

# ВЕСТНИК

ДОНБАССКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ



**IV МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ**

16-18 апреля 2020 года

**«СТРОИТЕЛЬСТВО  
И АРХИТЕКТУРА»**



**ВЫПУСК 2020-4(144)**

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ  
ДОСТИЖЕНИЯ СТУДЕНТОВ  
СТРОИТЕЛЬНО-АРХИТЕКТУРНОЙ  
ОТРАСЛИ**

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 2020-4(144)**

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ  
ДОСТИЖЕНИЯ СТУДЕНТОВ  
СТРОИТЕЛЬНО-АРХИТЕКТУРНОЙ  
ОТРАСЛИ**

Макеевка 2020

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 2020-4(144)**

**НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ  
ДОСЯГНЕННЯ СТУДЕНТІВ  
БУДІВЕЛЬНО-АРХІТЕКТУРНОЇ  
ГАЛУЗІ**

Макіївка 2020

## **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 № 9 от 25.05.2020 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;

Зайченко Н. М., д. т. н., профессор – ответственный редактор выпуска.

## **Редакционная коллегия:**

Бенаи Х. А., д. арх., профессор;

Бумага А. Д., к. т. н., доцент;

Веретенникова О. В., к. э. н., доцент;

Горохов Е. В., д. т. н., профессор;

Зайченко Н. М., д. т. н., профессор;

Левин В. М., д. т. н., профессор;

Лозинский Э. А., к. т. н., доцент;

Лукьянов А. В., д. т. н., профессор;

Мущанов В. Ф., д. т. н., профессор;

Назим Я. И., к. т. н., доцент;

Нездойминов В. И., д. т. н., профессор;

Савенков Н. В., к. т. н., доцент;

Югов А. М., д. т. н., профессор.

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

Программное обеспечение С. В. Гавенко

Компьютерная верстка Е. А. Солодкова

Подписано к выпуску 22.06.2020

## **Адрес редакции и издателя**

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

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

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

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

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

Выпущено в полиграфическом центре

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

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

© ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 2020



**Засновник і видавець**

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

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 № 9 от 25.05.2020 р.

**Редакційна рада:**

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

**Редакційна колегія:**

Бенаї Х. А., д. арх., професор;	Лозинський Е. О., к. т. н., доцент;
Бумага О. Д., к. т. н., доцент;	Лук'янов О. В., д. т. н., професор;
Веретенникова О. В., к. е. н., доцент;	Мушанов В. П., д. т. н., професор;
Горохов Є. В., д. т. н., професор;	Назім Я. І., к. т. н., доцент;
Зайченко М. М., д. т. н., професор;	Нездоймінов В. І., д. т. н., професор;
Левін В. М., д. т. н., професор;	Савенков М. В., к. т. н., доцент;
	Югов А. М., д. т. н., професор.

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

Підписано до випуску 22.06.2020

**Адреса редакції і видавця**

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

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

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

© ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», 2020

УДК 69.059.25: 624.012.45

**В. Л. ШЕБАНОВ, Н. В. ПРЯДКО**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **УСИЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

**Аннотация.** Данная статья посвящена рассмотрению вопросов и нюансов усиления зданий и сооружений с применением композитных материалов, рассмотрены принципиальные схемы усиления железобетонных конструкций композитными материалами. Раскрывается вопрос целесообразности применения композитных материалов при усилении железобетонных конструкций с целью уменьшения веса и материалоемкости конструкции усиления. Приведены требования для расчета усиления железобетонных конструкций композитными материалами. Рассмотрен весь процесс усиления с применением композитных материалов, приведен алгоритм выполнения усиления железобетонной балки с применением фиброармированной системы. Проведен анализ методов усиления железобетонных конструкций внешним армированием фиброармированными системами и стальными конструкциями.

**Ключевые слова:** балка, реконструкция, усиление конструкций, армирование, дефекты, композитные материалы.

### **АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ**

Большое количество построек Донецка выполнено из железобетонных конструкций. Осадки грунтов, воздействие атмосферных явлений, перепады температур и другие факторы ускоряют процесс разрушения зданий. В большинстве случаев реконструкция зданий и сооружений происходит классическим путем: устройство обойм или рубашек из металлических или железобетонных материалов, инъектированием трещин и пустот, строительством стоек и опор. Существует альтернативный метод усиления железобетонных конструкций – армирование композитными материалами путем приклеивания элементов на поврежденную поверхность.

### **ЦЕЛИ**

Изучение целесообразности применения композитных материалов с целью уменьшения веса и материалоемкости конструкции усиления.

### **ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**

Процесс приклеивания элементов усиления на поврежденную поверхность конструкции предназначен для увеличения несущей способности металлических, деревянных и железобетонных конструкций. Основными элементами системы являются ленты из композитных материалов, специальный клей для крепления лент к поверхности конструкций и ремонтные составы для устранения дефектов в конструкциях.

Усиление конструкций производится внешним армированием композитными материалами на основе углеродных, арамидных, базальтовых и стеклянных волокон (фиброармированными системами, далее ФАС) [1].

Данная технология усиления применяется уже более 45 лет, но в нашем строительстве применяется достаточно редко, что в свою очередь вызывает недоверие. Основными преимуществами данного

вида усиления являются: 1) высокая долговечность и стойкость материалов к коррозии; 2) совместная работа элемента армирования с конструкцией (обеспечивается за счет надежного клеевого соединения) 3) малый вес материалов и простота монтажа и др. [2].

Основные требования для усиления. Для продольного и поперечного армирования стержневых элементов используются внешние ФАС для создания усиливающей оболочки. Рациональной степенью усиления является диапазон 10...60 % начальной несущей способности усиливаемой конструкции. Основным методом расчета принят метод предельных состояний. Расчет конструкций, усиленных ФАП, по первой группе предельных состояний производится во всех случаях. Расчет по второй группе предельных состояний производится только в тех случаях, когда расчетная нагрузка после усиления увеличивается. Усилия в элементах конструкций находятся путем обследования, предшествующего усилению. Использование системы не останавливает коррозию металлических элементов конструкции. Следует обработать ингибитором коррозии оголенную арматуру перед началом работ. Также требуется восстановить защитный слой арматуры специальными полимерными ремонтными комплектами, что предотвратит дальнейшее разрушение конструкции [3].

Материалы. При отсутствии повреждений в бетоне и арматуре их характеристики принимаются в соответствии со СНиП 52-101-2003 [4]. Плотность армирующих волокон находится в пределах 1,2...2,1 г/см<sup>3</sup> (табл. 1) [2].

Таблица 1 – Плотность ФАС, используемых при усилении (г/см<sup>3</sup>)

Сталь	Стекловолокно	Арамидное волокно	Углеродное волокно
7,9	1,2...2,1	1,2...1,5	1,5...1,6

Принципиальные схемы усиления железобетонной балки. Осуществляется путем наклейки на ребро вдоль оси усиления и вертикальных или поперечных наклонных хомутов в зоне опирания (рис. 1, 2).

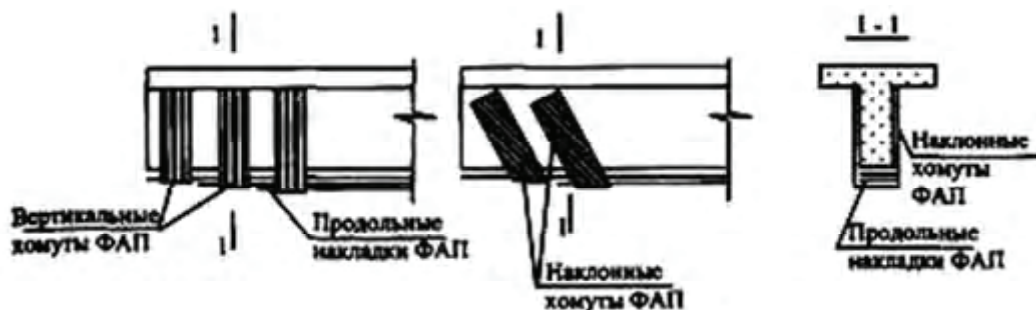


Рисунок 1 – Принципиальная схема усиления балки.

**Алгоритм выполнения работ.** Усиление железобетонной балки внешним армированием происходит с подготовки поверхности бетона. Первым делом производится удаление разрушенного бетона и загрязнений, придается шероховатость поверхности для лучшей адгезии, сглаживания углов и обеспыливание поверхности. Требуется контроль качества поверхности на когезионную прочность, влажность, наличие неровностей, трещин. Далее подготавливают ФАС до наклеивания на поврежденную поверхность: очищают поверхность материала, заготавливают нужные по размеру холсты. Далее на поверхность балки наносят грунтовочные растворы и шпаклюют поверхность, после наносят праймерный слой. После наносят клеящий слой (полимерные смолы) и устанавливают ФАС. Производится разравнивание поверхности и выдавливание пузырьков воздуха. В конечном итоге пропитывают покрывающим слоем поверхность с наклеенным холстом. Очень важным этапом являются отделочные работы. Защита от воздействия повышенных температур, открытого пламени и ультрафиолетового облучения. Температура, при которой клеевой слой кристаллизуется, варьируется от 60 до 650 °C [5].



Рисунок 2 – Схема наклеивки ФАС.

### ВЫВОДЫ

Достоинствами данного типа усиления являются отличные показатели стойкости к коррозии. Также нет необходимости останавливать производство на время усиления и устанавливать дополнительные монтажные приспособления, как в случае с усилением стальным прокатом. Однако в рассматриваемом методе усиления имеются недостатки. Высокая стоимость композитных материалов, а также необходимость защиты их от огня и повышенных температур. Также необходимо очень тщательно подготавливать поверхность перед проведением работ, чтобы обеспечить надежное усиление.

Сравнение методов усиления конструкций ФАС с классическим методом усиления стальным прокатом приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение усилений

Усиление конструкций стальным прокатом		Усиление композитными материалами	
Достоинства	Недостатки	Достоинства	Недостатки
Стальной прокат является относительно дешевым и отличается достаточной усталостной прочностью.	Коррозия, необходимость лакокрасочных работ. Высокий вес конструкций. Сложная и трудоемкая работа, требующая высокой квалификации работников. Для выполнения работ требуются монтажные приспособления и остановка процесса производства на предприятии.	Стойкость от коррозии. Композитные материалы имеют высокую прочность при растяжении, на порядок выше, чем стальные, а также отличные показатели усталостной прочности. Высокая скорость выполнения работ. Отсутствие необходимости в монтажных приспособлениях.	Высокая стоимость материалов. Необходимость огнезащиты.

Как видно из таблицы 2, приоритеты, использованные для усиления железобетонных конструкций ФАС, неоспоримы!

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по усилению каменных конструкций зданий и сооружений [Текст] / ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. – М. : Стройиздат, 1984. – 36 с.
2. Карпинос, Д. М. Композиционные материалы. Справочник [Текст] / Д. М. Карпинос. – Киев : Наукова думка, 1985. – 11 с.
3. Высокопрочные системы усиления [Текст] / ООО «НИИ Высокопрочные системы усиления "Интер/ТЭК"». – Екатеринбург : [б. и.], 2010. – 3 с.
4. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры [Текст]. – Введен впервые ; введ. 2004-03-01 / М. : ГУП «НИИЖБ», ФГУП ЦПП, 2004. -9 с.
5. СП 164.1325800.2014. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами [Текст]. – Введены впервые ; введ. 2014-09-01 / ОАО «НИЦ "Строительство"» – НИИЖБ им. А. А. Гвоздева, ЗАО «Триада-Холдинг», ЗАО «ХК "Композит"». – М. : Росстандарт, 2015. – 51 с.

Получена 27.04.2020

В. Л. ШЕБАНОВ, М. В. ПРЯДКО  
ПОСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ БАЛКИ КОМПОЗИТНИМИ  
МАТЕРІАЛАМИ  
ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

**Анотація.** Дана стаття присвячена розгляду питань і нюансів посилення будівель і споруд із застосуванням композитних матеріалів, розглянуті принципові схеми підсилення залізобетонних конструкцій композитними матеріалами. Розкривається питання доцільності застосування композитних матеріалів при підсиленні залізобетонних конструкцій з метою зменшення ваги і матеріаломісткості конструкцій посилення. Наведено вимоги для розрахунку підсилення залізобетонних конструкцій композитними матеріалами. Розглянуто весь процес посилення із застосуванням композитних матеріалів, наведено алгоритм виконання посилення залізобетонної балки із застосуванням фіброармованої системи. Проведено аналіз методів підсилення залізобетонних конструкцій зовнішнім армуванням фіброармованими системами і сталевими конструкціями.

**Ключові слова:** балка, реконструкція, посилення конструкцій, армування, дефекти, композитні матеріали.

VALERY SHEBANOV, NIKOLAY PRYADKO  
REINFORCING CONCRETE BEAM WITH COMPOSITE MATERIALS  
Donbas National Academy Of Civil Engineering And Architecture

**Abstract.** This article is devoted to the consideration of issues and nuances of reinforcing buildings and structures with the use of composite materials; the basic schemes for reinforcing concrete structures with composite materials are considered. The question of the feasibility of using composite materials when reinforcing reinforced concrete structures in order to reduce the weight and material consumption of the reinforcement structure is revealed. The requirements for calculating the reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials are given. The entire reinforcement process using composite materials is considered, an algorithm for performing reinforcement of reinforced concrete beams using a fiber reinforced system is given. The analysis of reinforcement of reinforced concrete structures by external reinforcement with fiber reinforced systems and steel structures is carried out.

