'$ .

Для определения предельной погрешности, вызванной влиянием  $\alpha$ -фактора на точность измерения габарита провода продифференцируем выражение (6) и, перейдя к средним квадратическим погрешностям, получим:

$$m_y = 2axm_x = 2 \frac{\gamma}{2\sigma} xm_x = \frac{\gamma}{\sigma} xm_x. \quad (7)$$

Пусть в пролете длиной  $l = 350$  м контролируемая точка  $P$  расположена на расстоянии  $x_p = 150$  м от точки  $O$  (низшая точка кривой провисания провода). Подставив  $\gamma = 3,46 \cdot 10^{-3}$ ,  $\sigma = 13,00 \text{ даН/мм}^2$  (взято из работы [1]),  $m_x = 1$  м в формулу (7), получим:

$$m_y = \frac{\gamma}{\sigma} x m_x = \frac{3,46 \cdot 10^{-3} \cdot 150 \cdot 1}{13,00} = 0,040 \text{ м},$$

что в 3,75 раза меньше предельной погрешности  $m_G = 0,150$  м согласно [2].

При больших пролетах погрешность  $m_y$  будет значительно больше. Например, в пролете длиной  $l = 1\,400$  м, при  $x = 650$  м,  $m_x = 1$  м,  $\gamma = 4,84 \cdot 10^{-3}$ ,  $\sigma = 15,07 \text{ даН/мм}^2$  (взяты из работы [1]), по формуле (7) получим:

$$m_y = \frac{\gamma x m_x}{\sigma} = \frac{4,84 \cdot 10^{-3} \cdot 650 \cdot 1}{15,07} = 0,209 \text{ м},$$

что в 1,4 раза превышает предельную погрешность (0,150 м) измерения габарита  $G$ .

При увеличении погрешности  $m_x$  соответственно будет увеличиваться  $m_y$ . Так, при  $m_x = 3$  м и тех же параметрах, что в предыдущем примере, из выражения (7) будем иметь:

$$m_y = \frac{4,84 \cdot 10^{-3} \cdot 650 \cdot 3}{15,07} = 0,627 \text{ м},$$

что более чем в 4 раза превышает допустимое значение (0,150 м). Поэтому для исключения совместного влияния факторов  $Z$  и  $\alpha$  необходимо, чтобы точки  $T$  и  $P$  находились на одной отвесной линии  $ZZ_1$  (рис. 1).

Рассмотрим влияния приборных погрешностей (фактор  $\Pi$ ) на точность измерения габарита провода. По рекомендации [2] при определении габарита  $G$  провода (рис. 1) теодолит устанавливают на линии  $AT$ , перпендикулярной к продольной оси ЛЭП. Затем из точки  $A$  визируют на точки  $P$  и  $T$ , измеряют углы наклона  $\nu_1$  и  $\nu_2$ , расстояние  $S$  и вычисляют габарит провода:

$$G = S(\operatorname{tg} \nu_1 + \operatorname{tg} \nu_2). \quad (8)$$

Для оценки точности измерения габарита  $G$ , вызванного влиянием  $\Pi$ -фактора, найдем частные производные функции (8) по  $S$ ,  $\nu_1$  и  $\nu_2$ :

$$\frac{\partial G}{\partial S} = \operatorname{tg} \nu_1 + \operatorname{tg} \nu_2, \quad \frac{\partial G}{\partial \nu_1} = \frac{S}{\cos^2 \nu_1}, \quad \frac{\partial G}{\partial \nu_2} = \frac{S}{\cos^2 \nu_2}. \quad (9)$$

После некоторых упрощений предельная средняя квадратическая погрешность определения габарита будет иметь вид:

$$m_\Pi = \sqrt{m_s^2 (\operatorname{tg} \nu_1 + \operatorname{tg} \nu_2)^2 + \frac{S^2 m_\nu^2}{\rho^2} \left( \frac{1}{\cos^4 \nu_1} + \frac{1}{\cos^4 \nu_2} \right)}, \quad (10)$$

где  $m_s$ ,  $m_\nu$  – средние квадратические погрешности измерения расстояния  $S$  и углов наклона  $\nu_1$  и  $\nu_2$ .

Пусть согласно [2] измерения выполняют техническим теодолитом 2ТЗ0 со средней квадратической погрешностью измерения вертикальных углов  $m_\nu = 30''$ , а расстояний – нитяным дальномером с относительной погрешностью  $1/200$ . Примем  $S = 50$  м,  $\nu_1 = 30^\circ$ ,  $\nu_2 = 3^\circ$ ,  $m_s = S/200 = 50/200 = 0,25 \text{ м} = 250 \text{ мм}$ . Подставив численные данные в формулу (10), получим:

$$m_\Pi = \sqrt{250^2 (\operatorname{tg} 30^\circ + \operatorname{tg} 3^\circ)^2 + \frac{(5 \cdot 10^5)^2 \cdot 30^2}{(2 \cdot 10^5)^2} \left( \frac{1}{\cos^4 30^\circ} + \frac{1}{\cos^4 3^\circ} \right)} = 201 \text{ мм},$$

что превышает в 1,34 допустимое значение (150 мм) даже при условии, что другие факторы не будут оказывать влияние на точность измерений. Поэтому измерение углов следует выполнять более точными теодолитами, например типа Т5 ( $m_\beta = \pm 5''$ ), а расстояния механическими рулетками с относительной погрешностью  $1/2\,000$ . Подставив эти параметры в формулу (10), получим:

$$m_\Pi = \sqrt{25^2 (\operatorname{tg} 30^\circ + \operatorname{tg} 3^\circ)^2 + \frac{(5 \cdot 10^5)^2 \cdot 5^2}{(2 \cdot 10^5)^2} \left( \frac{1}{\cos^4 30^\circ} + \frac{1}{\cos^4 3^\circ} \right)} = 26 \text{ мм},$$

что отвечает требованиям [2] и не превышает допустимого значения (150 мм).

Выше было рассмотрено раздельное влияние факторов  $Z$ ,  $\alpha$  и  $\Pi$  на точность определения габарита проводов. Рассмотрим совместное влияние этих факторов на точность измерений.

Известно [3], что общая погрешность определения габарита провода при одновременном влиянии трех перечисленных факторов  $Z$ ,  $\alpha$  и  $\Pi$  будет иметь вид:

$$m_G = \sqrt{m_q^2 + m_y^2 + m_\Pi^2}. \quad (11)$$

Приняв  $m_q = m_y + m_\Pi = m$  (принцип равных влияний), из формулы (11) при подстановке тех же параметров получим:

$$m = \frac{m_G}{\sqrt{3}} = \frac{150}{\sqrt{3}} = 87 \text{ мм}. \quad (12)$$

Тогда из формулы (5) и (7) соответственно получим:

$$m_l = \frac{m_q S}{h} = \frac{87 \cdot 30}{3} \approx 1 \text{ м},$$

$$m_x = \frac{m_y \cdot \sigma}{\chi \cdot x} = \frac{87 \cdot 13}{3,46 \cdot 10^{-3} \cdot 150\,000} \approx 2 \text{ м},$$

что предъявляет еще более высокие требования к точности определения габарита проводов.

В заключении следует отметить, что при пересечении ЛЭП с автодорогами (особенно высших категорий) габарит у кромки (точка  $T_2$ ) дороги (рис. 2) может оказаться меньше габарита у оси дороги (точка  $T$ ), т. е.  $P_3 T_2 < PT$ , и это необходимо учитывать при геодезическом мониторинге проводов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крюков, К. П. Конструкции и механический расчет линий электропередач [Текст] / К. П. Крюков, Б. П. Новгородцев. – 2-е изд., перераб. – Л. : Энергия, Ленингр. отд-ние, 1979. – 312 с.
2. Руководство по инженерным изысканиям трасс воздушных линий электропередач 35–110 кВ [Текст] / Министерство топлива и энергетики Российской Федерации, Проектно-изыскательный и научно-исследовательский институт по проектированию энергетических систем и электрических сетей. – Москва : Энергосетьпроект, 1996. – 226 с.
3. Видуев, Г. Н. Математическая обработка геодезических измерений [Текст] : учебное пособие / Г. Н. Видуев, А. Г. Григоренко. – К. : Вища школа, 1978. – 376 с.
4. Справочное руководство по инженерно-геодезическим работам [Текст] / В. Д. Большаков, Г. П. Левчук, В. Е. Новак [и др.]. – М. : Недра, 1980. – 781 с.
5. Справочник геодезиста [Текст] / В. Д. Большаков, Г. П. Левчук, Г. В. Багратуни [и др.] ; под ред. В. Д. Большакова, Г. П. Левчука. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Недра, 1975. – 1056 с.

Получено 08.10.2017

П. І. СОЛОВЕЙ, А. М. ПЕРЕВАРЮХА, М. І. ЛОБОВ, Н. А. ПЕРЕВАРЮХА,  
А. С. ЄФИМЕНКО  
ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ПРОВІДІВ ЛЕП ПРИ ВПЛИВІ РІЗНИХ  
ФАКТОРІВ  
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** Виконано розрахунок точності визначення габариту проводів повітряних ліній електропередавання, які перебувають одночасно під впливом різних зовнішніх факторів. Встановлено, що найбільший одночасний вплив на точність вимірювань мають неточну проекція контрольної точки проводу на об'єкт, який перетинається, неперпендикулярність візирної осі приладу до поздовжньої осі ЛЕП, похибки приладу. Визначено параметри методики вимірювань, при якій вплив різних зовнішніх факторів не перевищує допустимих величин.

**Ключові слова:** геодезичний моніторинг, розрахунок точності, габарит проводів.

PAVEL SOLOVEJ, ANATOLY PEREVARJUHA, MICHAIL LOBOV,  
NATALIA PEREVARJUHA, ANNA YEFYMENKO  
GEODETIC MONITORING OF POWER LINE WIRES UNDER THE INFLUENCE  
OF VARIOUS FACTORS  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture



**Abstract.** The accuracy of determining the overall dimensions of the wires of overhead power lines, which are simultaneously influenced by various external factors, is calculated. It is established that the greatest simultaneous influence on the accuracy of measurements is the inaccurate projection of the monitored wire point onto the crossed object, the non-perpendicularity of the instrument's sight line to the longitudinal axis of the transmission line, instrumental errors. The parameters of the measurement procedure are determined, under which the influence of various external factors does not exceed the permissible values.

**Key words:** geodetic monitoring, accuracy calculation, wire gauge.

**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.

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

**Переварюха Наталия Анатольевна** – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие общей методики динамических расчетов элементов строительных конструкций и поиск рациональных способов гашения колебаний.

**Ефименко Анна Сергеевна** – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: сравнительный анализ сметной стоимости при монтаже высотных сооружений.

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

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

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

**Переварюха Наталія Анатоліївна** – магістрант ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток загальної методики динамічних розрахунків елементів будівельних конструкцій та пошук раціональних способів гашення коливань.

**Єфименко Анна Сергіївна** – магістрант ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: порівняльний аналіз кошторисної вартості при монтажі висотних споруд.

**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.

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

**Perevarjuha Natalia** – master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of the general dynamic design technique of building structure elements and search for the rational ways of vibration damping.