**Key words:** beam, reconstruction, structural reinforcement, reinforcement, defects, composite materials.

**Шебанов Валерій Леонидович** – магістрант кафедри проектування зданий и строительной физики ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: решение проблем усиления конструкций зданий и сооружений. Участие в разработке проекта реконструкции зданий.

**Прядко Николай Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования зданий и строительной физики ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: обследование и реконструкция зданий и сооружений.

**Шебанов Валерій Леонідович** – магістрант кафедри проектування будівель і будівельної фізики ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ». Наукові інтереси: рішення проблем підсилення конструкцій будівель і споруд. Участь в розробці проекту реконструкції будівель.

**Прядко Микола Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри проектування будівель і будівельної фізики ГОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: обстеження і реконструкція будівель і споруд.

**Shebanov Valery** – master's student, Building Design and Construction Physics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: solving the problems of strengthening the structures of buildings and structures. Participation in the development of reconstruction of buildings.

**Pryadko Nikolay** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Building Design and Construction Physics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: inspection and reconstruction of buildings and structures.

УДК 628.97

**Т. А. ЧЕРНЫШЕВА, А. А. БУРЦЕВА, Ж. А. ГЛАЗУНОВА**

ГООУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ НОРМИРОВАННЫХ УСЛОВИЙ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ПОМЕЩЕНИЯХ ДЕТСКОГО ДОШКОЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ В Г. КЕРЧИ**

**Аннотация.** В статье представлена зависимость принятых проектных решений от поэтапного планирования естественного освещения помещений зданий детских дошкольных учреждений. Выбор системы естественного освещения производится исходя из архитектурных и конструктивных решений здания. Все это делает расчет естественного освещения здания одним из основополагающих аспектов проектирования. В статье приведены расчеты коэффициентов естественной освещенности для помещений различного функционального назначения при планировании внутреннего пространства здания детского сада на 140 мест в г. Керчи. В помещениях жилых и общественных зданий при боковом освещении с одной стороны нормированное минимальное значение коэффициента естественной освещенности должно быть обеспечено в расчетной точке рабочей поверхности, наиболее удаленной от окон. Расчеты выполнены графоаналитическим методом. Полученные расчетные значения коэффициентов естественной освещенности для игровых комнат и спален удовлетворяют требованиям нормативных документов.

**Ключевые слова:** естественное освещение, световой проем, коэффициент естественной освещенности, боковая система естественного освещения.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Для соблюдения норм проектирования, предъявляемых к естественному освещению помещений детских дошкольных учреждений, первым этапом планирования является определение нормированного коэффициента естественного освещения (КЕО). Данные нормы устанавливают СанПиН «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» и СНиП 23-05-95\* «Естественное и искусственное освещение».

Как известно, свет подчиняется определенным физическим законам. Поэтому через небольшое окно он не может заполнить всю комнату. Он заполняет только небольшой участок, зависящий от угла падения света и площади окна, также учитывается отражение света от пола и стен.

Коэффициент естественной освещенности – это соотношение естественного освещения вне здания и в определенной точке внутри здания. Выбор этой точки внутри здания регламентируют нормы. Для жилых зданий, детских учреждений, больниц, гостиниц и общежитий это обычно точка в метре от стены противоположной от окна.

После того как КЕО выбран и мы имеем определенное представление, какой уровень освещенности нам необходимо обеспечить, можно приступить к выбору типа освещения. Делать это необходимо еще на этапе планирования здания, ведь в уже построенном здании изменить расположение и размер окон будет крайне затруднительно.

Выбор системы естественного освещения следует производить исходя из архитектурных и конструктивных решений здания. При этом следует помнить, что в зависимости от климатического расположения здания достичь требуемых значений КЕО можно только при расположении окон в определенных зонах. Окна в пятом поясе светового климата севернее 40° с. ш. лучше располагать в пределах 136...225°, наименее же удачным решением будет расположить окна в пределах 316...135°.

Также нельзя забывать о затратах. Если цена на создание полноценного естественного освещения геометрически влияет на стоимость отопления или сооружения здания, то, конечно, следует рассмотреть более дешевые варианты совмещенного освещения.

Следующим этапом является выбор окон. И здесь тоже немало особенностей. Ведь нам следует правильно выбрать структуру окна, светопропускающий материал, предусмотреть возможное загрязнение и соответственно снижение пропускной способности материалов, а в некоторых случаях предусмотреть и защиту от слепящего действия. Нормирование естественного освещения, размер окна напрямую зависит от размеров помещения.

Поэтому еще на этапе проектирования следует определиться с требованиями по их эксплуатации и обеспечить возможность их уборки.

Также в южных широтах следует побеспокоиться о защите от яркого солнца. Для этого могут применяться наружные жалюзи или светоотражающие материалы. Расчет следует вести с учетом возможности установки таких приспособлений.

Последним этапом проектирования является выбор мест, для которых невозможно обеспечить необходимый уровень естественного освещения. Для этих мест следует проектировать совмещенное или полностью искусственное освещение.

### АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Проблемой освещенности внутренней световой среды жилых и общественных зданий занимались многие исследователи. В работах В. А. Блинова, L. Brotas, M. Wilson, В. М. Слукина, С. В. Стецкого, [1, 2, 3, 4, 5] и др. разработаны методы расчета и проектирования различных систем естественного освещения.

Научные исследования, представленные в работах [1, 2, 3, 4, 5], направлены на решение улучшения освещенности внутренней световой среды помещений жилых зданий, детских учреждений, больниц, гостиниц и общежитий.

При этом остается еще ряд вопросов, без решения которых нельзя обеспечить нормативный режим естественного освещения.

**Объект исследования** – проектирование детского сада на 140 мест, Республика Крым, г. Керчь, район ул. Орджоникидзе – ул. Клиновского.

**Цель исследования** – выполнить оценку естественного освещения помещений расчетным методом в соответствии с требованиями СанПиН № 2.2.1-2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий», СП 52.13330.2016 Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\* «Естественное и искусственное освещение».

### ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Оценка естественного освещения помещений выполнена расчетным методом в соответствии с гигиеническими требованиями СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» (с изменениями на 15.03.2010) и строительными требованиями СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\* «Естественное и искусственное освещение».

Принятые архитектурные решения обеспечивают естественное освещение помещений. Размеры оконных проемов соответствуют и обеспечивают необходимое естественное освещение помещений. Все оконные блоки с открывающимися створками, обеспечивающими их мытье. Проектом учтены требования по ограничению избыточного теплового воздействия инсоляции. Для ограничения теплового воздействия на помещения групповых спален (в первую очередь имеющих юго-западную и западную ориентацию светопроемов) предусмотрены конструктивные и технические средства солнцезащиты (кондиционирование и вертикальные жалюзи). Расчетные точки освещаются прямым светом от неба. Окружающая застройка не оказывает влияния (рис. 2). В помещениях №№ 122, 129, 135 расчетная точка располагается на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и рабочей плоскости на уровне пола, на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов. В помещениях №№ – 123, 130, 136 расчетная точка располагается на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и рабочей плоскости на уровне пола в геометрическом центре помещения.

Результаты расчета представлены в таблице.

Нормативное значение коэффициента естественной освещенности для 5 группы административных районов определяется по формуле:

Таблица – Результаты расчетов коэффициентов естественной освещенности

этаж	р. т.	Назначение помещения	$e_p^6$ (расчетное)	$e_N$ (нормируемое)	Примечания
1	А	Пом. 122 – игровая комната	1,90 %	1,88 %	превышает норм. значение
1	Б	Пом. 123 – спальня	2,23 %	0,63 %	превышает норм. значение
1	В	Пом. 129 – игровая комната	1,90 %	1,88 %	превышает норм. значение
1	Г	Пом. 130 – спальня	2,97 %	0,63 %	превышает норм. значение
1	Д	Пом. 135 – игровая комната	2,16 %	1,88 %	превышает норм. значение
1	Е	Пом. 136 – спальня	2,97 %	0,63 %	превышает норм. значение

$$e_N = e_n c_N, \quad (1)$$

где N – номер группы административных районов;

$e_n$  – нормированное значение КЕО;

$c_N$  – коэффициент светового климата.

Расчеты коэффициента естественной освещенности (КЕО) выполнены в соответствии с требованиями СНиП 23-05-95\* «Естественное и искусственное освещение» и по методике, указанной в Своде правил по проектированию и строительству СП 23-102-2003 «Естественное освещение жилых и общественных зданий».

Расчетное значение КЕО  $e_p^6$  при боковом освещении помещений в соответствии с требованиями СНиП 23-05-95\* «Естественное и искусственное освещение» определяется по формуле:

$$e_p^6 = c_N \left( \sum_i^L \varepsilon_{\delta i} q_i + \sum_{j=1}^M \varepsilon_{3dj} b_{\Phi j} k_{3dj} \right) \cdot r_0 \cdot \tau_0 \cdot MF, \quad (2)$$

где L – число участков небосвода, видимых через световой проем из расчетной точки;

$\varepsilon_{\delta i}$  – геометрический КЕО в расчетной точке при боковом освещении, учитывающий прямой свет от i-го участка неба;

$c_N$  – коэффициент светового климата;

$q_i$  – коэффициент неравномерности яркости i-го участка облачного неба МКО;

M – число участков фасадов зданий противостоящей застройки, видимых через световой проем из расчетной точки;

$\varepsilon_{3dj}$  – геометрический КЕО в расчетной точке при боковом освещении, учитывающий свет, отраженный от j-го участка фасадов зданий противостоящей застройки;

$b_{\Phi j}$  – средняя относительная яркость j-го участка фасадов зданий противостоящей застройки;

$r_0$  – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию;

$k_{3dj}$  – коэффициент, учитывающий изменения внутренней отраженной составляющей КЕО в помещении при наличии противостоящих зданий;

$\tau_0$  – общий коэффициент светопропускания, определяемый по формуле:

$$\tau_0 = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5, \quad (3)$$

где  $\tau_1$  – коэффициент светопропускания материала;

$\tau_2$  – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема;

$\tau_3$  – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях (при боковом освещении  $\tau_3 = 1$ );

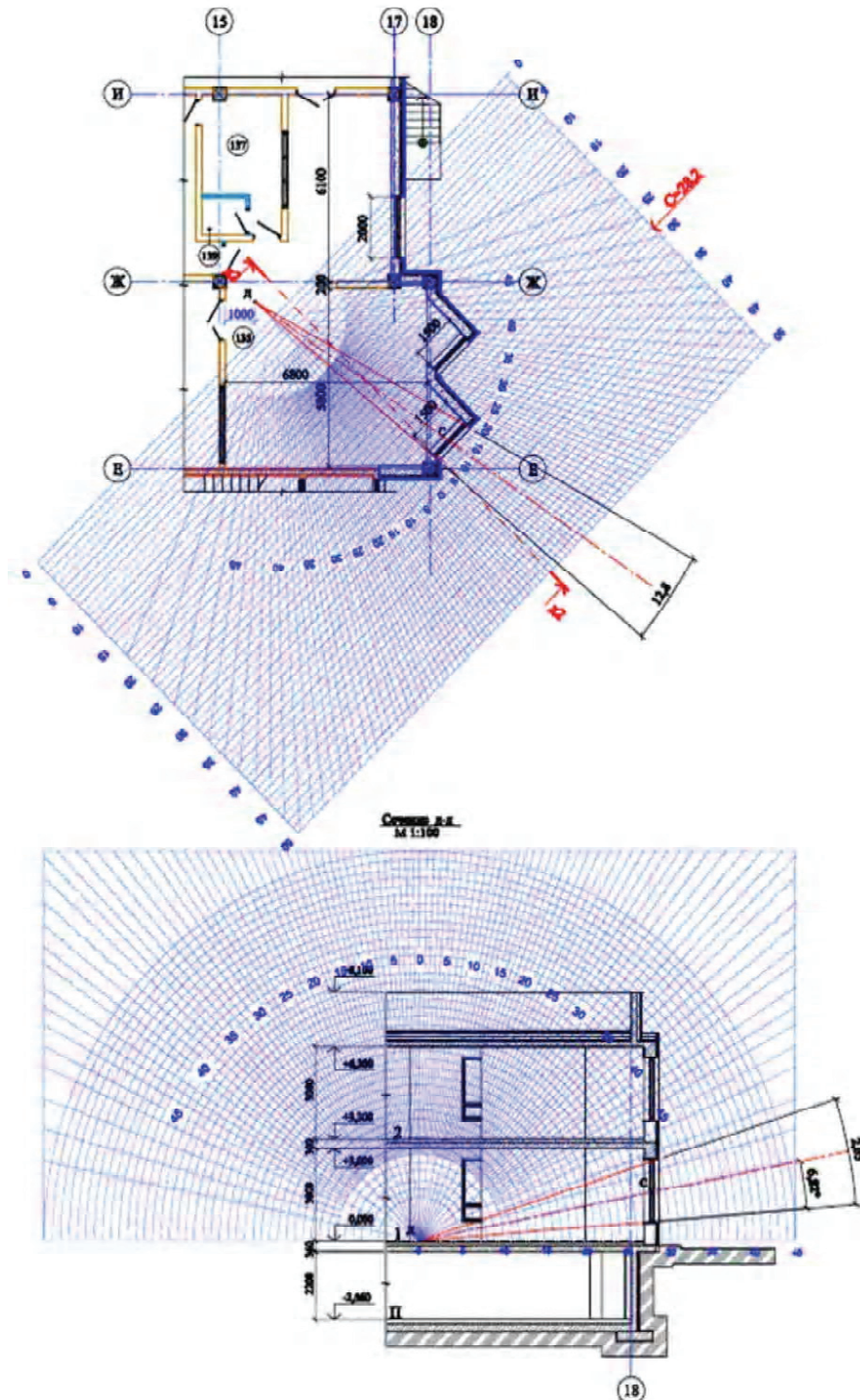
$\tau_4$  – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах;

$\tau_5$  – коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями, принимаемый равным 0,9;

MF – коэффициент эксплуатации. Значения коэффициента эксплуатации, указанные в графе «Естественное освещение», следует умножать на 0,91 – при использовании световых проемов для аэрации.

Геометрические значения КЕО определяются с использованием графоаналитического метода (рис. 1).

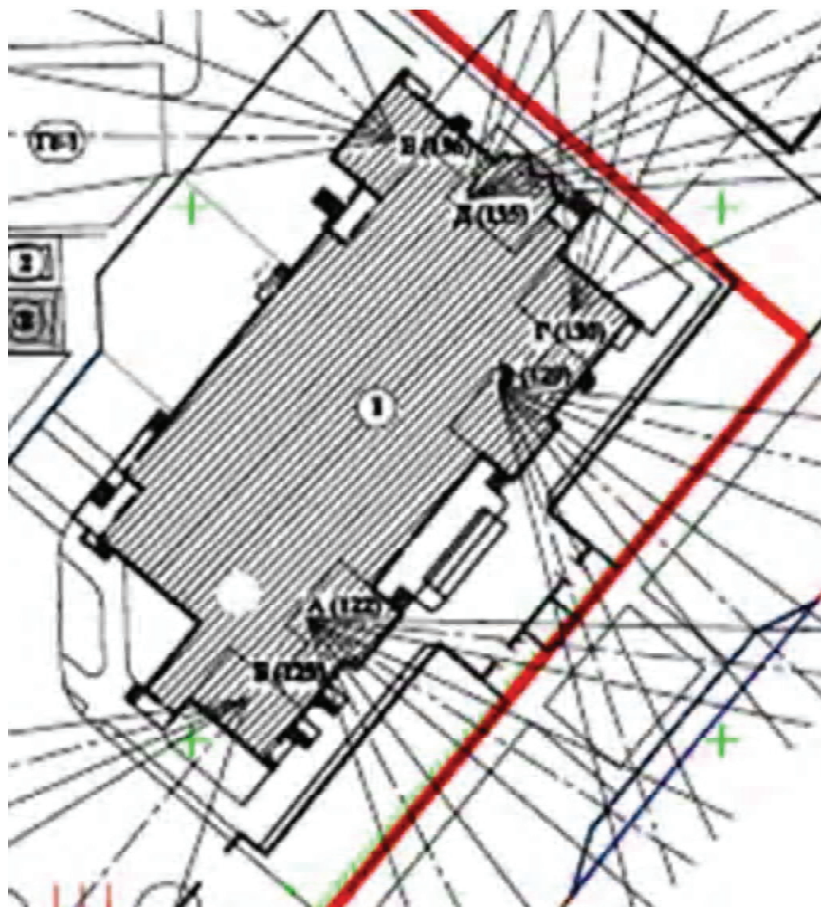




**Рисунок 1** – Определение количества лучей с использованием графоаналитического метода для игровой комнаты № 135.

## ВЫВОДЫ

Принятые в проекте архитектурно-планировочные решения соответствуют требованиям СанПиН 2.2.1-2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» (с изменениями на 15.03.2010).



**Рисунок 2** – Ситуационная схема проектируемого здания детского сада на 140 мест, г. Керчь, район ул. Орджоникидзе – ул. Клиновского.

1. В игровых комнатах (пом. 122, 129, 135) нормированное значение КЕО, равное 1,88 %, обеспечено в расчетной точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и плоскости пола на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов.

2. В спальнях (пом. 123, 130, 136) нормированное значение КЕО, равное 0,63 % обеспечено в расчетной точке, расположенной в геометрическом центре помещения на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и плоскости пола.

3. Для игровых комнат (пом. 246, 253, 261) и спален (пом. 247, 254, 262) на втором этаже расчёт нецелесообразен, т. к. они находятся в лучших условиях по освещенности, чем помещения игровых комнат (пом. 122, 129, 135) и спален (пом. 123, 130, 136) на первом этаже.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блинов, В. А. Совершенствование естественного освещения в жилых и офисных зданиях [Текст] / В. А. Блинов, Л. Н. Смирнов, В. В. Блинов // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2012. – № 2. – С. 30–33.
2. Brotas, L. Daylight in Urban Canyons: Planning in Europe [Текст] / L. Brotas, M. Wilson // PLEA2006 : The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture (6–8 September 2006, Geneva, Switzerland) ; Proc. II. – Geneva : [s. n.], 2006. – P. 207–212.
3. Слукин, В. М. Обеспечение нормированных условий естественного освещения жилых зданий в уплотненной застройке [Текст] / В. М. Слукин, Л. Н. Смирнов // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2011. – № 4. – С. 26–31.
4. Стецкий, С. В. Сравнительный анализ функциональных характеристик солнцезащитных средств для гражданских зданий в условиях жаркого и солнечного климата [Текст] / С. В. Стецкий // Светотехника. – 2017. – №3(2017). – С. 29–33.

5. Стецкий, С. В. Эстетика гражданских зданий при использовании в них стационарных солнцезащитных средств для условий жаркого климата [Текст] / С. В. Стецкий // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – № 7. – С. 76–80.

Получена 27.04.2020

Т. О. ЧЕРНИШЕВА, А. А. БУРЦЕВА, Ж. О. ГЛАЗУНОВА  
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НОРМОВАНИХ УМОВ ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ В  
ПРИМІЩЕННЯХ ДИТЯЧОГО ДОШКІЛЬНОГО ЗАКЛАДУ У М. КЕРЧІ  
ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

**Анотація.** У статті надана залежність прийнятих проектних рішень від поетапного планування природного освітлення приміщень будівель дитячих дошкільних установ. Вибір системи природного освітлення проводиться з урахуванням архітектурних і конструктивних рішень будівлі. Все це робить розрахунок природного освітлення будівлі одним з основоположних аспектів проектування. У статті наведені розрахунки коефіцієнтів природної освітленості для приміщень різного функціонального призначення при плануванні внутрішнього простору будівлі дитячого дошкільного закладу у м. Керчі. У приміщеннях житлових і громадських будівель при боковому освітленні з однієї сторони нормоване мінімальне значення коефіцієнта природної освітленості повинно бути забезпечено в розрахунковій точці робочої поверхні, найбільш віддаленій від вікон. Розрахунки виконані графоаналітичним методом. Отримані розрахункові значення коефіцієнтів природного освітлення для ігрових кімнат і спальень задовольняють вимогам нормативних документів.

**Ключові слова:** природне освітлення, світловий проріз, коефіцієнт природної освітленості, бокова система природного освітлення.

TAMARA CHERNYSHEVA, ALINA BURTSEVA, ZHANNA GLAZUNOVA  
PROVIDING NORMALIZED CONDITIONS OF NATURAL LIGHTING IN THE  
PREMISES OF A KINDERGARTEN IN KERCH  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The article presents the dependence of the adopted design decisions on the phased planning of natural lighting of the premises of the buildings of preschool institutions. The choice of the natural lighting system is based on the architectural and structural solutions of the building. All this makes the calculation of the natural lighting of the building one of the fundamental aspects of design. The article presents the calculations of the coefficients of natural illumination for rooms of various functional purposes when planning the interior space of the building of a kindergarten in the city of Kerch. In the premises of residential and public buildings with side lighting on the one hand, the normalized minimum value of the coefficient of natural light should be provided at the design point of the work surface, the most distant from the windows. The calculations were performed by the graphoanalytical method. The calculated values of the coefficients of natural illumination for game rooms and bedrooms satisfy the requirements of regulatory documents.

**Key words:** natural light, area light, coefficient of natural light, lateral daylight system.

**Чернышева Тамара Александровна** – старший преподаватель кафедры проектирования зданий и строительной физики ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: вопросы звукоизоляции легких многослойных ограждений, проектирование зданий, внутренняя световая среда жилых и общественных зданий.

**Бурцева Алина Андреевна** – студентка ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: внутренняя световая среда жилых и общественных зданий; вопросы освещения зданий; проектирование зданий.

**Глазунова Жанна Алексеевна** – студентка ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: внутренняя световая среда жилых и общественных зданий; вопросы освещения зданий; проектирование зданий.

**Чернышева Тамара Олександрівна** – старший викладач кафедри проектування будівель і будівельної фізики ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ. Наукові інтереси: питання звукоізоляції легких багатопарових огорожень, проектування будівель, внутрішнє світлове середовище житлових і громадських будівель.

**Бурцева Аліна Андріївна** – студентка ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: внутрішнє світлове середовище житлових і громадських будівель, питання освітлення будівель; проектування будівель.

**Глазунова Жанна Олексіївна** – студентка ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: внутрішнє світлове середовище житлових і громадських будівель, питання освітлення будівель; проектування будівель.

**Chernysheva Tamara** – senior lecturer, Building Design and Construction Physics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: questions sound insulation of light multi-layer fences, designing of buildings, internal light environment of residential and public buildings.

**Burtseva Alina** – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: internal light environment of residential and public buildings, studies are mainly focused on Construction and Lighting planning.

**Glazunova Zhanna** – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: internal light environment of residential and public buildings, studies are mainly focused on Construction and Lighting planning.

УДК 541

**Ю. А. ТАШКИНОВ, В. Н. СКЛОНЧАК, И. С. АКСЁНОВ**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИКИ ОТВЕРЖДЕНИЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ DATA MINING**

**Аннотация.** Рассмотрена технология прогнозирования выделения тепла при отверждении портландцемента в программном комплексе Statistica 6.0. Собраны эмпирические данные (с использованием сети Интернет в качестве источника, в связи с переходом на дистанционный формат обучения) о количестве выделяемого тепла при отверждении тринадцати образцов с различным соотношением трёхкальцевого алюмината, трёхкальцевого силиката, четырёхкальцевого алюмоферрита, двухкальцевого силиката. Проведён множественный линейный регрессионный анализ экспериментального материала. Получено линейное уравнение:  $Q = 52,57735 + 1,46831 \cdot m(3CaO \cdot Al_2O_3) + 0,66225 \cdot m(3CaO \cdot SiO_2)$ , позволяющее рассчитывать количество выделенного тепла по исходной эмпирической информации о соотношении компонентов портландцемента. Проведена статистическая проверка полученных результатов с использованием проверки нормальности остатков. Проведено сравнение экспериментальных данных с прогнозируемыми в регрессионном уравнении. Сделан вывод об эффективности технологий Data Mining в деятельности технолога по производству строительных материалов.

**Ключевые слова:** Big Data, Data Mining; производство строительных материалов, химическая термодинамика, термодинамическое компьютерное моделирование.

### **АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ**

5 марта 2012 года в Таганроге обрушился строящийся дом; в результате 5 человек погибло и ещё 14 – пострадало<sup>1</sup>. Список катастроф, произошедших по вине инженеров-строителей ежегодно пополняется, но в статье приведён именно этот случай, т.к. в сети есть видео, снятое за полчаса до трагедии. Прогнозирование является неотъемлемой частью инженерной деятельности и позволяет предсказать будущие ошибки, чтобы избежать возникновения чрезвычайных ситуаций.

В эпоху цифровизации все экспериментальные данные заносятся в компьютер. В конце прошлого века возникла проблема, которая в зарубежной литературе называется Big Data («большие данные» – дословный перевод): количество накопленной информации не может быть обработано с применением только ручного труда без применения специальных компьютерных технологий [5]. Ведущим на данный момент подходом для решения этой проблемы выступают технологии Data Mining (дословно – «раскопка данных»): они включают в себя компьютерный анализ и прогнозирование с применением интеллектуальных систем, статистического и математического аппарата.

### **ЦЕЛЬ ДАННОЙ РАБОТЫ**

Исследование прогностических возможностей технологий Data Mining в деятельности технолога по производству строительных материалов; установление зависимости между компонентами и выделяющимся теплом при отверждении портландцемента.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Работа проведена в рамках научно-исследовательской темы кафедры «Прикладная химия» «Разработка и внедрение в учебный процесс мультимедийных и дистанционных методов обучения

<sup>1</sup> Обрушение строящегося дома в Таганроге (2012) [Электронный ресурс] // Википедия. – [2012]. – Электр. текст. дан. – Режим доступа : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Обрушение\\_строящегося\\_дома\\_в\\_Таганроге\\_\(2012\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Обрушение_строящегося_дома_в_Таганроге_(2012)).



студентов по химическим дисциплинам». В связи с переходом ГОУ ВПО «ДонНАСА» на дистанционный формат обучения ряд экспериментальных исходных данных взяты готовыми в сети интернет [4]. Технология проведения множественного регрессионного анализа в программе Statistica 6, использованная в ходе исследования, взята в [1; 2; 3]. *Множественная регрессия* позволяет найти уравнение типа:

$$y = b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_n \cdot x_n + c, \quad (1)$$

где  $b_1 \dots b_n$  – неизвестные коэффициенты модели, вычисляемые при помощи систем нормальных уравнений (средние по совокупности отклонения признака-результата от его средней величины при отклонении признака-фактора  $x_1 \dots x_n$  на единицу при условии, что все прочие факторы модели зафиксированы на среднем уровне; представляют силу и тип взаимосвязи независимой переменной по отношению к зависимой);  
 $c$  – свободный член уравнения (рассчитанный с использованием метода наименьших квадратов);  
 $x_1 \dots x_n$  – независимые переменные.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исходные данные занесены в таблицу.