**Yefymenko Anna** – master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: comparative analysis of the estimated cost for the installation of high-rise buildings.

УДК 624.011:725.4

**В. Н. ЛЕВЧЕНКО, Д. В. ЛЕВЧЕНКО, О. Э. БРЫЖАТЫЙ**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ,  
ВЫПОЛНЕННЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Аннотация.** Важнейшей задачей при проектировании различных строительных объектов стоит выбор оптимального метода технико-экономической оценки и обоснования областей и форм эффективного применения строительных конструкций из различных материалов. При этом необходимо выбрать основной критерий и модель для установления приведенных затрат с учетом влияния основных критериев. В статье рассмотрены экономические основы определения эффективности строительных конструкций и определены отдельные составляющие приведенных затрат, а также затрат в процессе возведения и эксплуатации строительных конструкций.

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

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

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

Ниже приведены методы определения приведенных затрат для нескольких характерных случаев.

*Первый случай*

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

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

$$\Pi = C + \Pi Э, \quad (1)$$

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

$\Pi Э$  – составляющая приведенных затрат, зависящая от эксплуатационных расходов, руб.

*Второй случай*

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

Приведенные затраты могут быть представлены в виде:

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

$$\Pi = AC' + \Pi_K + \Pi_{\Sigma}; \quad (2)$$

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

$$\Pi = AC' + \Pi_K + \Pi_{\Sigma} - \Pi_{\Pi} \quad (3)$$

В этих формулах:

$C'$  – себестоимость конструкций в деле;  $A$  – коэффициент приведения затрат на строительство здания или сооружения к моменту начала эксплуатации объекта;  $\Pi_K$  – составляющая приведенных затрат, зависящая от капитальных вложений в основные фонды и оборотные средства строительно-монтажной организации, осуществляющей возведение конструкций зданий или сооружений;  $\Pi_{\Pi}$  – экономический эффект от выпуска дополнительного количества продукции на досрочно введенном в строй предприятии; при определении этого эффекта за эталон принимается вариант с наибольшей продолжительностью строительства.

### Третий случай

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

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

С учетом слагаемого  $\Pi'_K$  получим следующие формулы для определения приведенных затрат:

а) при равных сроках ввода объектов в действие:

$$\Pi = AC'' + \Pi'_K + \Pi_K + \Pi_{\Sigma}; \quad (2a)$$

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

$$\Pi = AC'' + \Pi'_K + \Pi_K + \Pi_{\Sigma} - \Pi_{\Pi} \quad (3a)$$

В этих формулах:

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

При определении отдельных составляющих приведенных затрат все виды затрат в процессе возведения и эксплуатации конструкций или эффектов (потерь) приводятся с помощью коэффициента  $B = 1/(1 + E_{n-n})^t$  к моменту ввода объекта в эксплуатацию.

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

1. Коэффициент приведения затрат на строительство зданий и сооружений:

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

где  $C_i$  – доля в общей стоимости работ по возведению зданий и сооружений, выполненных в  $i$ -й период строительства;

$t_i$  – время в годах от середины  $i$ -го периода до момента начала эксплуатации объекта, год;

$E_{n-n}$  – норматив для приведения равномерных затрат;

$n$  – число периодов, на которые разбивается продолжительность строительства здания или сооружения.

2. Составляющая приведенных затрат, зависящая от эксплуатационных расходов:

$$\Pi_{\Sigma} = \frac{C_d - C_y}{(1 + E_{n-n})^{T_M}} + \sum_{i=1}^n \frac{C'_{3i} + C_d - C_y + C_{O_i}}{(1 + E_{n-n})^{t_{3i}}} + \sum_{j=1}^m \frac{C_{P_j} + C_{O_j}}{(1 + E_{n-n})^{t_{P_j}}} + \overline{C_T} \Phi, \quad (5)$$

где  $C_D, C_Y, C'_3, C_{P_j}$  – стоимость (в руб.) соответственно разборки конструкций и вызова нереализуемых материалов от разборки; реализации утилизируемых материалов от разборки; возведения новой конструкции вместо старой, отслужившей свой срок  $T_\phi$ ; одного капитального ремонта;  
 $\overline{C_T}$  – стоимость текущего ремонта и прочие виды эксплуатационных расходов, равномерно распределенных во времени, руб./год;  
 $C_o$  – возможные потери от остановки или сокращения объема производства в период проведения и замены конструкции или в период проведения  $j$  капитального ремонта;  
 $T_m$  – продолжительность функционирования объекта (или срок морального износа здания, сооружения или отдельных конструкций), год;  
 $t_{3_i}$  и  $t_{P_j}$  – время в годах, от начала эксплуатации объекта соответственно до срока замены конструкции и срока проведения  $j$  капитального ремонта;  
 $m$  и  $n$  – число соответственно замен конструкций и капитальных ремонтов за весь период функционирования объекта  $T_m$ ;  
 $\phi$  – условное время, за которое учитываются полностью текущие эксплуатационные расходы  $\overline{C_T}$ , год.

Величина  $\phi$ , как и суммарная величина  $\Pi_3$ , в значительной степени зависит от продолжительности функционирования объекта  $T_m$  и величины коэффициента приведения разновременных затрат. Так

$$\phi = \int_0^{T_m} \frac{dt}{(1+E_{n-n})^t} = \frac{1}{\ln(1+E_{n-n})} - \frac{1}{(1+E_{n-n})^{T_m} \ln(1+E_{n-n})}. \quad (6)$$

Если  $E_{n-n} = 0,08$ , то при  $T_m = 30$  лет без больших погрешностей можно записать:

$$\phi = \frac{1}{\ln(1+E_{n-n})} \cong \frac{1}{E_{n-n}}. \quad (7)$$

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

Тогда получим

$$\Pi_3 = \mu_1(C_D - C_Y) + \mu_2(C + C_D - C_Y) + \mu_3 C_P + \overline{C_T} \phi, \quad (8)$$

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

В тех случаях, когда известна периодичность проведения капитальных ремонтов, а затраты на их проведение даны в процентах к стоимости конструкций в деле,  $\Pi_3$  можно определять по формуле

$$\Pi_3 = \mu_1(C_D - C_Y) + C_3 \phi', \quad (9)$$

где  $C_3$  – среднегодовые затраты на капитальный и текущий ремонты и прочие виды эксплуатационных расходов, руб./год;

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

$$\Pi'_K = E_H (\overline{K_K} + \overline{K_M}) = E_H (\sum \overline{AK_K} + \sum \overline{AK_M}), \quad (10)$$

где  $\overline{K_K}$  и  $\overline{K_M}$  – приведенные капитальные вложения, соответственно: в производство конструкций, изделий, полуфабрикатов и материалов;

$\overline{A}$  – коэффициент, учитывающий приведение затрат на строительство предприятий по производству конструкций, изделий, полуфабрикатов и материалов к моменту ввода их в действие;

$K_K$  и  $K_M$  – капитальные вложения в производство соответствующих конструкций, изделий, полуфабрикатов и материалов, руб./год.

4. Экономический эффект от досрочного ввода объекта в действие.

Величину  $\Pi_n$ , по-видимому, следует определять в зависимости от величины дополнительной прибыли (за вычетом налога с оборота), которая может быть получена за период досрочного ввода объекта в действие. Формулу для определения величины  $\Pi_n$ , можно упрощенно записать в виде:

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

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

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

$$\Pi_{\Pi} = \int_0^{T_M} \frac{\Pi_{p_2} V_2 - \Pi_{p_1} V_1}{(1 + E_{n-n})^t} dt, \quad (11a)$$

где  $\Pi_{p_1} = f_1(t), \Pi_{p_2} = f_2(t), V_1 = f_3(t), V_2 = f_4(t)$ .

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

В этом случае ориентировочно величину  $\Pi_n$  рекомендуется определять по известной формуле, но с введением понижающего коэффициента

$$\Pi_{\Pi} = \frac{E'_n \Phi (T_2 - T_1)}{(1 + E_{n-n})^{T_{OM}}}, \quad (11б)$$

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

## ВЫВОД

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барашиков, А. Я. Оценка технического состояния строительных конструкций, зданий и сооружений [Текст] / А. Я. Барашиков, А. Н. Малышев. – К. : [б. и.], 1998. – 231 с. – ISBN 5-8238-0586-1.
2. Левченко, В. Н. Удосконалення проектних рішень і оцінка ефективності проектів промислових будівель [Текст] : Навчальний посібник / В. Н. Левченко, Д. В. Левченко. – Макіївка : ДонНАБА, 2004. – 310 с.
3. Левченко, В. Н. Формування ціни і оцінка ефективності інвестицій при ризикових умовах [Текст] : Навчальний посібник / В. Н. Левченко, В. Д. Кантер. – Макіївка : ДонНАБА, 1999. – 116 с.
4. Методические рекомендации по технико-экономической оценке проектных решений промышленных зданий и сооружений [Текст] / Науч.-исслед. ин-т. энергетических сооружений. – М. : НИИЭС Госстроя СССР, 1973. – 126 с.
5. Парабук, Г. С. Вопросы качества, надежности и долговечности в строительстве [Текст] / Г. С. Парабук // Экономика строительства. – 1982. – № 7. – С. 11–17.
6. Руководство по определению экономической эффективности повышения качества и долговечности строительных конструкций [Текст] / НИИ ЖБ Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1981. – 55 с.

Получено 21.09.2017

В. М. ЛЕВЧЕНКО, Д. В. ЛЕВЧЕНКО, О. Е. БРИЖАТИЙ  
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ, ВИРОБЛЕНИХ  
З РІЗНИХ МАТЕРІАЛІВ  
ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

**Анотація.** Важливим завданням при проектуванні різних будівельних об'єктів є вибір оптимального методу техніко-економічної оцінки та обґрунтування галузей і форм ефективного застосування будівельних конструкцій з різних матеріалів. При цьому необхідно обрати основний критерій і модель для обрахунку наведених витрат з урахуванням впливу різних факторів. У статті розглянуто економічні основи визначення ефективних будівельних конструкцій і визначені окремі складові наведених витрат, а також витрат у процесі зведення та експлуатації будівельних конструкцій.

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

VICTOR LEVCHENKO, DMITRY LEVCHENKO, OLEG BRYZHATYI  
EFFECTIVENESS ANALYSIS OF ENGINEER CONSTRUCTIONS, MADE FROM  
DIFFERENT MATERIALS  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The most important problem at designing work of various construction objects is solution of optimal method of technical and economic evaluation and feasibility study of fields and forms of application of building structures of various materials. It is necessary to select main criterion and model for adjusted expenditures determination considering different factors effect. The article deals with economic principles of building construction efficiency evaluation and certain components of given inputs and inputs in the process of reaction and operation of engineer constructions have been determined.

**Key words:** efficiency, adjusted investment, profitableness, cost.

**Левченко Виктор Николаевич** – кандидат технических наук, профессор, проректор по научно-педагогической и воспитательной работе ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономичных строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

**Левченко Дмитрий Викторович** – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций и сооружений 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.

**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.

**Левченко Віктор Миколайович** – кандидат технічних наук, професор, проректор з науково-педагогічної і виховної роботи ДОНБУСЬКА 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.