**Таблица** – Исходные данные для проведения прогнозирования

№	m(3CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), г	m(3CaO·SiO <sub>2</sub> ), г	m(4CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), г	m(2CaO·SiO <sub>2</sub> ), г	Q, кал/г
1	1,00	31,00	22,00	44,00	72,50
2	1,00	29,00	15,00	52,00	74,30
3	7,00	26,00	6,00	60,00	78,50
4	1,00	40,00	23,00	34,00	83,80
5	11,00	31,00	8,00	47,00	87,60
6	2,00	54,00	18,00	22,00	93,10
7	7,00	52,00	6,00	33,00	95,90
8	3,00	71,00	17,00	6,00	102,70
9	11,00	56,00	8,00	20,00	104,30
10	11,00	55,00	9,00	22,00	109,20
11	11,00	66,00	9,00	12,00	113,30
12	21,00	47,00	4,00	26,00	115,90
13	10,00	68,00	8,00	12,00	109,40

Проведён множественный линейный регрессионный анализ имеющихся данных с применением программного комплекса Statistica 6 («Пошаговая с включением»). Получены следующие результаты на 3 шаге:  $R = 0,991123$ ;  $F = 166,3317$ ;  $R^2 = 0,932335$ ; Стандартная ошибка оценки = 2,30374; Стандартная ошибка = 14,14239;  $p = 0,0007$ ;  $t = 5,0662$ . Получено регрессионное уравнение:

$$Q = 52,57735 + 1,46831 \cdot m(3CaO \cdot Al_2O_3) + 0,66225 \cdot m(3CaO \cdot SiO_2). \quad (2)$$

Для статистической проверки полученного результата провели анализ нормальности остатков (рис. 1).

График «Предсказанные значения и остатки» говорит о несмещенности оценки остатков. Проведено сравнение экспериментальных данных с прогнозируемыми в регрессионном уравнении, результаты занесены на рис. 2.

Полученные результаты показывают, что прогнозирование с применением множественной регрессии даёт статистически значимые результаты.

### ВЫВОДЫ

Технологии Data Mining в деятельности технолога по производству строительных материалов обладают мощным прогностическим потенциалом; установлена зависимость между компонентами и выделяющимся теплом при отвердевании портландцемента. В дальнейшем планируется проведение обработки экспериментальных данных с использованием выведенного регрессионного уравнения.

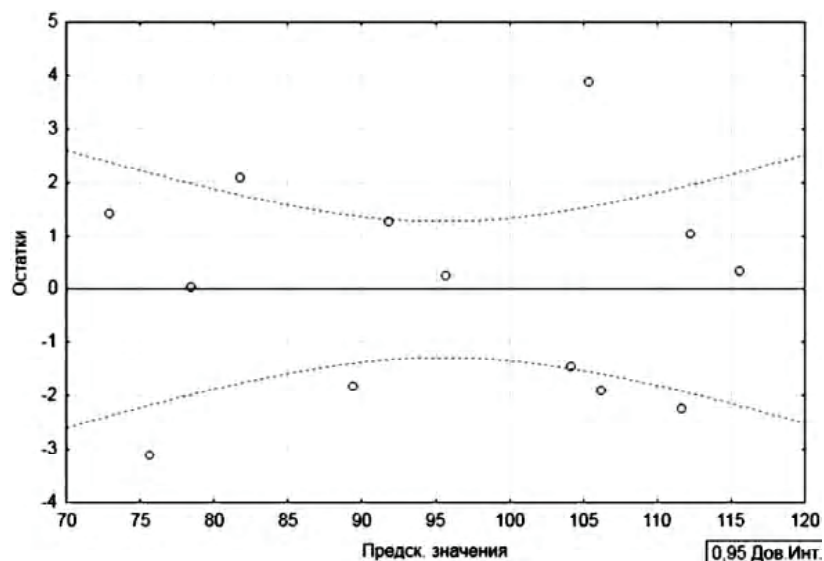


Рисунок 1 – График «Предсказанные значения и остатки».

Набл. No.	Наблюд. Значение	Предсказанные Значение	Остатки	Станд. предск.	Станд. Остатки	Ст. Ош. предск.	Махалан. расст.	Удален. Остатки	Кука расст.
1	78,5000	80,0740	-1,57401	-1,03135	-0,65411	1,206036	2,091243	-2,10202	0,063892
2	74,3000	73,2509	1,04909	-1,48982	0,43597	1,231438	2,219560	1,42131	0,030455
3	104,3000	105,8147	-1,51474	0,69825	-0,62948	0,829756	0,503745	-1,71915	0,020229
4	87,6000	89,2585	-1,65848	-0,41422	-0,68921	1,184360	1,983865	-2,18867	0,066801
5	95,9000	97,2925	-1,39251	0,12561	-0,57868	0,695824	0,080310	-1,51957	0,011115
6	109,2000	105,1525	4,04751	0,65375	1,68202	0,816455	0,458369	4,57408	0,138652
7	102,7000	104,0021	-1,30206	0,57645	-0,54109	1,447400	3,418484	-2,04019	0,086691
8	72,5000	74,5754	-2,07542	-1,40082	-0,86248	1,181785	1,971240	-2,73510	0,103867
9	93,1000	91,2755	1,82451	-0,27869	0,75821	1,018511	1,226736	2,22271	0,050951
10	115,9000	114,5375	1,36246	1,28436	0,56620	1,784616	5,677144	3,02781	0,290268
11	83,8000	80,5357	3,26433	-1,00033	1,35656	1,032265	1,285188	4,00051	0,169538
12	113,3000	112,4372	0,86275	1,14324	0,35853	1,067117	1,436821	1,07396	0,013057
13	109,4000	112,2934	-2,89344	1,13357	-1,20243	1,113688	1,647296	-3,68215	0,167180
Минимум	72,5000	73,2509	-2,89344	-1,48982	-1,20243	0,695824	0,080310	-3,68215	0,011115
Максим.	115,9000	114,5375	4,04751	1,28436	1,68202	1,784616	5,677144	4,57408	0,290268
Среднее	95,4231	95,4231	-0,00000	0,00000	0,00000	1,123788	1,846154	0,02566	0,093284
Медиана	95,9000	97,2925	-1,30206	0,12561	-0,54109	1,113688	1,647296	-1,51957	0,066801

Рисунок 2 – Окно программы Statistica 6; экспериментальная проверка прогностической модели.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ данных и процессов [Текст] : учеб. пособие / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, И. И. Холод, М. Д. Тесс [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб. : БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.
2. Боровиков, В. П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере : для профессионалов [Текст] / В. П. Боровиков ; 3-е изд. – СПб. : Питер, 2003. – 688 с.
3. Орешков, В. И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям [Текст] / В. И. Орешков, Н. Б. Паклин. – СПб. : Питер, 2013. – 701 с.
4. Построение предсказательных моделей в STATISTICA: выделение тепла при отверждении портландского цемента [Электронный ресурс] // StatSoft Russia. – [1999–2020]. – Электр. дан. – Режим доступа: [http://statsoft.ru/solutions/ExamplesBase/branches/detail.php?ELEMENT\\_ID=1796](http://statsoft.ru/solutions/ExamplesBase/branches/detail.php?ELEMENT_ID=1796).
5. Ташкинов, Ю. А. Педагогическое прогнозирование образовательных результатов будущих инженеров-строителей в реальном времени [Электронный ресурс] / Ю. А. Ташкинов // Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие. – 2020. – Т. 8, № 1(28). – Режим доступа : <http://humjournal.rzgmu.ru/art&id=416чч.мм.гггг>. – doi:10.23888/humJ2020135-45/.

Получена 28.04.2020

Ю. А. ТАШКИНОВ, В. М. СОЛОНЧАК, І. С. АКСЬОНОВ  
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОДИНАМІКИ ЗАТВЕРДІННЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ  
ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ DATA MINING  
ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** Розглянуто технологію прогнозування виділення тепла при затвердінні портландцементу в програмному комплексі Statistica 6.0. Зібрані емпіричні дані (з використанням мережі Інтернет як джерела, у зв'язку з переходом на дистанційний формат навчання) про кількість тепла, що виділяється при затвердінні тринадцяти зразків з різним співвідношенням трикальцієвого алюмінату, трикальцієвого силікату, чотирікальцієвого алюмофериту, двокальцієвого силікату. Проведено множинний лінійний регресійний аналіз експериментального матеріалу. Отримано лінійне рівняння:  $Q = 52,57735 + 1,46831 \cdot m(3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3) + 0,66225 \cdot m(3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2)$ , що дозволяє розраховувати кількість виділеного тепла по вихідній емпіричній інформації про співвідношення компонентів портландцементу. Проведена статистична перевірка отриманих результатів з використанням перевірки нормальності залишків. Проведено порівняння експериментальних даних з прогнозованими в регресійному рівнянні. Зроблено висновок про ефективність технологій Data Mining в діяльності технолога з виробництва будівельних матеріалів.

**Ключові слова:** Big Data, Data Mining, виробництво будівельних матеріалів, хімічна термодинаміка, термодинамічне комп'ютерне моделювання.

JURIY TASHKINOV, VLADIMIR SKLONCHAK, IGOR AKSENOV  
RESEARCH OF THERMODYNAMICS OF PORTLAND CEMENT CURING USING  
DATA MINING TECHNOLOGY  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The technology for predicting heat release during hardening of Portland cement in the Statistica 6.0 software package is considered. Empirical data were collected (using the Internet as a source, because the transition to a remote training format) on the amount of heat generated during curing of thirteen samples with different ratios of tricalcium aluminate, tricalcium silicate, tetracalcium aluminoferrite, dicalcium silicate. A multiple linear regression analysis of the experimental material was carried out. The linear equation is obtained:  $Q = 52,57735 + 1,46831 \cdot m(3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3) + 0,66225 \cdot m(3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2)$ , which allows calculating the amount of heat released from the initial empirical information on the ratio of the components of Portland cement. A statistical verification of the results was carried out using the normality of the residues. The experimental data are compared with those predicted in the regression equation. The conclusion is drawn about the effectiveness of Data Mining technologies in the activities of a technologist for the production of building materials.

**Key words:** Big Data, Data Mining, production of building materials, chemical thermodynamics, thermodynamic computer modeling.

**Ташкинов Юрий Андреевич** – ассистент кафедры прикладной химии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»; аспирант кафедры инженерной и компьютерной педагогики (13.00.08 «Теория и методика профессионального образования») ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». Научные интересы: использование компьютерных технологий, в частности – интеллектуальных систем, в образовательном процессе.

**Склончак Владимир Николаевич** – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование компьютерных технологий, в частности – интеллектуальных систем, в образовательном процессе.

**Аксёнов Игорь Сергеевич** – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование компьютерных технологий, в частности – интеллектуальных систем, в образовательном процессе.

**Ташкинов Юрій Андрійович** – асистент кафедри прикладної хімії ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»; аспірант кафедри інженерної та комп'ютерної педагогіки (13.00.08 «Теорія і методика професійної освіти») ДОНУ ВПО «Донецький національний університет». Наукові інтереси: використання комп'ютерних технологій, зокрема – інтелектуальних систем, в освітньому процесі.

**Слончак Володимир Миколайович** – студент ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання комп'ютерних технологій, зокрема – інтелектуальних систем, в освітньому процесі.



**Аксёнов Ігор Сергійович** – студент ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання комп'ютерних технологій, зокрема – інтелектуальних систем, в освітньому процесі.

**Tashkinov Yuriy** – Assistant, Applied Chemistry Department, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture; graduate student of the Department of Engineering and Computer Pedagogy (13.00.08 «Theory and Methods of Vocational Education») of the Donetsk National University. Scientific interests: the use of computer technology, in particular – intellectual systems, in the educational process.

**Sklonchak Vladimir** – student, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the use of computer technologies, in particular – intelligent systems, in the educational process.

**Aksenov Igor** – student, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the use of computer technologies, in particular – intelligent systems, in the educational process.

UDC 728.4

**ANGELINA STUPINA, TAMARA ZAGORUIKO**

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**PSYCHOLOGICAL PREREQUISITES FOR THE FORMATION OF A LOFT**

**Abstract.** The article discusses the psychological background connected with the formation of the loft. Loft (Eng. Loft – «attic») is an architectural style formed in the period of the 20<sup>th</sup> – 21<sup>st</sup> centuries in New York and is applicable to the interior decoration of the attic type residential and office premises. The loft style is characterized by unprocessed brick and concrete walls, metal or wooden furniture. The loft is a converted premise of an abandoned factory or other industrial buildings for living. The psychological conditions of the loft formation for people mean the creation of a feeling of stability and a feeling of reliability. The problem of industrial territories that find themselves in the city limits exists in many developed countries. The European solution, implemented in recent decades, is a radical transformation of industrial zones or their withdrawal from cities.

**Key words:** loft, industrial cities, industrial territories.

**THE PROBLEM STATEMENT**

In modern conditions, the population of cities and metropolitan cities is constantly fighting for territory, because the population is growing and requires a place to live. A solution to this problem exists, it is the use of industrial facilities, closed for one reason or another, for housing.

**ANALYSIS OF RECENT RESEARCH AND PUBLICATIONS**

Theoretical and practical basis for the concept of creating a dwelling of the 21<sup>st</sup> century is discussed by S. N. Bulgakov, E. L. Berezina, L. M. Simonov, W. Broomfield and B. Ruble and other scientists.

**GOALS**

The purpose of this paper is to identify the main psychological prerequisites for the formation of a loft.

**DISCUSSION**

Apartments in a former industrial building, known as a loft, being considered the most relevant and modern housing format for half a century, have come to our country. A huge room that does not hide its past, old (often artificially aged) brickwork, glass, metal. Such a house cannot be called a cozy nest [1]. This is a status housing, indicating that its owner keeps up to date. Projects are presented as block of apartments which will be designed in an industrial format.

The advantages of loft objects include:

- complex solution of the territory by forming loft objects;
- increase in the efficiency of the territory use;
- optimization of the environmental situation through the elimination of industrial buildings;
- solving the problem of housing shortages
- improvement of the architectural and spatial characteristics of the urban environment.

The psychological conditions of the loft formation for people are connected with a feeling of stability and reliability.

The sense of stability of the past industrial age, which is expressed in simplicity, fundamental nature, static character, and non-vanity of industrial buildings in comparison with modern digital, dynamic, vain

architecture. Stability and static character are much more suitable for the creation of housing, as the realization of the feeling «being at rest».

The feeling of reliability. The reliability of industrial buildings is felt even visually. This increases their value for conversion to housing, as psychologically it gives hope for protection from the fears of modern time, such as terrorism and vandalism, natural disasters and catastrophes [2, 3].

The property of an object to perform certain functions assigned to it, while maintaining operational characteristics within certain limits corresponding to specified modes and conditions of use, is reliability. Reliability indicators can be very different. There are three main components in this definition:

- performance of the established functions;
- the time required for this;
- certain operating conditions.

If we talk about the performance of the specified functions, then it is worth noting two concepts that relate to the theoretical and practical understanding of what constitutes reliability. Reliability indicators from this point of view are as follows: serviceability and workability. Workability is a certain state of an object, in which it remains able to perform these functions with parameters determined by technical documentation. At the same time, it is worth noting that it is incorrect to identify workability and serviceability, since the second is a condition in which it fully meets the established requirements in the technical documentation. Time is another important element that implies reliability [4]. Reliability indices in this case include this concept by no means accidentally, since the physical essence of reliability is in the fact that any product must, without fail, preserve its technical parameters for a certain time. In addition, the definition of reliability also includes operating conditions.

Reliability indicators include a wide range of qualities without any specific definition of their quantitative assessment and certain properties.

Protection is a guarantee of security against something to someone or a series of actions and measures to implement this guarantee. Object security is the ability of the object to withstand threats while maintaining the ability to perform its basic functions and tasks in regular and emergency situations.

Large scale is the result of the general interaction of the measures perceived by the viewer, which form the basis of each element of the composition.

The feeling of stability means fundamental nature and simplicity of form and static character.

The static character implies the object which is motionless.

All these psychological conditions are combined into environmental aspects of psychological comfort.

The use of natural building materials reduces the need to use artificial materials, for the manufacture and transportation of which more energy is required. Building technologies using natural building materials are based on simple construction methods that minimize the damage to the environment, reducing dependence on non-renewable resources.

A loft that combines most of the modern interior trends is often perceived as an example of an urban interior style, and many of its inherent methods, elements and accents are cited by designers regardless of the style of the interior.

To complete the decoration of individual zones, stone has been successfully used for arches, niches, portals, etc. As a rule, the implementation of diverse wall decoration gives an excellent visual effect in a large studio space, which, in particular, is the interior of a traditional loft.

The presence in the interior of flooring (beams), supports and other structures, as well as parts of industrial systems (ventilation, lifting mechanisms) is a business card of the loft style, all these details must be organically integrated into the interior, stylized and ennobled.

Bright glossy textures, as well as furniture find themselves well in the interior.

The exploitation of the Earth and its natural resources as well as consumer relations have reached a critical point (the organic system is on the verge). Therefore, in buildings it is necessary to reduce the consumption of natural resources, to reduce the negative impact on nature. For example, reducing energy consumption is not only the use of energy-saving measures, but also the rejection of conditioning, as a very energy-intensive system, but not due to the deterioration of the quality of life, but due to the good thermal insulation of walls and roofs, the use of natural ventilation, which can also be «adjusted» like a piano, and the house will have the right climate, that is temperature and humidity.

The use of natural materials has a mass of such positive qualities that no artificial analogue can approach. For example, wood is simply a priceless material, it is natural, non-toxic, structural, heat-insulating, easy to process with a huge number of textures and shade and can be used as an acoustic one, etc.

The desire of man to nature. This is manifested in the desire to have housing (a second house, for example, dacha) in nature or to bring a piece of nature into own home. In the first case, we (ideally) take care of the Earth; in the second, we (especially in the metropolis) replace nature with its simulacra. This is expressed in architecture as «the current obsession with greenery». Greenery grows not only on the roofs, but also on the facades. Historical examples of the former are numerous: the gardens of Semiramis, the garden of Aleksey Mikhailovich in the Kremlin, the hanging garden in the Hermitage. Green facades can be seen on the office building of the National Museum of Ethnographic Art (J. Nouvel), the apartment house «the feathered building» in Paris (Edouard Francois), where bamboo planters are part of the balcony fencing and automation monitors the watering of plants through the fencing pipes. This also includes conservatories and atriums with pools, fountains, waterfalls. They improve the climate.

But people bring a lot to the point of absurdity in their striving for nature by using artificial materials, which are the simulacra of natural ones, or artificial plants that do not give oxygen, coolness or aroma. [5] Despite the psychological comfort, this is hardly the right way.

In industrial regions, due attention is not given to this issue. This is especially true for issues of a comprehensive solution of the problems of industrial territories with objects adjacent to the central part of the city, as well as the study of issues related to the influence of industrial objects on the formation of the architectural and spatial composition of the city.

## CONCLUSIONS

Many industrial enterprises and zones have lost their importance under the influence of scientific and technological progress, what has led to the reduction in the area of enterprises and sanitary protection zones. This has become an important reserve for organizing large fragments and planning structures on the territory of cities and metropolitan cities.

The problem of industrial territories that find themselves in the city limits exists in many developed countries. The European solution, implemented in recent decades, is a radical transformation of industrial zones or their withdrawal from cities.

## REFERENCES

1. Булгаков, С. Н. Концепция создания, требования, параметры и характеристики жилища 21 века [Текст] : информ. материалы : пособие для архит. и строит. вузов и фак. / С. Н. Булгаков ; Рос. акад. арх. и строит. наук. – М. : [б. и.], 2000. – 33 с.
2. Березина, Е. Л. Доступность жилья в общественном мнении горожан (на материалах социологического опроса жителей Тюмени) [Текст] / Е. Л. Березина, Л. М. Симонова // Вестник Тюменского государственного университета. – 2013. – № 8. – С. 105–114.
3. Жилище в России: век XX. Архитектура и социальная история [Текст] / Сост. и ред. : Уильям Брумфилд и Блэр Рубл. – М. : Три квадрата, 2001 [обл. 2002]. – 191 с.
4. Гузовский, В. В. Реконструкция гражданских зданий и сооружений [Текст] : учебное пособие / В. В. Гузовский // Успехи современного естествознания. – 2010. – № 9. – С. 63–64.
5. Кияненко, К. В. Архитектура и социальное моделирование жилища [Текст] : автореф. дис. канд. арх. : 18.00.02 / К. В. Кияненко. – М., 2005. – 51 с.

Получена 28.04.2020

А. Э. СТУПИНА, Т. И. ЗАГОРУЙКО  
ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ ЛОФТА  
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**Аннотация.** В статье рассматриваются психологические предпосылки при формировании лофта. Лофт (англ. loft – «чердак») – архитектурный стиль, сформированный в период XX–XXI века в Нью-Йорке, применим к оформлению интерьера жилых и офисных помещений чердачного типа. Стилю лофт характерны необработанные кирпичные и бетонные стены, металлическая или деревянная мебель. Также лофт – это переоборудованное под жильё помещение заброшенной фабрики или другого здания промышленного назначения. Для людей психологические условия формирования лофта – это ощущение стабильности и ощущение надежности. Проблема промышленных территорий, оказавшихся в городской черте, существует во многих развитых странах. Европейское решение, реализуемое в последние десятилетия, – кардинальное преобразование промышленных зон или вывод их за пределы городов.

**Ключевые слова:** лофт, промышленные города, промышленные территории.

**А. Е. СТУПІНА, Т. І. ЗАГОРУЙКО**  
**ПСИХОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ФОРМУВАННЯ ЛОФТА**  
**ДОНУ ВПО «ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»**

**Анотація.** У статті розглядаються психологічні передумови при формуванні лофту. Лофт (англ. Loft – «горище») – архітектурний стиль, сформований в період XX–XXI століття в Нью-Йорку, що застосовується при оформленні інтер'єра житлових і офісних приміщень горищного типу. Стилю лофт характерні необроблені цегляні і бетонні стіни, металеві або дерев'яні меблі. Так само лофт – це переобладнання під житло приміщення закинutoї фабрики або іншої будівлі промислового призначення. Для людей психологічні умови формування лофта – це відчуття стабільності і відчуття надійності. Проблема промислових територій, що опинилися в межах міста, існує в багатьох розвинених країнах. Європейське рішення, реалізоване в останні десятиліття, – кардинальне перетворення промислових зон або виведення їх за межі міст.

**Ключові слова:** лофт, промислові міста, промислові території.

**Ступина Ангеліна Едуардовна** – магістр архітектури; асистент кафедри градостроительства и ландшафтной архитектуры ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие лофта в Донецко-Макеевской агломерации.

**Загоруйко Тамара Івановна** – доцент кафедри иностранных языков и педагогики высшей школы ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: методика обучения, педагогика.

**Ступина Ангеліна Едуардівна** – магістр архітектури; асистент кафедри містобудування та ландшафтної архітектури ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток лофт в Донецько-Макіївській агломерації.

**Загоруйко Тамара Іванівна** – доцент кафедри іноземних мов і педагогіки вищої школи ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: методика навчання, педагогіка.

**Stupina Angelina** – Master of Architecture; Assistant of the Department of Urban Planning and Landscape Architecture, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: loft development in Donetsk – Makeevka agglomeration.

**Zagoruiko Tamara** – Associate Professor; Foreign Languages and Pedagogy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: teaching methods, pedagogy.

УДК 681.5

**С. Н. САМСОНЕНКО, К. И. ГАЛЬЦОВА**

ГОО ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**ТЕРМОРЕЗИСТИВНЫЕ ДАТЧИКИ ИЗ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ  
АЛМАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Аннотация.** Широкое внедрение автоматизации вызывает необходимость совершенствования элементной базы автоматических устройств. Одним из параметров, характеризующих состояние объектов автоматизации, является температура. Актуальным является измерение температуры агрессивных жидких сред. Поскольку алмаз химически инертен к водным растворам кислот, щелочей и солей, его можно рассматривать как один из перспективных материалов для изготовления термометрических датчиков. Рассматривается возможность изготовления термометрических датчиков из поликристаллических алмазных материалов. Наиболее подходящими материалами являются поликристаллические алмазные пленки и поликристаллические алмазные компакты. Установлено, что электрические свойства поликристаллических алмазных материалов определяются дислокационной проводимостью, которая в свою очередь определяется структурой алмазных материалов. Изменением температурного коэффициента сопротивления можно управлять, изменяя параметры изготовления поликристаллических алмазных материалов.

**Ключевые слова:** автоматизация, терморезистивные датчики, алмаз, дислокации.

Автоматизация – одно из направлений научно-технического прогресса, использующее саморегулирующие технические средства и математические методы с целью освобождения человека от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов, изделий или информации.

Широкое внедрение автоматизации вызывает необходимость совершенствования элементной базы автоматических устройств.

Одним из видов автоматизации является автоматический контроль, то есть получение и обработка информации о состоянии объекта. Одним из параметров, характеризующих состояние объектов, является температура. Актуальным является измерение температуры агрессивных жидких сред. Главными элементами системы автоматического контроля температуры являются терморезистивные датчики. В таких датчиках изменение температуры преобразуется в изменение электрического сопротивления.

Терморезистивные датчики изготавливаются из металлов и полупроводников. Эти материалы обладают низкой коррозионной стойкостью, поэтому возникает необходимость поиска новых материалов для изготовления терморезистивных датчиков.

Одним из перспективных материалов для изготовления термометрических датчиков является алмаз. Алмаз химически инертен к водным растворам кислот, щелочей и солей.

В настоящее время широкому применению алмаза в автоматике и электронике препятствует отсутствие установленных механизмов формирования электронных свойств.

Поэтому в этой работе мы попробуем разобраться с механизмом формирования электронных свойств алмазов, позволяющих использовать алмазные материалы в микроэлектронике.

После разработки технологий получения синтетических алмазов при высоких давлениях и температурах, а также синтеза алмазных пленок начались активные попытки управления их электронными свойствами с помощью введения легирующих примесей.

Однако на сегодняшний день нет однозначных результатов по легированию алмазов. В работе [1] показано, что введение бора в алмазные пленки при синтезе приводит к возрастанию плотности дислокаций.

Ланг с коллегами, исследуя природные полупроводниковые алмазы, показал, что они являются пластически деформированными в естественных условиях безазотными изолирующими алмазами [2]. После деформации эти алмазы приобрели мозаичную структуру. Блоки мозаики разделены малоугловыми дислокационными границами.