**Левченко Дмитро Вікторович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій і споруд ДОНБУСЬКА 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.

**Брижати́й Олег Едуардович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій ДОНБУСЬКА 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.

**Levchenko Dmitry** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, of the Metal Structures and Structures 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 Structures 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 69.056.55

А. В. ИХНО

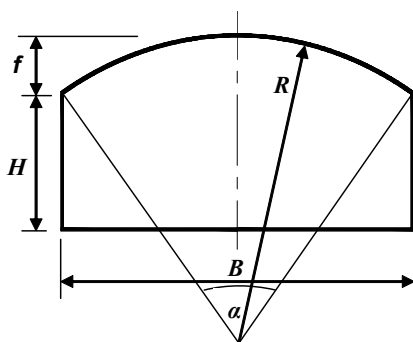
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СВОДОВ СТЕКЛОВАРЕННЫХ ПЕЧЕЙ ПО КРИТЕРИЯМ СИЛЫ РАСПОРА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМАХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

**Аннотация.** В статье рассмотрено проведение полного факторного эксперимента типа 2 в степени «к». Экспериментальный план был реплицирован проведением двух параллельных опытов. Проверена гипотеза воспроизводимости опытов, которая подтвердила факт отсутствия необходимости проведения повторного эксперимента. Представлена эмитационная модель. Методом наименьших квадратов были найдены коэффициенты уравнения регрессии. Коэффициенты уравнения были проверены на статистическую значимость, а модель на адекватность. Анализ модели показал значимость не только линейных эффектов но и парных взаимодействий факторов. Была установлена совместимость эффектов. Для получения дополнительной информации о результатах эксперимента был применен метод линейной интерполяции экспериментальных данных, была построена поверхность отклика, а также двумерные сечения поверхности отклика.

**Ключевые слова:** факторный эксперимент, метод наименьших квадратов, адекватность модели, линейная интерполяция.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ



**Рисунок 1** – Поперечный разрез реакционной камеры стекловаренной печи:  $B$  – ширина камеры, м;  $H$  – высота камеры, м;  $f$  – стрела подъема свода, м;  $R$  – радиус стрелы свода, м;  $\alpha$  – центральный угол свода, м;  $h_{cv}$  – толщина свода, мм.

Перед разработкой плана эксперимента на основе априорной информации были выявлены факторы, влияющие на силу распора свода печи ( $P$ , кН), к числу таких факторов относятся: коэффициент, зависящий от температуры под сводом в реакционной камере ( $k$ ), пролет свода ( $B$ ) и отношение подъема стрелы свода ( $f$ ) к пролету ( $B$ ) (рис. 1).

Эти факторы охарактеризованы как количественные, поскольку они задаются численными значениями, определяющими возможные области изменения рассматриваемого параметра.

При построении математической модели осуществлен переход от действительного (натурального) значения фактора к кодированному (стандартизированному) по формуле [1]:

$$x_i = \frac{x_j - x_{j0}}{\Delta x_j}, \quad (1)$$

где  $x_i$  – нормированное значение фактора;  
 $x_j$  – натуральное значение фактора;  
 $x_{j0}$  – основной уровень фактора;  
 $\Delta x_j$  – интервал варьирования фактора.

Обозначение соответствующих факторов, а также их кодирование в соответствии с формулой (1) представлены в таблице 1, 2.

Таблица 1 – Кодирование факторов ПФА-2<sup>k</sup>

№ п/п	Код фактора	Физический смысл фактора	Ед. изм.	Интервал варьирования	Уровни факторов		
					–1	0	+1
1	X <sub>1</sub>	Коэф. <i>k</i> , зависящий от температуры под сводом	–	0,75	2,0	2,75	3,5
2	X <sub>2</sub>	Пролет свода, <i>B</i>	м	2	4	6	8
3	X <sub>3</sub>	<i>f</i> – отношение подъема стрелы свода к пролету <i>B</i>	м	1/2	1/10	1/8	1/6

 Таблица 2 – Значение коэффициента *k* в зависимости от температуры

Температура под сводом по контр. термопаре, Т, °С	до 900	от 900 до 1 000	от 1 000 до 1 300	от 1 300 до 1 500
Коэффициент <i>k</i>	2,0	2,5	3,0	3,5

Реализация полного факторного эксперимента (ПФЭ) при варьировании всех факторов на двух уровнях потребовала проведения 2<sup>3</sup> опытов. С целью оценки чистой ошибки эксперимента план был реплицирован.

Сумма построчных выборочных дисперсий составила:  $\sum_{j=1}^N S_j^2 = 352,4035$  и критическое значение критерия  $G_p = 0,451635$ . Определено по таблице распределения Кохрена при уровне значимости  $\alpha = 0,05$  критическое значение критерия Кохрена, получено  $G_{кр} = 0,6798$ . Так как  $G_p < G_{кр}$ , то гипотеза об однородности дисперсий была принята, таким образом, не возникло необходимости в проведении повторного эксперимента (табл. 3).

Таблица 3 – Матрица планирования эксперимента ПФЭ с учетом взаимодействия факторов

№	Факторы (кодированные значения)								Переменная состояния (отклик, R), кН		
									Опыт 1	Опыт 2	Среднее
	X0	X1	X2	X3	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>ср</sub>
1	+	+	+	+	+	+	+	+	160,5724	142,731	151,6517
2	+	–	+	+	–	–	+	–	91,75567	81,56059	86,65813
3	+	–	–	+	+	–	–	+	46,88737	41,67766	44,28252
4	+	+	–	+	–	+	–	–	82,0529	72,93591	77,49441
5	+	+	–	–	–	–	+	+	128,8604	123,706	126,2832
6	+	+	+	–	+	–	–	–	254,1079	243,9436	249,0258
7	+	–	+	–	–	+	–	+	145,2045	139,3963	142,3004
8	+	–	–	–	+	+	+	–	73,63452	70,68914	72,16183

После проведения опытов во всех точках факторного пространства построена имитационная модель и найдены коэффициенты уравнения регрессии, для чего использовался метод наименьших квадратов.

Имитационная модель представлена в виде [2]:

$$Y(x_1, x_2, x_3) = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k \sum_{j=i+1}^k b_{ij} x_i x_j, \quad (2)$$

где  $b_0$  – свободный член;

$b_i$  – коэффициент при линейных членах, отражающий влияние *i*-го фактора на функцию отклика;

$b_{ij}$  – коэффициент при членах, отображающих парные линейные взаимодействия,

*k* – число входных параметров.

Принимая в расчет свойства матрицы планирования, согласно МНК общая формула (3) для вычисления коэффициентов имеет вид:

$$b_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ji} Y_i, j = \overline{0, k}. \quad (3)$$

Полученные коэффициенты уравнения регрессии представлены в таблице 4.

**Таблица 4** – Коэффициенты регрессии

$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_{12}$	$b_{13}$	$b_{23}$	$b_{123}$
118,7322	32,38152	38,67675	-28,7106	10,54821	-7,83016	-9,54353	-2,60279

Проверена значимость коэффициентов регрессии. Предварительно определена дисперсия воспроизводимости (дисперсия отклика),  $S_{восп}^2 = 44,05044$ . Дисперсия коэффициентов уравнения регрессии составила:

$$S_b^2 = \frac{S_{восп}^2}{nm} = 2,753153, \quad S_b = \sqrt{S_b^2} = 1,659263, \quad (4)$$

где  $n$  – число опытов (вариантов),  
 $m$  – число параллельных опытов эксперимента.

Найдено значение доверительного интервала для коэффициентов регрессии. По таблице распределения Стьюдента при уровне значимости  $\alpha = 0,05$  теоретическое значение критерия Стьюдента равно  $t_{0,05,8} = 2,31$ , откуда  $\Delta b_j = 3,832897$ . Из сопоставления доверительного интервала  $\Delta b_j$  с абсолютными значениями коэффициентов модели следует, что коэффициент  $b_{123}$  является незначимым, и так как все коэффициенты уравнения оценивались независимо, то исключение коэффициента  $\Delta b_{123}$  из уравнения не приводит к изменению других оценок и их дисперсий, поэтому его можно исключить из уравнения, остальные коэффициенты являются значимыми. Таким образом, окончательное уравнение регрессии примет вид (5):

$$\begin{aligned} \hat{y}_{mod,y} = & 118,7322 + 32,38152x_1 + 38,67675x_2 - 28,7106x_3 + \\ & + 10,54821x_1x_2 - 7,83016x_1x_3 - 9,54353x_2x_3. \end{aligned} \quad (5)$$

Результаты расчета выходных параметров по уравнению полученной модели приведены в таблице 5.

**Таблица 5** – Результаты расчета выходных параметров по уравнению полученной модели

Среднее	Модель
$\bar{Y}_{cp}$	$Y_{mod}$
151,6517	154,2538
86,65813	84,0548
44,28252	46,8846
77,49441	74,8908
126,2832	128,8862
249,0258	246,4232
142,3004	144,9034
72,16183	69,5592

Адекватность полученного уравнения регрессии экспериментальным данным проверена с помощью критерия Фишера, для чего оценено отклонение выходной величины, предсказанной уравнением регрессии от результатов эксперимента в различных точках.

Экспериментальное значение критерия Фишера (6):

$$F_{эсп} = \frac{S_{ад}^2}{S_{восп}^2} = 1,23034. \quad (6)$$

По таблице распределения Фишера при уровне значимости  $\alpha = 0,01$  найдено критическое значение критерия Фишера  $F_{крит} = 5,32$ . Поскольку  $F_{экс} < F_{крит}$ , то гипотеза об адекватности полученной модели принята.