Ненасыщенные углеродные связи в ядре дислокаций имеют акцепторный характер.

Это наводит на мысль, что главным условием существования высокой электропроводности является наличие не точечных примесных дефектов, а присутствие в алмазе структурных протяженных дефектов – дислокаций с краевой компонентой.

Проанализируем структуру алмазных пленок и поликристаллических алмазных материалов.

Синтетические алмазные пленки выращиваются из метано-водородной смеси. Монокристаллические пленки выращиваются на подложках из монокристалла природного алмаза. Поликристаллические алмазные пленки выращиваются на подложках из монокристаллического кремния.

Тонкие монокристаллические пленки толщиной до 10 мкм являются мозаичными. Тонкие монокристаллические пленки имеют двухкомпонентную структуру: монокристаллические блоки мозаики из изолирующего алмаза и малоугловые дислокационные границы.

Поликристаллические алмазные компакты спекаются при высоких давлениях и температурах из алмазного порошка. При спекании алмазные частицы становятся мозаичными. Это подтверждается рентгенографическими исследованиями. В процессе спекания алмазных частиц между ними образуется слой алмазоподобного углерода. Поликристаллические алмазные компакты представляют собой трехкомпонентную структуру: монокристаллические блоки мозаики из изолирующего алмаза, малоугловые дислокационные границы, слой алмазоподобного углерода.

Такой же структурной моделью описывается и структура тонких поликристаллических алмазных пленок. В тонких поликристаллических алмазных пленках до 10 мкм внутренняя структура является текстурированной. Мы выбрали условия синтеза таким образом, что плоскости (311), параллельные поверхности подложки из монокристаллического кремния преобладают над другими плоскостями ((111) и (220)) [3]. В азимутальном направлении эти плоскости имеют произвольную ориентацию. Текстура (311) выбрана нами по той причине, что плоскости скольжения (311) характерны для 73° дислокаций. Такие дислокации наиболее термически устойчивы и вдоль оси дислокации на одно межатомное расстояние может приходиться 0,82 или 2,45 оборванных связей.

Тонкие текстурированные поликристаллические алмазные пленки также имеют трехкомпонентную структуру: монокристаллические блоки мозаики из изолирующего алмаза, малоугловые дислокационные границы и тонкие границы между кристаллитами из алмазоподобного углерода.

Поскольку во всех рассматриваемых нами группах образцов имеются дислокации, то рассмотрим, каким образом они влияют на электрические параметры.

Во всех исследованных нами образцах зависимость удельного сопротивления образцов от плотности дислокаций имеет одинаковую функциональную зависимость:

$$\rho = \frac{\rho_0}{\Gamma^q},$$

где  $\rho_0$  – удельное сопротивление проводящего дислокационного канала,  
 $\Gamma$  – локальная плотность дислокаций,  
 $q$  – численный параметр (в тонких монокристаллических алмазных пленках  $q \approx 6,9$ ; в тонких поликристаллических алмазных пленках  $q \approx 6,7$ ; в поликристаллических алмазных компактах  $q \approx 6,8$ ); [4].

Во всех природных полупроводниковых алмазах при исследовании температурной зависимости электропроводности выявлены уровни с энергией активации 0,29÷0,36 эВ.

Мы также провели такие исследования для наших групп алмазных материалов. На температурной зависимости электропроводности алмазных компактов и поликристаллических алмазных пленок также есть участки с энергией активации близкой к 0,3 эВ [5].

Из этих результатов следует, что во всех исследованных нами алмазных материалах возникают дислокации, приводящие к дислокационной проводимости.

Во всех указанных типах алмазов электрическая проводимость осуществляется по проводящим дислокационным каналам. Проводящие дислокационные каналы образуются близко расположенными дислокациями. Дислокации различных блоков мозаики могут находиться на таких расстояниях, что возможно туннелирование носителей заряда с одной дислокации на другую. Под действием электрического поля возникает перенос носителей заряда по дислокационным проводящим каналам.

Увеличение температуры алмазов с дислокациями приводит к переходу электронов из разрешенных дислокационных зон на дислокационные акцепторные уровни. В разрешенных дислокационных зонах появляются носители заряда – дырки. Приложенное внешнее электрическое поле приводит к появлению электрического тока. С увеличением температуры увеличивается и количество дырок в разрешенных дислокационных зонах. Сопротивление алмазных материалов уменьшается. Температурный коэффициент сопротивления будет отрицательным, как и у традиционных полупроводников.

## ВЫВОДЫ

1. Поликристаллические алмазные материалы можно использовать при изготовлении термометрических датчиков для измерения температуры агрессивных жидких сред.
2. Электрические свойства термометрических датчиков определяются дислокационной проводимостью.
3. Изменением температурного коэффициента сопротивления можно управлять, изменяя параметры изготовления поликристаллических алмазных материалов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Boron-Doping Proximity Effects on Dislocation Generation during Non-Planar MPCVD Homoepitaxial Diamond Growth [Текст] / F. Lloret, D. Eon, E. Bustarret [et. al.] // Nanomaterials. – 2018. – № 8. – P. 480.
2. Internal structure [Текст] / A. R. Lang // In The Properties of Diamond ; ed. by J. E. Field. – London, N. Y., San Francisco : Academic Press, 1979. – 425 p.
3. Samsonenko, S. N. Texturing of CVD diamond films [Текст] / S. N. Samsonenko, N. D. Samsonenko, Z. I. Kolyupaeva // Function materials. – 2003. – V.10, № 2. – P. 261–265.
4. Самсоненко, С. М. Електрична провідність тонких нелегованих алмазних плівок [Текст] / С. М. Самсоненко, М. Д. Самсоненко // Фізика і хімія твердого тіла. – 2009. – Т. 10, № 4. – С. 824–827.
5. Samsonenko, S. N. Dislocation Electrical Conductivity of Plastically Deformed Natural Diamonds [Текст] / S. N. Samsonenko, N. D. Samsonenko, V. I. Timchenko // Semiconductors. – 2010. – V. 44, № 9. – P. 1140–1144.

Получена 29.04.2020

С. М. САМСОНЕНКО, К. І. ГАЛЬЦОВА  
 ТЕРМОРЕЗИСТИВНІ ДАТЧИКИ З ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ АЛМАЗНИХ  
 МАТЕРІАЛІВ  
 ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** Широке впровадження автоматизації викликає необхідність вдосконалення елементної бази автоматичних пристроїв. Одним з параметрів, що характеризують стан об'єктів автоматизації, є температура. Актуальним є вимір температури агресивних рідких середовищ. Оскільки алмаз хімічно інертний до водних розчинів кислот, лугів і солей його можна розглядати як один з перспективних матеріалів для виготовлення термометричних датчиків. Розглядається можливість виготовлення термометричних датчиків з полікристалічних алмазних матеріалів. Найбільш відповідними матеріалами є полікристалічні алмазні плівки і полікристалічні алмазні компакти. Встановлено, що електричні властивості полікристалічних алмазних матеріалів визначаються дислокаційною провідністю, яка в свою чергу визначається структурою алмазних матеріалів. Зміною температурного коефіцієнта опору можна управляти, змінюючи параметри виготовлення полікристалічних алмазних матеріалів.

**Ключові слова:** автоматизація, терморезистивні датчики, алмаз, дислокації.



SERGEY SAMSONENKO, KRISTINA GALTSOVA  
THERMISTOR SENSORS MADE OF POLYCRYSTALLINE DIAMOND  
MATERIALS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The widespread introduction of automation necessitates the improvement of the element base of automatic devices. One of the parameters characterizing the state of automation objects is temperature. It is relevant to measure the temperature of aggressive liquid media. Since diamond is chemically inert to aqueous solutions of acids, alkalis and salts, it can be considered as one of the promising materials for the manufacture of thermometric sensors. The possibility of manufacturing thermometric sensors from polycrystalline diamond materials is being considered. The most suitable materials are polycrystalline diamond films and polycrystalline diamond compacts. It has been established that the electrical properties of polycrystalline diamond materials are determined by dislocation conductivity, which in turn is determined by the structure of diamond materials. The change in temperature coefficient of resistance can be controlled by changing the manufacturing parameters of polycrystalline diamond materials.

**Key words:** automation, thermoresistive sensors, diamond, dislocations.

**Самсоненко Сергей Николаевич** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры автоматизации и электроснабжения в строительстве ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: электроснабжение в строительстве, автоматизация в строительстве и алмазная электроника.

**Гальцова Кристина Игоревна** – студентка ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: автоматизация в строительстве.

**Самсоненко Сергій Миколайович** – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри автоматизації і електропостачання в будівництві ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: електропостачання в будівництві, автоматизація в будівництві і алмазна електроніка.

**Гальцова Кристина Ігорівна** – студентка ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: автоматизація в будівництві

**Samsonenko Sergey** – Ph. D. (Physico-Mathematical Sciences), Associate Professor, Automation and Power Supply in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: power supply in construction, automation in construction and diamond electronics.

**Galtsova Kristina** – a student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: automation in construction.

UDC 711.555.004.68

**TAMARA ZAGORUIKO, SOFIA ANDREEVA**

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

## THE LATEST GLOBAL TRENDS IN THE DESIGN OF MEDICAL INSTITUTIONS

**Abstract.** The work is devoted to the analysis of global trends in the design of medical facilities. The main problems of medical institutions, which today are given special attention to, are outlined. The relevance of the theme is confirmed by the need to improve the design methods of modern buildings of medical institutions, as well as the need to reconstruct existing buildings. The development options of domestic hospitals are being considered taking into account current trends in the development of this industry. The authors pay attention to modern design concepts of medical institutions aimed at creating a healthy psychological atmosphere for patients and staff, as well as the current trend of creating medical clusters.

**Key words:** medical institution, medical cluster, salutogenic architecture.

### WORDING OF PROBLEM

An analysis of the state of domestic health facilities shows that the buildings created in the Soviet period are already obsolete and require modernization in accordance with modern design standards for medical institutions. In order to effectively carry out the reconstruction of such buildings and the construction of new modern medical institutions, it is important to study the latest world trends in this area and identify the trend for the development of domestic medical institutions.

### PURPOSE

To analyze of global trends in the design of medical facilities and consider options for the development of domestic hospitals, taking into account current trends in the development of this industry.

### MAIN MATERIAL

The development of technology in construction and medical science is one of the reasons for the need to improve the buildings of medical institutions. In addition, when designing buildings of this type, the environmental impact on human well-being is still an important aspect, which has been proved by numerous studies (scientific research in this direction has been ongoing since the 80s of the 20<sup>th</sup> century). Designing an environmentally friendly and non-aggressive to humans environment is still the main trend in the design of building. As for medical institutions this is perhaps even more relevant than for other types of buildings. This trend has led to the emergence of a new term – *salutogenic architecture*, i. e. architecture that creates a healthy environment for human.

In an article by psychologist Christian Jarett [4], based on research of other specialists, written for the British journal «The Psychologist», the following main elements of the concept of modern design of medical institutions were highlighted:

1. Convenience of spatial orientation inside the building and on the territory of the medical institution.
2. Personalization of space. The increase in the number of separate rooms creates conditions for the patient to stay in a situation of «own control» over the environment, which helps to maintain a balanced mental state, and also makes frequent visits by friends and relatives possible, which in some cases plays a decisive role.
3. Aesthetics. The use of natural materials and daylight, where possible, imitation of a comfortable home environment favorably affects the condition of patients, contributing to their speedy recovery.

4. Decrease in a noise background. Sleep and rest is an extremely important aspect in helping patients to recover.

5. Color. The use of color in the design of medical institutions solves several functional tasks at once. Color can be used as a means of orientation, if you select different zones for them. In addition, it is widely known that color is able to influence the mood and alleviate the condition of patients.

The points listed above are aimed at creating a comfortable environment for patients; however, today the problem of stress experienced by medical personnel during work is also acute. According to the World Health Organization, healthcare faces an epidemic of stressed and burned-out staff. A nationwide survey by CareerBuilder and Miracleworkers.com found that 69 percent of healthcare workers report being stressed, while a Press Ganey survey of hospital employees found 45 percent reported not being engaged at work. Much of this can be attributed to the current state of the work environment: caring for patients, some of whom can be very demanding; averaging 25,000 steps per day; working in understaffed departments; and having barely enough downtime for a microwavable lunch in a tight breakroom with no available chairs. Therefore, the level of staff satisfaction and the creation of a comfortable working environment have become one of the priority tasks for architects and designers. According to the results of studies, reducing stress levels in staff directly affects the reduction in the number of medical errors [5].

Modern trends in the design of the environment for medical staff offer to try the approaches that are characteristic for the arrangement of modern offices. Many of these best practices and solutions can be applied to healthcare environments, albeit with materials and methods more appropriate for the design conditions required. Here are five to consider [1]:

1. Personalization. A variety of spaces and set-ups provides the power of choice for each team member to select the appropriate setting for the task at hand. For instance, a centralized nurses' station with zoned work areas or a hybrid inpatient model that permits charting in a patient's room or in the corridor both support staff with efficient and convenient work spaces while offering options that support personal preferences [1].

2. Mindfulness. Emotionally invested in a long list of patients and even longer shifts with little time to use the restroom, grab a bite, or make a quick call, nurses are especially vulnerable to fatigue and burnout. Intentional, quiet respite areas can offer «me moments» for nurses to regroup between patient visits, encouraging a more human and balanced culture [1].