Для записи математической модели в реальных физических величинах произведен обратный переход от стандартизированного масштаба к натуральному, получен таким образом окончательный вид модели (7):

$$\begin{aligned} \hat{y}_{\text{мод},y} = & 118,7322 + 32,38152 \frac{k-2,75}{0,75} + 38,67675 \frac{B-6}{2} - 28,7106 \frac{f-1/8}{1/2} + \\ & + 10,54821 \frac{k-2,75}{0,75} \frac{B-6}{2} - 7,83016 \frac{k-2,75}{0,75} \frac{f-1/8}{1/2} - 9,54353 \frac{B-6}{2} \frac{f-1/8}{1/2}. \end{aligned} \quad (7)$$

Окончательно после математических преобразований (8):

$$\hat{y}_{\text{мод},y} = -7,1575475 + 3,59252k + 1,19289B + 57,25998f + 7,03214kB - 20,88kf - 9,54353Bf. \quad (8)$$

## ВЫВОДЫ

Проверена гипотеза воспроизводимости опытов. Она подтвердила факт отсутствия необходимости проведения повторного эксперимента. Анализ модели показал значимость не только линейных эффектов, но и парных взаимодействий факторов. Причем пролет свода  $B$  оказывает более сильное влияние по сравнению с коэффициентом  $k$ , а отношение подъема стрелы свода  $f$  еще менее значимо, по сравнению с предыдущими двумя факторами. Значимыми оказались два коэффициента из трех совместных факторов. Была установлена совместимость эффектов, причем наиболее сильное совместное влияние факторов ( $x_1$  и  $x_2$ ). Выявлено, что совместное влияние трех факторов на функцию отклика не влияет.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колибаба, О. Б. Математическая модель оптимизации работы термической печи для нагрева насыпных заготовок [Текст] / О. Б. Колибаба, В. В. Бухмиров, М. Г. Сулейманов // Вестник ИГЭУ. – 2014. – Вып. 1. – С. 1–4.
2. Маркова, Е. В. Комбинаторные планы в задачах многофакторного эксперимента [Текст] / Е. В. Маркова, Л. Н. Лисенков. – М.: Наука, 1979. – 345 с.
3. Нагорский, Д. В. Общая методика расчета печей [Текст] / Д. В. Нагорский. – М.; Л.: Изд-во Академии Наук СССР, 1941. – 312 с.
4. Налимов, В. В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов [Текст] / В. В. Налимов, Н. А. Чернова. – М.: Наука, 1965. – 340 с.
5. Степаненко, М. Г. Пути совершенствования ванн стекловаренных печей [Текст] / М. Г. Степаненко. – М.: Госстройиздат, 1960. – 160 с.
6. СТО НОСТРОЙ 2.31.5-2011. Строительство, реконструкция, ремонт. Промышленные печи и тепловые агрегаты [Текст]. – Введ. в действие 14.10.2011. – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 181 с.
7. СТО НОСТРОЙ 2.31.12-2011. Строительство, реконструкция, ремонт. Промышленные печи и тепловые агрегаты. Проведение и контроль выполнения пуско-наладочных работ [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 41 с.
8. СНиП III-24-75. Строительные нормы и правила. Промышленные печи и кирпичные трубы [Текст]. – Взамен СНиП III-Г.12-62; введ. 1976-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 16 с.
9. Тимошенко, Г. М. Теория инженерного эксперимента [Текст]: учебное пособие / Г. М. Тимошенко, П. Ф. Зима. – Донецк: ДПИ, 1984. – 60 с.
10. Финни, Д. Введение в теорию планирования экспериментов [Текст] / Д. Финни. – М.: Наука, 1970. – 288 с.

Получено 28.09.2017

Г. В. ІХНО  
ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СКЛЕПІНЬ СКЛОВАРНИХ  
ПЕЧЕЙ ЗА КРИТЕРІЯМИ СИЛИ РОЗПОРУ ПРИ РІЗНИХ  
ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ  
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва та архітектури»

**Анотація.** У статті розглянуто проведення повного факторного експерименту типу 2 в степені «к». Експериментний план було репліковано проведенням двох паралельних дослідів. Перевірена гіпотеза відтворюваності дослідів підтвердила факт відсутності необхідності проведення повторного експерименту. Представлена емітаційна модель. Методом найменших квадратів були знайдені

коефіцієнти рівняння регресії. Коефіцієнти рівняння були перевірені на статистичну значущість, а модель на адекватність. Аналіз моделі показав значимість не тільки лінійних ефектів, але і парних взаємодій чинників. Була встановлена сумісність ефектів. Для отримання додаткової інформації про результати експерименту був застосований метод лінійної інтерполяції експериментальних даних, була побудована поверхня відгуку, а також двовимірні перерізи поверхні відгуку.

**Ключові слова:** факторний експеримент, методом найменших квадратів, адекватність моделі, лінійна інтерполяція.

ANNA IHNO

OPTIMIZATION OF GEOMETRIC PARAMETERS OF VAULTS OF GLASS  
FURNACES ACCORDING TO THE STRENGTH CRITERIA OF THE EXPANSION  
AT DIFFERENT OPERATING TEMPERATURES

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The article considers the conduct of a full factorial experiment of type 2 in the «k» degree. The experimental plan was replicated by conducting two parallel experiments. The hypothesis of the reproducibility of the experiments was verified, which confirmed the fact that there was no need to conduct a repeat experiment. The emitting model is presented. By the method of least squares, the coefficients of the regression equation were found out. The coefficients of the equation were checked for statistical significance, and the model for adequacy. The analysis of the model has shown the significance of not only linear effects but also of paired interactions of factors. Compatibility of effects was established. To obtain additional information on the results of the experiment, the method of linear interpolation of the experimental data was applied, the response surface was constructed, and also the two-dimensional cross sections of the response surface.

**Key words:** factor experiment, least squares method, model adequacy, linear interpolation.

**Ихно Анна Владимировна** – асистент кафедри технології і організації строительства ГОУ ВПО «Донбас-ская 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.

**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.

**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.

УДК 69.059.4.003

**В. Н. ЛЕВЧЕНКО, Д. В. ЛЕВЧЕНКО, Н. А. НЕВГЕНЬ, А. А. ХРАМОГИН**  
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ТЕХНИЧЕСКИЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы надежности зданий и сооружений, а также ее формирование на всех этапах существования зданий и сооружений. Оценка технического состояния зданий и сооружений предназначена для качественного и количественного представления показателей, характеризующих свойства материалов и состояние объектов, изучения процессов, протекающих в конструкциях, основаниях и оборудовании, а также выявления фактических эксплуатационных свойств материалов, элементов конструкций и установления их соответствия техническим требованиям. Обеспечение требуемого уровня долговечности и надежности зданий и сооружений в процессе их существования выполняется техническими и организационными методами.

**Ключевые слова:** безотказность, долговечность, резервирование, дефекты, ремонтпригодность.

Надежность зданий и сооружений непрерывно формируется на всех этапах их существования. На стадии проектирования определяются нагрузки и воздействия, осуществляется выбор материалов и разрабатывается конструктивное решение, учитывающее основные факторы условий эксплуатации объекта. Тем самым формируется первоначальный уровень долговечности и безотказности здания и его элементов. Принятые в конструктивном решении соединения отдельных элементов формируют ремонтпригодность конструкций и инженерного оборудования. Кроме того, при проектировании закладывается определенный запас в основные параметры объекта (прочность, деформативность и т. п.), который называется начальным резервированием (рис. 1).

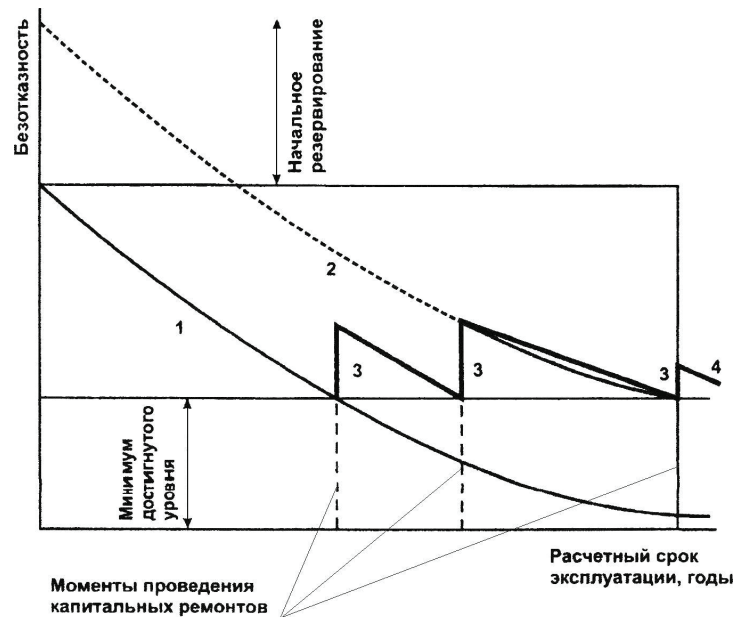
При возведении зданий и сооружений качество монтажных работ, соответствие применяемых материалов проекту и правильное выполнение технологических процессов вносят определенную корректировку в свойства безотказности и долговечности элементов объекта.

Выполнение ремонтных работ, замена изношенных элементов в определенной мере восстанавливает уровень безотказности конструкций и оборудования. Использование при ремонтах новых технологий и материалов, предупреждающих износ, повышает долговечность конструкций и оборудования, и наоборот, нарушение правил эксплуатации, несвоевременное проведение предупредительных ремонтов приводят к уменьшению расчетного уровня долговечности.

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.



**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.

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.

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:

- 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 ремонтпригодности 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:

$$T_{\text{неиспр}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4. \quad (1)$$

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:

$$T_{\text{неиспр min}} = t_1 + t_{2\min} + t_{3\min} + t_4. \quad (2)$$

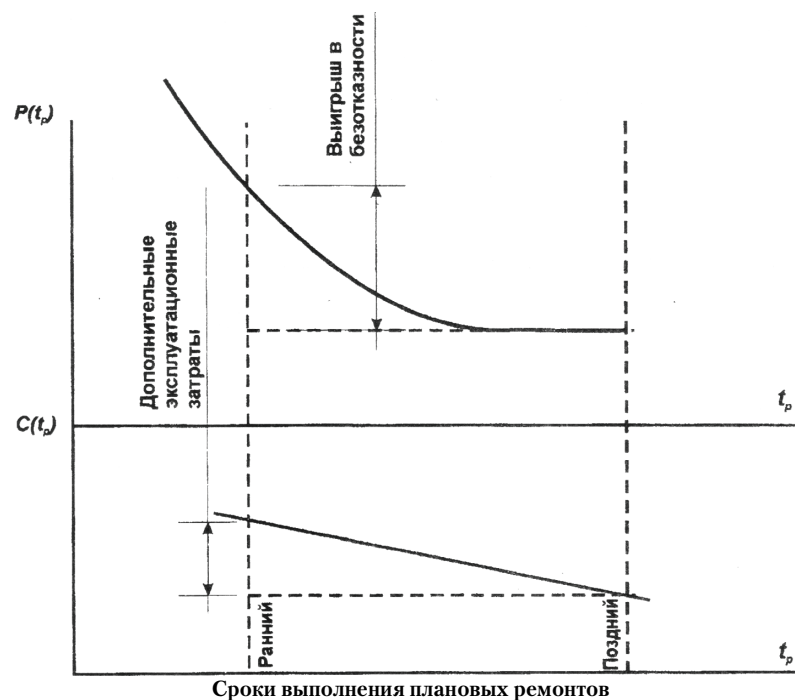


Не всегда, получив информацию о наличии неисправности, эксплуатационный персонал немедленно начинает заниматься ее устранением. В этом случае, если неисправность вызывает не скачкообразное, а постепенное отклонение параметров объекта, то до наступления отказа объекта через время  $T_{от}$  его можно предотвратить. Для этого в момент времени  $i_x$  эксплуатационный персонал должен оперативно (за время  $t_{3min}$ ) 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:

$$T_{рез} = T_{от} - T_{пер} = T_{от} - (t_1 + t_{2min} + t_{3min} + t_4). \quad (3)$$

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. Суммарные материальные затраты, связанные с возникновением и существованием отказа, с мероприятиями по его предупреждению и ликвидации, отнесенные к единице времени, называются интенсивностью эксплуатационных затрат.

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:

$$I_{от} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{T_{nl}}{T_{cp}^2}, \quad (4)$$

где  $T_{пл}$  – назначаемая периодичность проведения плановых замен конструкции (или ее элементов);  
 $T_{ср}$  – средний срок службы конструкции.

Задача обеспечения требуемого уровня частоты отказов сводится к выполнению неравенства:

$$I_{от} \leq I_{доп}. \quad (5)$$

Отсюда определяется периодичность проведения плановых замен конструкции:

$$T_{ср} \leq \frac{\pi}{4} \cdot I_{доп} \cdot T_{ср}^2. \quad (6)$$

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. Для решения этой задачи строится график зависимости интенсивности эксплуатационных затрат от межремонтного периода конструкции, по которому определяется наименьшее значение функции. Это значение ординаты и будет соответствовать оптимальному межремонтному периоду.

*Пример.* Как установлено, мастичная кровля «Вента» имеет средний срок службы 18,3 года. Допустимая частота отказов кровли  $I_{доп} = 0,04$  1/год. График изменения интенсивности эксплуатационных затрат в зависимости от межремонтного периода представлен на рис. 3.



Рисунок 3 – Изменение интенсивности эксплуатационных затрат в зависимости от межремонтного периода.

Требуется выбрать оптимальный межремонтный период для кровли, который обеспечивал бы требуемый уровень ее надежности и был экономически оправданным.

*Решение.* Определяем значения межремонтных периодов, которые обеспечивают требуемый уровень частоты отказов кровли:

$$T_{ср} \leq \frac{\pi}{4} \cdot I_{доп} \cdot T_{ср}^2 = \frac{\pi}{4} \cdot 0,04 \cdot 18,3^2 = 17,01 \approx 17 \text{ лет}.$$

По графику интенсивность эксплуатационных затрат в диапазоне от 0 до 17 лет принимает наименьшее значение при  $T_{пл} = 14,5$  года. Поскольку плановые ремонты проводятся с периодичностью, кратной году, принимаем межремонтный период 14 лет, при котором частота отказов равна  $I_t = 0,034$  1/год, что меньше допустимого значения  $I_{доп}^* = 0,04$  1/год.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанов, В. И. Экономика повышения долговечности и коррозионной стойкости строительных конструкций [Текст] / В. И. Агаджанов. – М. : Стройиздат, 1988. – 143 с.
2. Бабушкин, В. И. Защита строительных конструкций от коррозии, старения и износа [Текст] / В. И. Бабушкин. – Харьков : Вища школа, Головное изд-во, 1989. – 169 с.
3. Порывай, Г. А. Предупреждение преждевременного износа зданий [Текст] / Г. А. Порывай. – М. : Стройиздат, 1979. – 284 с.

4. Рекомендации по защите от коррозии строительных конструкций лакокрасочными покрытиями [Текст] / Харьковский проектный и научно-исследовательский институт Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1973. – 182 с.
5. Рекомендации по обеспечению надежности и долговечности железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений при их реконструкции и восстановлении [Текст] / Харьковский проектный и научно-исследовательский институт Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1990. – 176 с.
6. Чехов, А. П. Захист будівельних конструкцій від корозії [Текст] / А. П. Чехов, В. М. Глушенко. – Київ : Вища школа, 1994. – 221 с.

Получено 08.10.2017

**В. М. ЛЕВЧЕНКО, Д. В. ЛЕВЧЕНКО, М. О. НЕВГЕНЬ, О. А. ХРАМОГІН  
ТЕХНІЧНІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНІ МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
ДОВГОВІЧНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ  
БУДІВЕЛЬ І СПОРУД У ПРОЦЕСІ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ  
ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»**

**Анотація.** У статті розглядаються питання надійності будівель і споруд, і те, як вона формується на всіх етапах існування будівель і споруд. Оцінка технічного стану будівель і споруд призначена для якісного й кількісного надання показників, які характеризують властивості матеріалів і стан об'єктів, вивчення процесів, що відбуваються у конструкціях, основах і обладнанні, а також виявлення фактичних експлуатаційних властивостей матеріалів, елементів конструкцій і встановлення їх відповідності технічним вимогам. Забезпечення необхідного рівня довговічності і надійності будівель і споруд у процесі їх існування забезпечується технічними й організаційними методами,

**Ключові слова:** безвідмовність, довговічність, резервування, дефекти, ремонтпридатність

**VICTOR LEVCHENKO, DMITRY LEVCHENKO, NIKOLAI NEVGEN,  
ALEKSANDR KHRAMOGIN  
TECHNICAL AND ORGANIZATIONAL METHODS PROVIDING THE  
DURABILITY AND RELIABILITY OF BUILDING CONSTRUCTIONS APPLIED  
IN STRUCTURES**

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The problems of reliability of buildings and structures and the ways of its forming in all stages of buildings and structures operation are considered in the article. The estimation of engineering of buildings and structures is to show the quality and quantity data that describe the properties of materials and projects state studying of processes in the structures, grounds and equipment and also revealing the factual operating ability of materials, structures elements and determination of their meeting technical requirements. Providing of the required level of buildings and structures reliability in the process of their operation is carried out with technical and organizational methods.

**Key words:** reliability, durability, redundancy, defects, maintainability.

**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.

**Левченко Дмитрий Викторович** – кандидат технических наук, доцент. Научные интересы: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

**Невгень Николай Александрович** – 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.

**Храмогин Александр Андреевич** – магистр 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: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

**Левченко Дмитро Вікторович** – кандидат технічних наук, доцент. Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

**Невгень Микола Олександрович** – 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.

**Храмогин Олександр Андрійович** – магістр 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, chancellor's office. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

**Levchenko Dmitry** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

**Nevgen Nikolai** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Reinforced Concrete Structures 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.

**Khramogin Aleksandr** – the master, 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 669.018.046:621.74.047

**А. Я. БАБАНИН<sup>а</sup>, В. В. БЕЛОУСОВ<sup>б</sup>, Н. В. САВЕНКОВ<sup>а</sup>**<sup>а</sup> ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», <sup>б</sup> ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА ПРИ ПОВЫШЕННОМ АБРАЗИВНОМ ИЗНОСЕ В ШЛАМОВЫХ МАГИСТРАЛЯХ ЦЕМЕНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Аннотация.** Представлены результаты проведенных исследований методом математического моделирования изменения гидродинамической структуры потока движения шламовой смеси и вектора скорости в пробковом и шаровом кране большого диаметра при их работе на шламовых магистралях цементного производства с учетом основных параметров процесса: диаметр трубопровода, физические свойства шламовой смеси, скорость и интенсивность ее транспортировки. На основании полученных результатов определены оптимальные режимы работы пробковых и шаровых кранов, обеспечивающие минимальный износ пробки и корпуса.

**Ключевые слова:** запорная арматура, пробковый кран, шаровой кран, шламовая магистраль, цементное производство.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Цементная промышленность – это одна из ведущих отраслей строительной индустрии. Производственные мощности цементных заводов постоянно модернизируются, что достигается техническим перевооружением и реконструкцией существующих заводов, внедрением прогрессивных технологий и нового оборудования. Это позволяет существенно снизить удельные капитальные вложения, эксплуатационные расходы и себестоимость продукции.

Производство цемента мокрым способом предусматривает измельчение сырьевой смеси в водной среде и получение на выходе сырьевой массы в виде водной суспензии (шлама) влажностью 30...50 %. Сырьевой цех представляет собой сложную систему шламовых магистралей, включающую насосные станции, трубопроводы и установленную на них, запорную арматуру. Система шламовых магистралей обеспечивает подачу шлама от агрегата его изготовления до вращающихся печей.

Одним из быстросменных, в связи с малым сроком службы, устройством системы шламовых магистралей является запорная арматура, в качестве которой широко применяются пробковые краны и все большее применение находят шаровые краны. Преимуществами применения пробковых кранов большого диаметра вместо аналогичных задвижек являются их малые размеры, простота в обслуживании и возможность механизации управления, а также низкая стоимость [1].

Поэтому проведение исследований по изучению особенностей работы пробковых и шаровых кранов в условиях повышенного абразивного износа с целью повышения срока их службы является актуальной задачей, а результаты исследований представляют интерес для специалистов, работающих в области создания новых высокоэффективных машин, агрегатов, механического оборудования и технологических процессов цементного производства.

Пробковый кран, который также называют конусным или коническим краном – это один из самых давних и самых простых типов запорной арматуры, достаточно привести в пример самоварный кран, имеющий именно эту конструкцию [2]. Сквозное отверстие в пробке, которое в отличие от шаровых кранов, как правило, не круглое, а трапециевидное. Сёдлами является внутренняя поверхность корпуса. Таким образом, уплотнительными поверхностями запорного органа являются конические поверхности – наружная пробка и внутренняя корпуса [3].

В пробковых кранах необходимо обеспечить два весьма трудно сочетаемых требования – создать плотный и герметичный контакт между коническими поверхностями сопряжения пробки и корпуса, при этом обеспечить свободный плавный поворот пробки, не допуская её заклинивания и задираания уплотнительных поверхностей [4].

Шаровой кран – это кран, запирающий или регулирующий элемент которого имеет сферическую форму, один из современных и прогрессивных типов запорной арматуры, находящий всё большее применение для различных условий работы, не является новинкой и известен уже более 100 лет. Однако, в ранних вариантах исполнения шаровой кран не обеспечивал плотного перекрытия подачи транспортируемой среды из-за трудности в обеспечении плотного контакта сопрягаемых металлических поверхностей шаровой пробки и седла корпуса. Появление и внедрение таких материалов, как фторопласт и синтетический каучук, для изготовления сёдел способствовали началу широкого применения шаровых кранов. Новые материалы позволили обеспечить плотность закрытия и существенно снизить усилия, необходимые для управления краном [5].

Одним из современных требований к пробковым и шаровым кранам, работающим на шламовых магистралях цементного производства, является снижение их абразивного износа и, следовательно, повышение срока службы. Исследования проводили для условий работы сырьевого цеха ООО «Донецмент» с учетом действующего оборудования и ее технических характеристик.

На основании выполненного анализа выхода из рабочего состояния пробковых кранов рабочего диаметра 200 мм установлено, что:

- выход из рабочего состояния пробковых кранов происходит в результате значительного абразивного износа пробки и корпуса при соприкосновении с движущейся шламовой смесью, а также в результате износа сопряженных поверхностей корпуса и пробки;
- первыми признаками значительного износа сопряженных поверхностей корпуса и пробки является пропускание шламовой смеси в закрытом состоянии пробкового крана;
- интенсивность износа зависит от гидродинамических параметров движения шламовой смеси (в частности от линейной скорости движения), от механических свойств материала пробкового крана и от физических параметров шламовой смеси (химический состав смеси и фракционный состав твердых частиц, верхний предел крупности и микро- твердость твердых частиц (табл. 1).

**Таблица 1** – Основные физические параметры сырьевой шламовой смеси

Содержание основных компонентов, %					Верхн. предел крупн., мм	Ср. микротвердость, кг/мм <sup>2</sup>
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO		
13,20	4,00	42,30	2,43	1,23	2,0	123,0

Математическое моделирование данного процесса выполнено на программном комплексе SolidWorks, который обеспечивает разработку изделий любой степени сложности и назначения, работает в среде Microsoft Windows, разработан компанией SolidWorks Corporation, являющейся независимым подразделением компании Dassault Systemes (Франция). Программа появилась в 1993 году и составила конкуренцию таким продуктам, как AutoCAD и Autodesk Mechanical Desktop, SDRC I-DEAS и Pro/ENGINEER [6].