3. Amenities. Limited both by the nature of work schedules and the restrictions of infection control, staff amenities in healthcare must be more integrated within the built environment than the add-ons and flashy perks of ping-pong tables or private fitness rooms that are commonplace in some corporate settings. For nurses who are often more concerned about where they can store their water bottles for easy access, amenities that afford convenience or caring and comfort are especially important. Breakrooms inspired by the arrangement of local coffee shops, for example, can be activated as flexible spaces with bar tops to plug in and stay connected, round tops to enjoy a quick bite, and lounge chairs for a small break or casual conversation [1].

4. Residential trend. While the residential trend has made its way to patient waiting rooms to bring added comfort and a sense of calm to patients and families, staff spaces are often overlooked as opportunities to incorporate similar elements, including color, texture, and visual effects. For example, porcelain and vinyl flooring designed to look like wood can replicate the sensory effect of a warmer, familiar, and more residential space. Additionally, finishes such as colorful fabrics, wall coverings, or images of the outdoors help create peaceful, welcoming staff spaces and help blur the line between work and home [1].

5. Culture. Employees who feel relevant and are connected to their coworkers or organization are less likely to explore other job opportunities. Incorporating branded graphics in breakrooms and respite spaces offers a dynamic platform to visualize core values while adding creative points of interest throughout a facility. Walls and displays can be used to recognize staff contributions and achievements, share community events and resources, and articulate cultural values or continued education opportunities. These connection points balance the larger healthcare facility with spaces that are designed to promote the social needs of healthcare staff and, when located strategically, can offer casual and intentional opportunities for mentorship and teambuilding to establish a sense of community and belonging [1].

Corporate America has already recognized the potential of the work environment to meet the needs of its employees, attract future talent, and drive productivity and engagement. Though few corporate trends can be exactly translated into a hospital setting, healthcare design has a powerful opportunity to modify these key drivers to respond to the physical and psychological demands on staff, express its values of well-being and mindfulness, and develop a space that's a natural extension of an organization's culture.

Another global trend in the design of medical facilities is associated with the phenomenon of globalization, as well as such a concept as «medical tourism». The concept of the medical cluster is the creation of a system of institutions that allows providing the patient with a full range of services, and in addition, includes institutions that contribute to the technological development of the medical industry and the involvement of foreign specialists. The development of integrated cluster-type structures in healthcare is an advanced way to improve the quality of medical care [6]. Such clusters should combine several functions, in addition to treatment, it is possible to introduce educational and research functions, a pharmacological direction, biomedical engineering, etc. «Even clinics that aren't educational organizations themselves are often tied to academic medical centers. This has a direct effect on the design, because there's a greater need for collaboration space and larger exam and meeting areas», says Kevin Hinrichs, principal and director of Taylor Design's San Francisco office [2]. Naturally, the tendency to combine several functions in a single complex requires the improvement of urban planning and space-planning decisions.

A successful example of creating a medical cluster is Biopolis in Singapore. The Russian Federation, which plans to create a Pacific Medical Center in the Sakhalin Region, is actively trying to adopt this experience, and is already actively building the Moscow International Medical Cluster on the territory of the Skolkovo Innovative Center. Moscow International Medical Cluster is a complex of branches of leading foreign clinics, educational and research organizations, where Russian patients will be able to receive medical care according to international standards, and Russian and foreign experts can exchange experience.

## CONCLUSION

Thus, we can conclude that the development of health facilities is carried out in several directions. If we talk about the global concept of the development of healthcare institutions, this is the creation of medical clusters that combine a fairly large number of functions. If we consider the architectural environment of medical institutions in more detail, then the tendency to create salutogenic (healing) architecture becomes apparent. The society's request for the creation of an architectural environment that takes care of both the patient and the hospital staff is obvious.

## REFERENCES

1. Larsen, Tina. The Business Case For Staff Satisfaction [Электронный ресурс] / Tina Larsen // Healthcare design. – 2019. – October 24. – Режим доступа : <https://www.healthcaredesignmagazine.com/trends/the-business-case-for-staff-satisfaction/>.
2. Silvis, Jennifer Kovacs Having It All: New Trends In Clinic Design [Электронный ресурс] / Jennifer Kovacs Silvis // Healthcare design. – 2016. – November 3. – Режим доступа : <https://www.healthcaredesignmagazine.com/trends/architecture/having-it-all-new-trends-clinic-design/>.
3. 2019's Top Healthcare Interior Design Trends Modern Facilities Should Embrace [Электронный ресурс] // HMC Architects. – Режим доступа : <https://hmcarchitects.com/thought-leadership/2019s-top-healthcare-interior-design-trends-modern-facilities-should-embrace-slp/>.
4. Jarrett, Christian Is there a psychologist in the building? [Текст] / Christian Jarrett // The Psychologist. – 2006. – Vol. 19, No 10. – P. 592–594.
5. Roger, S. Ulrich The Role of the Physical Environment in the Hospital of the 21st Century: A Once-in-a-Lifetime Opportunity [Электронный ресурс] / S. Ulrich Roger, Craig Zimring. – 2004. – Режим доступа : [www.healthdesign.org/system/files/Ulrich\\_Role%20of%20Physical\\_2004.pdf](http://www.healthdesign.org/system/files/Ulrich_Role%20of%20Physical_2004.pdf).
6. Титова, Н. Ю. Медицинский кластер: понятие и особенности [Электронный ресурс] / Н. Ю. Титова, Ю. В. Титова // АНИ: экономика и управление. – 2017. – № 4(21). – С. 227–229. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/meditsinskiy-klaster-ponyatie-i-osobennosti>.

Получена 30.04.2020

Т. И. ЗАГОРУЙКО, С. А. АНДРЕЕВА  
ПОСЛЕДНИЕ МИРОВЫЕ ТРЕНДЫ В ПРОЕКТИРОВАНИИ  
МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ  
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**Аннотация.** Работа посвящена анализу мировых тенденций в проектировании медицинских учреждений. Обозначены основные проблемы медицинских учреждений, которым сегодня уделяется особое внимание. Актуальность темы подтверждается необходимостью совершенствования методов проектирования современных зданий медицинских учреждений, а также необходимостью реконструкции

уже существующих зданий. Рассматриваются варианты развития отечественных больниц с учетом современных тенденций развития данной отрасли. Авторами уделено внимание современным концепциям дизайна медицинских учреждений, направленным на создание здоровой психологической атмосферы пациентов и персонала, а также современной тенденции создания медицинских кластеров.

**Ключевые слова:** медицинское учреждение, медицинский кластер, салютотенная архитектура.

**Т. І. ЗАГОРУЙКО, С. А. АНДРЕЄВА**  
**ОСТАННІ СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ В ДИЗАЙНІ МЕДИЧНИХ УСТАНОВ**  
**ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»**

**Анотація.** Робота присвячена аналізу світових тенденцій в проектуванні медичних установ. Окреслено основні проблеми медичних установ, яким сьогодні приділяється особлива увага. Актуальність теми підтверджується необхідністю вдосконалення методів проектування сучасних будівель медичних установ, а також необхідністю реконструкції вже існуючих будівель. Варіанти розвитку вітчизняних лікарень розглядаються з урахуванням сучасних тенденцій розвитку цієї галузі. Автори звертають увагу на сучасні концепції дизайну медичних установ, спрямовані на створення здорової психологічної атмосфери для пацієнтів і персоналу, а також на сучасну тенденцію створення медичних кластерів.

**Ключові слова:** медичний заклад, медичний кластер, салютотенна архітектура.

**Загоруйко Тамара Іванівна** – доцент кафедри іноземних мов і педагогіки вищої школи ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Научні інтереси: методика навчання, педагогіка.

**Андрєєва Софія Андрєєвна** – магістр архітектури; асистент кафедри архітектурного проектування і дизайну архітектурного середовища ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Научні інтереси: дослідження архітектурно-градостроительних проблем реконструкції і модернізації комплексів медичних установ.

**Загоруйко Тамара Іванівна** – доцент кафедри іноземних мов і педагогіки вищої школи ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: методика навчання, педагогіка.

**Андрєєва Софія Андріївна** – магістр архітектури; асистент кафедри архітектурного проектування і дизайну архітектурного середовища ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження архітектурно-містобудівних проблем реконструкції та модернізації комплексів медичних закладів.

**Zagoruiko Tamara** – Associate Professor, Foreign Languages and Pedagogy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: teaching methods, pedagogy.

**Andreeva Sofia** – Master of Architecture; Architectural Planning and Design of Architectural Environment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the study of architectural and urban problems of reconstruction and modernization of complexes of medical institutions.

УДК 614.8«363»:711.4

**Л. Г. ЛЕВЧЕНКО, А. С. БЫВАЛИНА**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ПО УСТОЙЧИВОСТИ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ, ПРИЕМКЕ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ И ПРИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**Аннотация.** Устойчивость опасных производственных объектов – это состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и возникновения чрезвычайных ситуаций на этих объектах. В статье раскрыты основные проблемы устойчивости, имеющиеся на территории Донецкой Народной Республики на стадиях от проектирования до введения в эксплуатацию опасных производственных объектов. Даны основные решения проблем устойчивости за счет системного подхода на стадии их проектирования, строительства, приемки в эксплуатацию и при эксплуатации в соответствии с требованиями нормативных и законодательных актов.

**Ключевые слова:** опасные промышленные объекты, риск аварий, устойчивость объектов, возникновение чрезвычайных ситуаций.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

В области обеспечения устойчивости опасных промышленных объектов (ОПО) в Донецкой Народной Республике имеются определенные положительные тенденции. На ОПО промышленности и энергетики ДНР зафиксированы одни из самых низких за последние 5 лет (после вступления в силу Закона ДНР «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [1]) показателей аварийности. Однако риск аварий и несчастных случаев по-прежнему остается очень высоким, что подтверждает статистика аварийности и производственного травматизма текущего года (рис. 1).

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

В течение 2016–2020 гг. в ДНР произошло 26 чрезвычайных ситуаций, в соответствии с «Государственным классификатором чрезвычайных ситуаций ДНР» № 13–51 от 17.12.2016 г. [2].

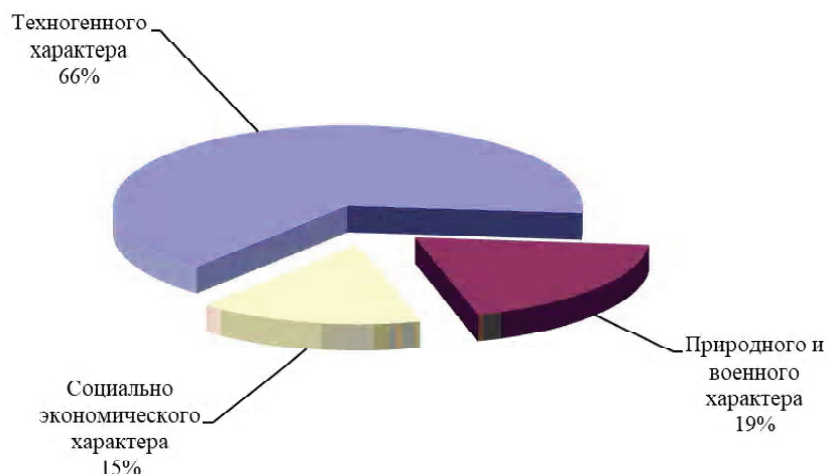
Анализу негативных последствий ЧС и их классификации посвящены работы многих ученых, среди которых можно отметить В. И. Биненко [3], Z. P. Bazant, L. Cedolin [4], Е. К. Шабалин [5].

Исследования в области классификации ЧС и их негативных последствий проведены М. Н. Игнатьевой, А. И. Лагуновой, В. П. Пахомовой, Н. Н. Радаевым, Ю. П. Холмогоровым [6].

В настоящее время понятийный аппарат в области ЧС сформирован на законодательном уровне ДНР с основными терминами и определениями [1, 2].

### **ЦЕЛИ**

Определение основных и наиболее важных направлений в решении проблем устойчивости опасных промышленных объектов.

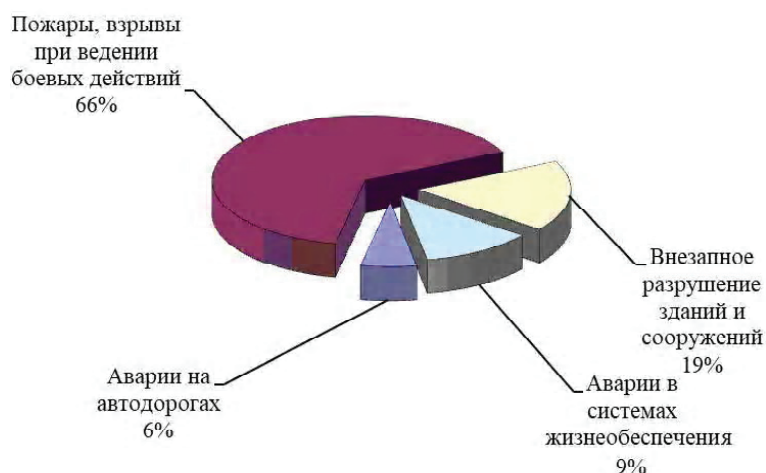


**Рисунок 1** – Распределение чрезвычайных ситуаций по характеру, произошедших на территории ДНР за период 2016–2020 гг.

### ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

На территории ДНР расположено 1 398 потенциально опасных объектов. Из них 59 химически опасных объектов, в т. ч. имеющих 16 объектов первой степени опасности и 10 второй степени опасности.