При моделировании применяли метод конечных элементов (МКЭ) – численный метод решения дифференциальных уравнений с частными производными, а также интегральных уравнений, возникающих при решении задач прикладной физики. Метод широко используется для решения задач механики деформируемого твёрдого тела (сопромата), теплообмена, гидродинамики и электродинамики [7, 8]. В соответствии с [9–12] метод конечных разностей (МКР) (метода сеток) базируется на уравнениях в дифференциальной форме, при этом дифференциальные операторы заменяются конечно-разностными соотношениями различной степени точности. Как правило, они строятся на ортогональных сетках (прямоугольной, цилиндрической и т. д.). Это позволяет факторизовать операторы и свести решение многомерной задачи к последовательности одномерных задач, а значит, существенно упростить и ускорить решение общей системы уравнений. К недостаткам метода следует отнести плохую аппроксимацию границ сложных областей, что не слишком принципиально для уравнений теплопроводности, но весьма существенно для уравнений гидродинамики.

Основная идея метода конечных разностей (метода сеток) для приближенного численного решения краевой задачи для двумерного дифференциального уравнения в частных производных состоит

в том, что на плоскости в области  $A$ , в которой ищется решение, строится сеточная область  $A_s$ , состоящая из одинаковых ячеек размером  $s$  ( $s$  – шаг сетки) и являющаяся приближением данной области  $A$ ; также заданное дифференциальное уравнение в частных производных заменяется в узлах сетки  $A_s$  соответствующим конечно-разностным уравнением; с учетом граничных условий устанавливаются значения искомого решения в граничных узлах области  $A_s$  [13–15].

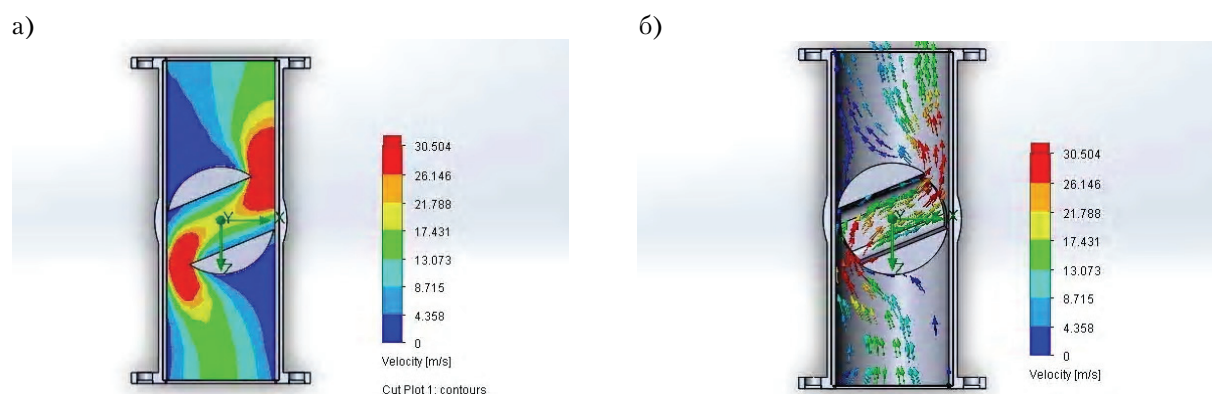
Исходные данные для математического моделирования:

1. Пробковые и шаровые краны рабочим диаметром установлены на магистрали подачи шламовой смеси из сырьевого цеха в цех обжига насосом Углесос 12У10-М.
2. Истечение шламовой смеси происходит в емкость при окружающих нормальных условиях, т. е. температура  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  и давлении  $98\text{ кН/м}^2$ .
3. Насос марки Углесос 12У10-М обеспечивает подачу шламовой смеси –  $900\text{ м}^3/\text{ч}$  или  $0,25\text{ м}^3/\text{с}$ , имеет следующие основные технические характеристики:
  - подача шламовой смеси –  $400\text{ кг/с}$ ;
  - напор –  $85\text{ м}$ ;
  - мощность двигателя –  $315\text{ кВт}$ ;
  - частота вращения –  $1\,500\text{ об/мин}$ ;
  - КПД –  $70\%$ .
4. Плотность шламовой смеси –  $1\,600\text{ кг/м}^3$ .
5. Скорость движения шламовой смеси принималась из табл. 2.

**Таблица 2** – Результаты расчета скорости движения шламовой смеси в трубопроводе

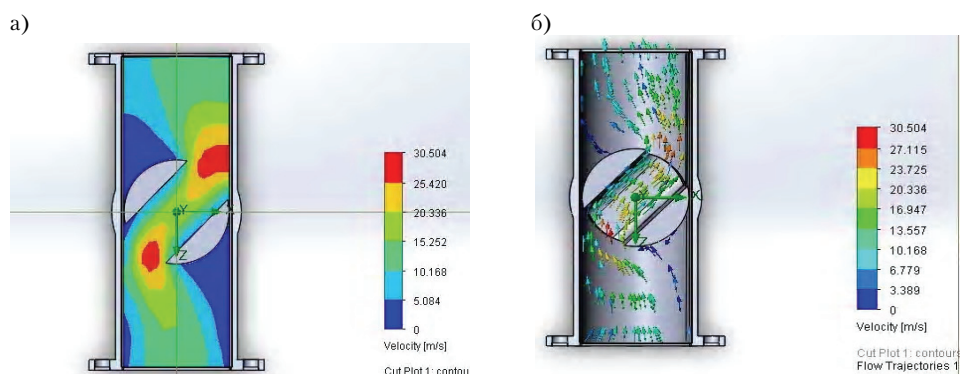
Рабочий диаметр трубопровода, м	Объем трубопровода длиной 1 м, $V(\text{м}^3)$	Скорость движ. шлам. смеси в трубопроводе без учета шерохов. поверхности, $v$ (м/с)	Скорость движения шламовой смеси с учетом шероховатости трубопровода, $v_0$ (м/с)	Скорость движения шламовой смеси при на половину закрытом кране, $v_0$ (м/с)
100	0,0314	7,96	5,57	11,15
150	0,070	3,50	2,45	4,90
200	0,10	2,50	1,75	3,50
250	0,20	1,25	0,80	1,60

В результате математического моделирования определена гидродинамическая структура и вектор скорости движения шламовой смеси в пробковом кране рабочим диаметром 200 мм при его открытии на  $22,5$ ,  $45$  и  $67,5^{\circ}$ , представлены соответственно на рис. 1, 2 и 3 со шкалой скорости движения шламовой смеси.

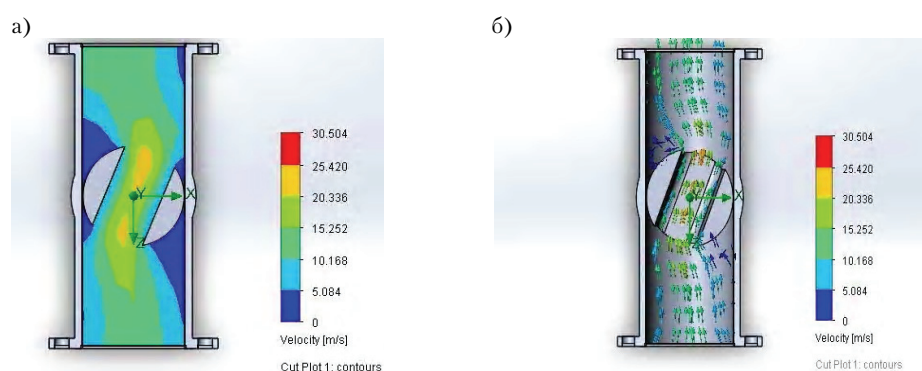


**Рисунок 1** – Гидродинамическая структура (а) и вектор скорости движения шламовой смеси (б) при открытии пробкового крана на  $22,5^{\circ}$ .





**Рисунок 2** – Гидродинамическая структура (а) и вектор скорости движения шламовой смеси (б) при открытии пробкового крана на  $45^\circ$ .



**Рисунок 3** – Гидродинамическая структура (а) и вектор скорости движения шламовой смеси (б) при открытии пробкового крана на  $67,5^\circ$ .

Установлено, что структура гидродинамического потока шламовой смеси, в зависимости от скорости движения, состоит из следующих зон:

- зона малых скоростей, менее 5 м/с (расположена вблизи поверхности трубопровода);
- зона средних скоростей, 5...20 м/с;
- зона высоких скоростей, 20...25 м/с;
- зона интенсивных скоростей, 25...30 м/с.

С изменением угла открытия пробкового крана значительно изменяется гидродинамическая структура потока шламовой смеси, в частности при уменьшении угла открытия пробкового крана, т. е. при его закрытии, объем зоны интенсивных скоростей, расположенных на срезе пробки, значительно увеличивается. Это приводит к увеличению скорости абразивного износа кромки пробки.

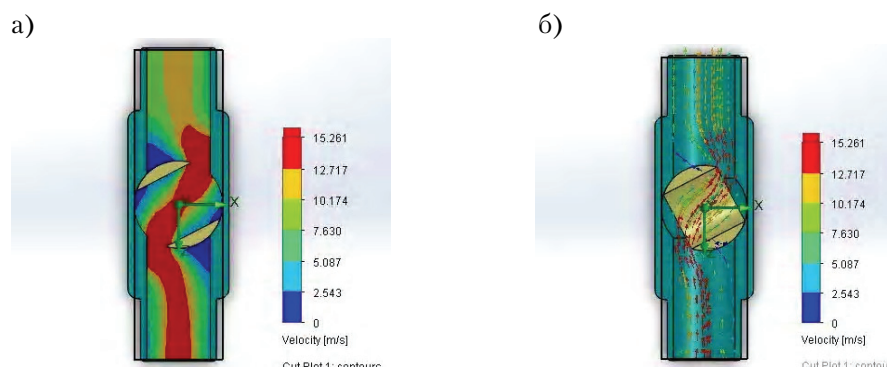
При открытии пробкового крана на  $45^\circ$  объем зоны интенсивного движения уменьшается, а при открытии пробкового крана на  $67,5^\circ$  исчезает полностью. Вектор скорости шламовой смеси изменяется аналогично гидродинамической структуре потока.

Таким образом, для снижения абразивного износа пробкового крана и повышения срока его службы целесообразно организовать работу пробкового крана таким образом, чтобы он работал с углом открытия  $68...90$  градусов.

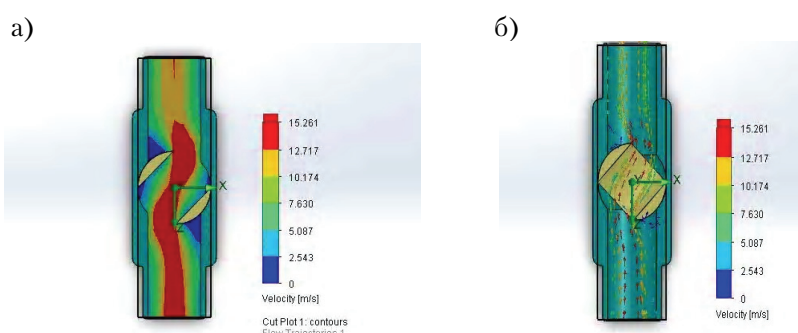
В результате математического моделирования определена гидродинамическая структура и вектор скорости движения шламовой смеси в шаровом кране рабочим диаметром 200 мм при его открытии на  $22,5$ ,  $45,0$  и  $67,5^\circ$ , представленные соответственно на рис. 4, 5 и 6.

Структура гидродинамического потока шламовой смеси в шаровом кране, в зависимости от скорости движения, состоит из следующих зон:

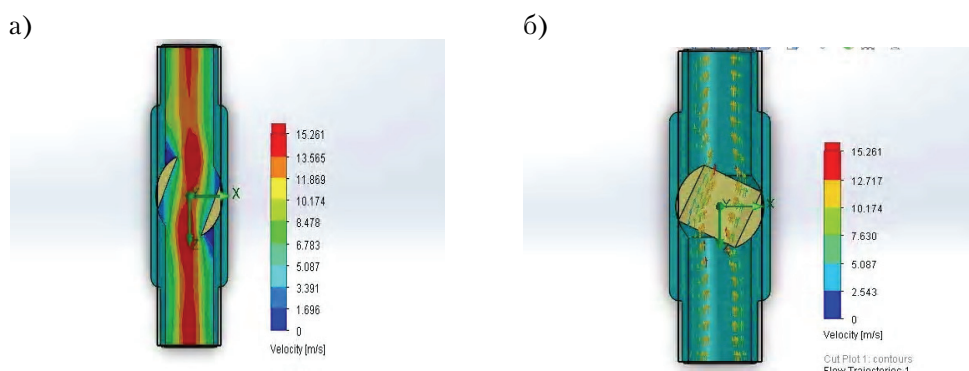
- зона малых скоростей, менее 2,5 м/с (расположена вблизи поверхности трубопровода);
- зона средних скоростей, 2,5...10,2 м/с;
- зона высоких скоростей, 10,2...12,7 м/с;



**Рисунок 4** – Гидродинамическая структура (а) и вектор скорости движения шламовой смеси (б) при открытии пробкового крана на  $22,5^\circ$ .



**Рисунок 5** – Гидродинамическая структура (а) и вектор скорости движения шламовой смеси (б) при открытии пробкового крана на  $45^\circ$ .



**Рисунок 6** – Гидродинамическая структура (а) и вектор скорости движения шламовой смеси (б) при открытии пробкового крана на  $67,5^\circ$ .

– зона интенсивных скоростей, 12,7...15,3 м/с.

С изменением угла открытия шарового крана значительно изменяется гидродинамическая структура потока шламовой смеси, в частности при уменьшении угла открытия пробкового крана, т. е. при его закрытии, объем зоны интенсивных скоростей, расположенных на срезе пробки, значительно увеличивается. Это приводит к увеличению скорости абразивного износа кромки шара.

При открытии пробкового крана на  $45^\circ$  объем зоны интенсивного движения уменьшается, а при открытии пробкового крана на  $67,5^\circ$  исчезает полностью. Вектор скорости шламовой смеси изменяется аналогично гидродинамической структуре потока.

Таким образом, для снижения абразивного износа шарового крана и повышения срока его службы целесообразно организовать работу шарового крана таким образом, чтобы он работал в открытом положении с углом раскрытия 68...90 градусов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате математического моделирования движения потока шламовой смеси в пробковом и шаровом кране определена гидродинамическая структура потока и вектор скорости его движения. Установлены четыре характерные области гидродинамической структуры шламового потока: малых, средних, высоких и интенсивных скоростей его движения. Определены их количественные значения, свидетельствующие, что скорость движения шламовой смеси в этих областях в шаровом кране в два раза меньше чем в пробковом, а следовательно и абразивный износ шарового крана будет в два раза меньше, чем пробкового.

Установлено, что с изменением угла открытия крана значительно изменяется гидродинамическая структура потока шламовой смеси, в частности при уменьшении угла открытия, т. е. при его закрытии, объем зоны интенсивных скоростей, расположенной на срезе как пробки, так и шара, значительно увеличивается, что приводит к увеличению скорости абразивного износа их кромок. Поэтому для снижения абразивного износа как пробкового, так и шарового крана и повышения срока их службы необходимо организовать их работу с углом открытия в диапазоне 68...90 градусов. Для чего целесообразно применять механическое управление оптимального угла открытия крана.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Имбрицкий, М. И. Краткий справочник по трубопроводам и арматуре [Текст] / М. И. Имбрицкий. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1969. – 352 с.
2. Окопишников, А. И. Эксплуатация и ремонт оборудования на углеобогатительных фабриках [Текст] / А. И. Окопишников, В. Я. Запсельский. – М.: Недра, 1976. – 288 с.
3. Сорокин, Г. М. Инженерные критерии определения износостойкости сталей и сплавов при механическом изнашивании [Текст] / Г. М. Сорокин // Вестник машиностроения. – 2001. – № 11. – С. 57–57.
4. Иголкин, А. И. Износостойкая наплавка на внутренних поверхностях трубопроводов и емкостных аппаратов [Текст] / А. И. Иголкин, Ю. В. Зеленин // Химическая и нефтегазовая промышленность: Научно-технический журнал. – 2009. – № 4. – С. 46–48.
5. Сафонов, Б. П. Инженерная трибология: оценка износостойкости и ресурса трибосопряжений [Текст]: учеб. пособие / Б. П. Сафонов, А. В. Бегова; М-во образования Рос. Федерации, Рос. хим.-технол. ун-т им. Д. И. Менделеева, Новомоск. ин-т. – Новомосковск: Новомоск. ин-т РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2004. – 59 с. – ISBN 5-7237-0614-4.
6. Алямовский, А. А. SolidWorks/COSMOS Works. Инженерный анализ методом конечных элементов [Текст] / А. А. Алямовский. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 431 с. – ISBN 5-94074-218-1.
7. Роуч, П. Вычислительная гидродинамика [Текст] / П. Роуч. – М.: Мир, 1980. – 616 с.
8. Белоусов, В. В. Основы тепломассопереноса и теплофизика замкнутых объемов [Текст] / В. В. Белоусов, Н. И. Болонов. – Донецк: Юго-Восток, 2003. – 135 с.
9. Повх, И. Л. Выбор границ применимости математической модели турбулентности при формировании стального слитка [Текст] / И. Л. Повх, Ф. В. Недопекин, В. В. Белоусов // Инженерно-физический журнал. – 1997. – Т. 70, № 1. – С. 45–49.
10. Повх, И. Л. Техническая гидродинамика [Текст] / И. Л. Повх. – Л.: Машиностроение, 1967. – 540 с.
11. Андерсон, Д. Вычислительная гидромеханика и теплообмен [Текст]: В 2 т. Т. 2 / Д. Андерсон, Дж. Таннехилл, Р. Плетчер. – М.: Мир, 1990. – 723 с. – ISBN 5-03-001928-6.
12. Самарский А. А. Теория разностных схем [Текст] / А. А. Самарский. – М.: Наука, 1989. – 616 с.
13. Самарский, А. А. Численные методы [Текст] / А. А. Самарский, А. В. Гулин. – М.: Наука, 1989. – 432 с.
14. Garon, A. M. Velocity and heat transfer measurements in thermal convection [Текст] / A. M. Garon, R. J. Goldstein // Phys. Fluids. – 1973. – Vol. 16, No. 11. – P. 1818–1825.
15. Пасконов, В. М. Численное моделирование процессов тепло- и массопереноса [Текст] / В. М. Пасконов, В. И. Поллежаев, Л. А. Чудов. – М.: Наука, 1988. – 288 с.

Получено 12.10.2017

А. Я. БАБАНИН <sup>a</sup>, В. В. БЕЛОУСОВ <sup>b</sup>, М. В. САВЕНКОВ <sup>a</sup>

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЗАПІРНОЇ АРМАТУРИ ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРА  
ПРИ ПІДВИЩЕНОМУ АБРАЗИВНОМУ ЗНОШЕННІ В ШЛАМОВИХ  
МАГІСТРАЛЯХ ЦЕМЕНТНОГО ВИРОБНИЦТВА

<sup>a</sup> ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», <sup>b</sup> ДООУ ВПО  
«Донецький національний університет»

**Анотація.** Представлені результати проведених досліджень методом математичного моделювання зміни гідродинамічної структури потоку руху шламової суміші і вектора швидкості в корковому і кульовому крані великого діаметра при їх роботі на шламових магістралях цементного виробництва з урахуванням основних параметрів процесу: діаметр трубопроводу, фізичні властивості шламової суміші, швидкість та інтенсивність її транспортування. На підставі отриманих результатів визначено оптимальні режими роботи пробкових і кульових кранів, що забезпечують мінімальний знос пробки і корпусу.

**Ключові слова:** запірні арматура, корковий кран, кульовий кран, шламова магістраль, цементне виробництво.

ANATOLY BABANIN <sup>a</sup>, VYACHESLAV BELOUSOV <sup>b</sup>, NIKITA SAVENKOV <sup>a</sup>

MODELLING OF WORK LOCK VALVES OF THE BIG DIAMETER IN SLUDGE  
MAIN PIPES OF CEMENT MANUFACTURE AT THE RAISED ABRASIVE DAMAGE

<sup>a</sup> Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, <sup>b</sup> SEE HPE «Donetsk  
National University»

**Abstract.** Results of the lead explorations by a method of mathematical modelling of change of hydrodynamical structure of a stream of movement sludge шламовой are presented to a mix and a vector of speed in the plug and spherical valve of the big diameter at their work on sludge main pipes of cement manufacture in view of key parameters of process: diameter sludge pipes, physical properties sludge mixes, speed and intensity of its transportation. On the basis of the received results the optimum operating modes of pith and spherical cranes providing the minimal deterioration of their fuse and the cage are certain.

**Keywords:** lock valves, the plug valve, the spherical valve, sludge main pipe, cement manufacture.

**Бабанин Анатолий Яковлевич** – доктор технических наук, доцент кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей, технологических машин и оборудования ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: конструкционные трубные стали для производства труб большого диаметра магистральных газо- нефтепроводов.

**Белоусов Вячеслав Владимирович** – доктор технических наук, заведующий кафедрой физики неравновесных процессов, метрологии и экологии ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». Научные интересы: математическое моделирование гидродинамических и тепломассобменных процессов в металлургических изделиях.

**Савенков Никита Владимирович** – кандидат технических наук, ассистент кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей, технологических машин и оборудования ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: работа силовых агрегатов автомобилей на неустановившихся режимах.

**Бабанін Анатолій Якович** – доктор технічних наук, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, технологічних машин та обладнання ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: конструкційні трубні сталі для виробництва труб великого діаметра магістральних газонафтопроводів.

**Белоусов Вячеслав Володимирович** – доктор технічних наук, завідувач кафедри фізики нерівноважних процесів, метрології та екології ДООУ ВПО «Донецький національний університет». Наукові інтереси: математичне моделювання гідродинамічних і тепломасобінних процесів в металургійних виробках.

**Савенков Микита Володимирович** – кандидат технічних наук, асистент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, технологічних машин та обладнання ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: робота силових агрегатів автомобілів на несталих режимах.

**Babanin Anatoly** – 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: structural steel pipes for the production of large diameter pipes for main gas and oil pipelines.

**Belousov Vyacheslav** – D.Sc. (Eng.), Head of the Department of Physics of Nonequilibrium Processes, Metrology and Ecology, Donetsk National University. Scientific interests: mathematical modeling of hydrodynamic and heat and mass processes in metallurgical products.

**Savenkov Nikita** – Ph.D. (Eng.), Assistant; Technical Exploitation and Service of Automobiles, Technological Machines and Equipment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: work of power units of cars on the unsteady modes.

---

## СОДЕРЖАНИЕ

БЕЛОВ Д. В., ЮГОВ А. М. Монтажная система для возведения железобетонных куполов-оболочек	5
МАЛИКОВ С. В., БЕРЕЖНОЙ П. А., КУЗНЕЦОВ В. Л., СИНЮГИН О. А. Опыт расследования причин строительной аварии и разработка технологии безопасного демонтажа поврежденных конструкций здания учебного корпуса № 4 ДонНУЭТ им. М. Туган-Барановского	11
КОЖЕМЯКА С. В., МАЗУР В. А., НОВИЦКАЯ Е. И. Конструктивно-технологические особенности выполнения навесного вентилируемого фасада с облицовкой керамогранитными плитами	19
ТАРАН В. В., БЕРШАДСКАЯ Д. Е., СЫСОЕВ О. Н. Технологические особенности при возведении монолитных перекрытий с разными армирующими элементами	24
<b>РОЗЕНВАССЕР Г. Р.</b> , УШАКОВ С. В., ФЕДОТОВ А. С., СКОРИК В. В. Опыт монтажа специального мостового крана с использованием существующих строительных конструкций каркаса здания в условиях действующего металлургического производства	31
ПЕТРОСЯН О. М., СОЛДАТКИНА Е. И. Анализ методов устройства оснований полов в зданиях непроизводственного назначения с применением материалов компании КНАУФ	38
ЛЯЛИН Д. О., ЮГОВ А. М. Обоснование рациональной технологии монтажа здания с металлическим каркасом с использованием современных информационных технологий	46
КАПУСТИНА Е. П. Применение композиционных полимерных материалов при усилении металлических конструкций, работающих на изгиб	53
КОЖЕМЯКА С. В., КРУПЕНЧЕНКО А. В. Оценка напряженно-деформированного состояния стальных подкрановых балок с учетом дефектов и повреждений	58
ТАРАН В. В., ЩУКИНА Л. С., ПАРАХИН Д. Д. Выбор и обоснование способа погружения свай в сложных условиях	64
НОВИКОВ Н. С., ЮГОВ А. М. Устройство ограждающей конструкции котлована с контрфорсами	69
ПЕТРОСЯН О. М., ТАРАНЕНКО Д. С. Анализ методов оценки, обоснования и выбора рациональных организационно-технологических решений возведения жилых комплексов	75
СОЛОВЕЙ П. И., ПЕРЕВАРЮХА А. Н., ЛОБОВ М. И., ПЕРЕВАРЮХА Н. А., ЕФИМЕНКО А. С. Геодезический мониторинг проводов ЛЭП при воздействии различных факторов	80
ЛЕВЧЕНКО В. Н., ЛЕВЧЕНКО Д. В., БРЫЖАТЫЙ О. Э. Анализ эффективности строительных конструкций, выполненных из различных материалов	86
ИХНО А. В. Оптимизация геометрических параметров сводов стекловаренных печей по критериям силы распора при различных температурных режимах эксплуатации	92
ЛЕВЧЕНКО В. Н., ЛЕВЧЕНКО Д. В., НЕВГЕНЬ Н. А., ХРАМОГИН А. А. Технические и организационные методы обеспечения долговечности и надежности строительных конструкций зданий и сооружений	97
БАБАНИН А. Я., БЕЛОУСОВ В. В., САВЕНКОВ Н. В. Моделирование работы запорной арматуры большого диаметра при повышенном абразивном износе в шламовых магистральных цементного производства	103

---

## ЗМІСТ

БЄЛОВ Д. В., ЮГОВ А. М. Монтажна система для зведення залізобетонних куполів-оболонок	5
МАЛІКОВ С. В., БЕРЕЖНОЙ П. А., КУЗНЕЦОВ В. Л., СИНЮГІН О. А. Досвід розслідування причин будівельної аварії і розробка технології безпечного демонтажу пошкоджених конструкцій будівлі навчального корпусу № 4 ДонНУЕТ ім. М. Туган-Барановського	11
КОЖЕМЯКА С. В., МАЗУР В. О., НОВИЦЬКА О. І. Конструктивно-технологічні особливості виконання навісного вентиляованого фасаду з опорядженням керамогранітними плитами	19
ТАРАН В. В., БЕРШАДСЬКА Д. Є., СИСОВ О. М. Технологічні особливості при зведенні монолітних перекриттів з різними армувальними елементами	24
<u>РОЗЕНВАССЕРТ Р.</u> , УШАКОВ С. В., ФЕДОТОВ О. С., СКОРИК В. В. Досвід монтажу спеціального мостового крана з використанням існуючих будівельних конструкцій каркаса будівлі в умовах діючого металургійного виробництва	31
ПЕТРОСЯН О. М., СОЛДАТКІНА Є. І. Аналіз методів влаштування основ підлог в будівлях невикробничого призначення із застосуванням матеріалів компанії КНАУФ	38
ЛЯЛІН Д. О., ЮГОВ А. М. Обґрунтування раціональної технології монтажу будівлі з металевим каркасом з використанням сучасних інформаційних технологій	46
КАПУСТІНА К. П. Застосування композиційних полімерних матеріалів при посиленні металевих конструкцій, що працюють на вигин	53
КОЖЕМЯКА С. В., КРУПЕНЧЕНКО Г. В. Оцінка напружено-деформованого стану сталевих підкранових балок з урахуванням дефектів і пошкоджень	58
ТАРАН В. В., ЩУКІНА Л. С., ПАРАХІН Д. Д. Вибір і обґрунтування способу занурення паль в складних умовах	64
НОВИКОВ М. С., ЮГОВ А. М. Влаштування захисної конструкції котловану з контрфорсами	69
ПЕТРОСЯН О. М., ТАРАНЕНКО Д. С. Аналіз методів оцінки, обґрунтування і вибору раціональних організаційно-технологічних рішень зведення житлових комплексів	75
СОЛОВЕЙ П. І., ПЕРЕВАРЮХА А. М., ЛОБОВ М. І., ПЕРЕВАРЮХА Н. А., ЄФИМЕНКО А. С. Геодезичний моніторинг проводів ЛЕП при впливі різних факторів	80
ЛЕВЧЕНКО В. М., ЛЕВЧЕНКО Д. В., БРИЖАТИЙ О. Е. Аналіз ефективності будівельних конструкцій, вироблених з різних матеріалів	86
ІХНО Г. В. Оптимізація геометричних параметрів склепінь скловарних печей за критеріями сили розпору при різних температурних режимах експлуатації	92
ЛЕВЧЕНКО В. М., ЛЕВЧЕНКО Д. В., НЕВГЕНЬ М. О., ХРАМОГІН О. А. Технічні та організаційні методи забезпечення довговічності та надійності будівельних конструкцій будівель і споруд у процесі їх експлуатації	97
БАБАНІН А. Я., БЄЛОУСОВ В. В., САВЄНКОВ М. В. Моделювання роботи запірної арматури великого діаметра при підвищеному абразивному зношенні в шламових магістралях цементного виробництва	103



---

## CONTENTS

BELOV DENIS, YUGOV ANATOLIY. Assembly System for Erection of Reinforced-Concrete Domes-Environments	5
MALIKOV STANISLAV, BEREZHNOY PAVEL, KUZNETSOV VADIM, SINYUGIN OLEG. The Experience of Investigating the Causes of the Construction Accident and the Development of Technology for the Safe Dismantling of Damaged Structures in the Muilding of the Educational Building № 4 M. Tugan-Baranovsky DonNUET	11
KOZHEMYAKA SERGEY, MAZUR VICTORIA, NOVITSKAYA ELENA. Constructive-Technological Features of Implementation of a Ventilated Facade with the Facing of Ceramic Granite Slabs	19
TARAN VALENTINA, BERSHADSKA DARIA, SYSOEV OLEG. Technological Features of Monolithic Crossing with Different Reinforcement Elements	24
<u>ROZENWASSER GRIGORY</u> , USHAKOV SERGEI, FEDOTOV ALEXANDER, SKORIK VYACHESLAV. The Experience of Mounting a Special Bridge Crane using Existing Building Structures of the Building Frame under the Conditions of the Existing Metallurgical Production	31
PETROSIAN OLEG, SOLDATKINA EVGENIA. Analysis of Methods for Constructing Floor Bases in non-Production Buildings using KNAUF Materials	38
LYALIN DENIS, YUGOV ANATOLY. Submission of Rational Technology of Installation of Building with Metallic Frames with using Modern Information Technologies	46
KAPUSTINA EKATERINA. Application of Composite Polymeric Materials in Strengthening of Metal Structures Working on Bending	53
KOZHEMYAKA SERGEY, KRUPENCHENKO ANNA. Estimation of the Stress-Strain State of Steel Crane girders Taking into Account Defects and Damages	58
TARAN VALENTINA, SHCHUKINA LILIA, PARAKHIN DMITRII. Selection and Justification of the Way of Piling in Difficult Conditions	64
NOVYKOV NYKYTA, YUGOV ANATOLIY. Device for the Controlling Construction of the Foundation Area with Attached Pier	69
PETROSIAN OLEG, TARANENKO DENYS. Analysis of Methods for Assessing, Substantiating and Selecting Rational Organizational and Technological Solutions for the Erection of Residential Complexes	75
SOLOVEJ PAVEL, PEREVARJUHA ANATOLY, LOBOV MICHAIL, PEREVARJUHA NATALIA, YEFYMENKO ANNA. Geodetic Monitoring of Power Line Wires under the Influence of Various Factors	80
LEVCHENKO VICTOR, LEVCHENKO DMITRY, BRYZHATYI OLEG. Effectiveness Analysis of Engineer Costructions, Made from Different Materials	86
IHNO ANNA. Optimization of Geometric Parameters of Vaults of Glass Furnaces According to the Strength Criteria of the Expansion at Different Operating Temperatures	92
LEVCHENKO VICTOR, LEVCHENKO DMITRY, NEVGEN NIKOLAI, KHRAMOGIN ALEKSANDR. Technical and Organizational Methods Providing the Durability and Reliability of Building Constructions Applied in Structures	97
BABANIN ANATOLY, BELOUSOV VYACHESLAV, SAVENKOV NIKITA. Modelling of Work Lock Valves of the Big Diameter in Sludge Main Pipes of Cement Manufacture at the Raised Abrasive Damage	103