Опасные производственные объекты на территории ДНР в случае аварии могут представлять серьезную опасность для жизни и здоровья населения, его имущества, а также окружающей среды. Распределение чрезвычайных ситуаций по видам за период 2016–2020 гг. представлено на рис. 2.



**Рисунок 2** – Распределение чрезвычайных ситуаций по видам за период 2016–2020 гг.

На фильтровальных станциях ДНР находятся хранилища с хлором. В случае чрезвычайного происшествия в зону поражения попадёт более 287 тысяч человек от каждой из них. Зона поражения может расшириться при различном направлении ветра.

Анализ пострадавших со смертельным исходом в чрезвычайных ситуациях представлен на диаграмме (рис. 3).

Поэтому Республика контролирует вопрос устойчивости опасных производственных объектов уже на стадии проектирования. Так, обязательным требованием для проектных организаций является наличие свидетельства о допуске на проектирование опасных производственных объектов.

В ходе проектирования опасных производственных объектов разрабатываются архитектурно-строительные, технологические, инженерные решения; определяются конструкционные и отделочные материалы; прорабатываются вопросы энергообеспечения и связи; строятся транспортные схемы и схемы инженерных систем и т. д.

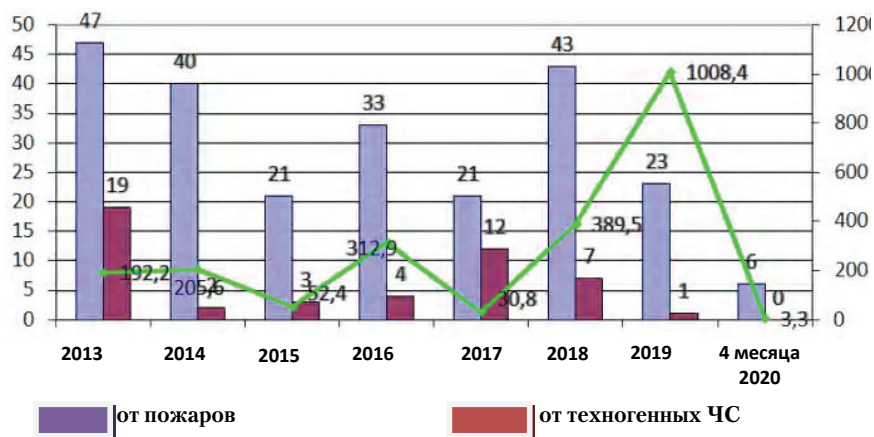


Рисунок 3 – Диаграмма количества пострадавших со смертельным исходом в чрезвычайных ситуациях.

Фундаментальные исследования проблем повышения устойчивости опасных промышленных объектов проведены С. Н. Булгаковым [7]. Теоретический и практический вклад в решение проблемных задач организации и управления устойчивостью строительных комплексов и систем внесли работы В. А. Владимирова [8]. Первооткрывателем в области развития понятия устойчивости также по праву считается J. La Salle S. [9].

**1. Проблемные вопросы по устойчивости опасных производственных объектов, которые не выполняются при проектировании (рис. 4):**

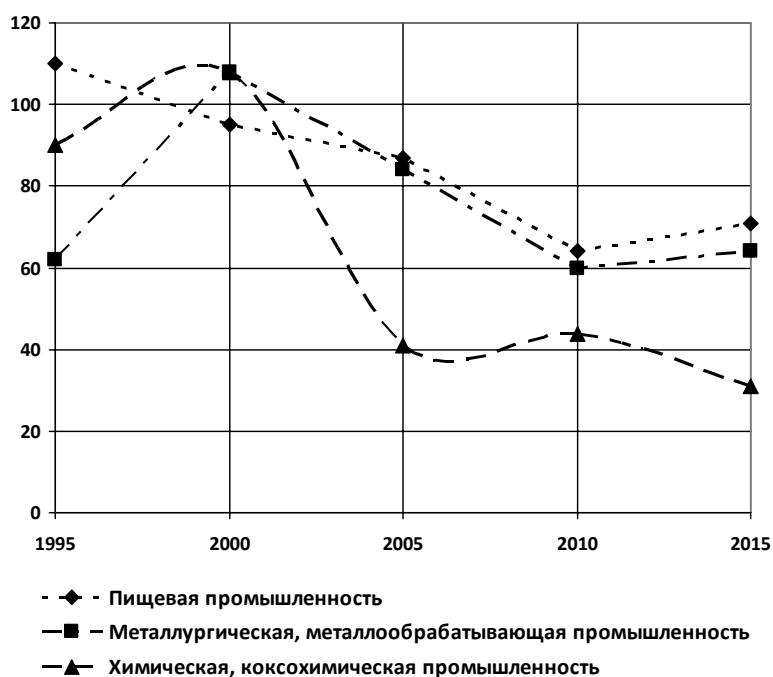


Рисунок 4 – График зависимости проявления проблемных вопросов, не контролирующихся при проектировании в зависимости от вида промышленности.

- 1) учет требований организации безопасности производства (промышленной, пожарной, организации труда и т. д.);
- 2) разработка специфических специальных разделов, предусмотренных требованиями законодательно-нормативной базой («Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне и предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (ПМ ГОЧС),



«Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений (СМИС)», «Декларация промышленной безопасности ОПО (ДПБ)»);

3) учет требований предупреждения аварий и локализации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) с необходимыми обоснованиями и расчетами;

4) привлечение экспертных организаций, которые обладают необходимым опытом и аттестованным квалифицированным персоналом, знающим правила и нормы по промышленной и экологической безопасности, **для проведения экспертизы проектов.**

**2. Проблемный вопрос по устойчивости опасных производственных объектов при их строительстве – это капитальные вложения.**

Без капитальных вложений невозможно будет добиться:

1) устойчивого и долговременного развития предприятий и общего оздоровления экологической обстановки;

2) предупреждения аварий и локализации их последствий.

**3. Проблемные вопросы по устойчивости опасных производственных объектов при приемке их в эксплуатацию:**

1) экспертиза промышленной безопасности, которая позволяет сегодня выявить и вывести из эксплуатации устаревшее оборудование;

2) экспертиза передовых технологий, которые учитывают экологическую составляющую и применение сертифицированного и стандартизованного оборудования;

3) экспертиза промышленной безопасности (ЭПБ), основной целью которой является предотвращение аварийных ситуаций на опасных производственных объектах, а также сведение к минимуму влияния негативных факторов и последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС);

4) декларация, в которой конкретно отражена безопасность промышленного производства на этапах ввода в эксплуатацию и эксплуатации ОПО.

**4. Общими проблемами устойчивости опасных промышленных объектов при их эксплуатации являются:**

1) высокая степень износа основных производственных фондов;

2) низкий уровень производственной и технологической дисциплины;

3) нехватка квалифицированных специалистов;

4) низкий уровень подготовки специалистов и персонала;

5) недостаточный уровень знаний требований безопасности;

6) неустойчивое финансовое положение предприятий;

7) сокращение эксплуатационных затрат, в том числе на ремонт оборудования, экспертизу промышленной безопасности, диагностику технических устройств, отработавших свой срок, обучение персонала.

Проблемы устойчивости функционирования опасных производственных объектов, которые могут привести к возникновению чрезвычайных ситуаций, отображены на рисунке 5.

8) недобросовестное проведение экспертизы фирмами-однодневками и аттестованными экспертами, которые оборудование, технологические процессы видели лишь на фотографиях, и отсутствие механизма противостояния этому негативному процессу (рис. 6);

9) отсутствие отраслевой специфики в нормативной и регламентной методологической документации в части проведения экспертиз промышленной безопасности;

10) значительное число актов, нормативов, положений и других регламентов в сфере безопасности противоречат действующему законодательству ДНР или имеют неточности;

11) несовершенство системы подготовки профессиональных кадров экспертов;

12) недостаточный контроль над деятельностью подобных организаций.

## ВЫВОДЫ

Обеспечение устойчивости опасных производственных объектов может быть решено за счет системного подхода на стадии их проектирования, строительства, приемки в эксплуатацию и при эксплуатации в соответствии с требованиями Закона ДНР «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» и СП 165.1325800.2014 «Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне и предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

Важным направлением в решении проблем устойчивости опасных промышленных объектов являются:



Рисунок 5 – Проблемы, приводящие к возникновению чрезвычайных ситуаций.



Рисунок 6 – Распределение заключений по объектам экспертизы промышленной безопасности.

1. Применение системного подхода на основе теории управления рисками и оценки последствий чрезвычайных ситуаций с использованием **комплексного мониторинга** устойчивости опасных промышленных объектов.
2. Разработка планов локализации и ликвидации аварийных ситуаций, паспорта безопасности ОПО, планов антитеррористической защищенности ОПО, инженерно-технических мероприятий гражданской обороны, которые согласовываются с органами исполнительной власти.
3. Разработка декларации промышленной безопасности, документа, направленного на экспертизу и всестороннюю оценку риска аварий и связанных с ними угроз.

4. Обучение персонала обслуживающего ОПО правилам промышленной безопасности с проверкой знаний комиссией предприятия, аттестованной в установленном порядке в ДНР.
5. Построение «карты» опасностей промышленных аварий опасных промышленных объектов, адекватной современному состоянию как отечественного производства (с его анклавно-периферийной трансформацией, кадровым голодом, моральным и физическим износом техники).
6. Построение автоматизированной системы управления возникновения ЧС.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс] : Закон ДНР № 54-ИНС от 05.06.2015. – Электр. текст. данн. – Режим доступа : <https://dnrsovet.su/zakonodatelnaya-deyatelnost/prinyatie/zakony/zakon-donetskoj-narodnoj-respubliki-o-promyshlennoj-bezopasnosti-opasnyh-proizvodstvennyh-obektov/>.
2. Ветошкин, А. Г. Техногенный риск и безопасность [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Г. Ветошкин ; 2-е изд. – М. : НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 198 с. – Режим доступа : <http://znanium.com/bookread2.php?book=429209>.
3. Маскаленко, В. Н. Промышленная безопасность. Общие требования промышленной безопасности, установленные федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Н. Маскаленко. – Красноярск : СибГТУ, 2014. – 118 с. – Режим доступа : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428879>.
4. Худяков, Ю. Г. Управление опасностями производственной среды [Электронный ресурс] : монография / Ю. Г. Худяков. – М. : Проспект, 2017. – 128 с. – Режим доступа : [https://ibooks.ru/reading.php?productid=356084&search\\_string](https://ibooks.ru/reading.php?productid=356084&search_string).
5. Тимошенко, С. П. Надежность технических систем и техногенный риск [Электронный ресурс] : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / С. П. Тимошенко. – М. : Издательство Юрайт, 2017. – 502 с. – Режим доступа : [www.biblio-online.ru/book/12404CE1-244C-4C0F-8F1CF2402B109248](http://www.biblio-online.ru/book/12404CE1-244C-4C0F-8F1CF2402B109248).
6. Панов, А. А. Организация и управление производством [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению бакалавриата / А. А. Панов. – Волгоград : Волгоградский ГАУ, 2015. – 156 с. – Режим доступа : <http://znanium.com/bookread2.php?book=615138>.
7. Ветошкин, А. Г. Нормативное и техническое обеспечение безопасности жизнедеятельности [Электронный ресурс] : учебно-практическое пособие : в 2 ч / А. Г. Ветошкин. – М.; Вологда : Инфра-Инженерия, 2017. – Ч. 2. – Режим доступа : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=466498>.

Получена 04.05.2020

Л. Г. ЛЕВЧЕНКО, А. С. БИВАЛИНА  
ПРОБЛЕМИ ПИТАННЯ ЩОДО СТІЙКОСТІ НЕБЕЗПЕЧНИХ  
ВИРОБНИЧИХ ОБ'ЄКТІВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ, БУДІВНИЦТВІ,  
ПРИЙМАННІ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ І ПРИ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ  
ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** Стійкість небезпечних виробничих об'єктів – це стан захищеності життєво важливих інтересів особистості і суспільства від аварій на небезпечних виробничих об'єктах і виникнення надзвичайних ситуацій на цих об'єктах. У статті розкрито основні проблеми стійкості, наявні на території Донецької Народної Республіки на стадіях від проектування до введення в експлуатацію небезпечних виробничих об'єктів. Надано основні рішення проблем стійкості за рахунок системного підходу на стадії їх проектування, будівництва, приймання в експлуатацію і під час експлуатації відповідно до вимог нормативних і законодавчих актів.

**Ключові слова:** небезпечні промислові об'єкти, ризик аварій, стійкість об'єктів, виникнення надзвичайних ситуацій.

LYUBOV LEVCHENKO, ALINA BYVALINA  
PROBLEMS OF NUTRITION ON NON-MAINTENANCE VIROLOGICAL  
FACILITIES DURING THE PROJECT, WORK, EMPLOYMENT IN THE FIELD OF  
OPERATION AND OPERATION  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The stability of hazardous production facilities is the state of protection of the vital interests of the individual and society from accidents at hazardous production facilities and the occurrence of emergency situations at these facilities. The article reveals the main problems of sustainability that exist on the territory

of the Donetsk People's Republic at the stages from design to the commissioning of hazardous production facilities. The main solutions to stability problems due to a systematic approach at the stage of their design, construction, commissioning and operation in accordance with the requirements of regulatory and legislative acts are given

**Key words:** hazardous industrial facilities, the risk of accidents, the sustainability of facilities, emergency situations.

**Левченко Любовь Георгиевна** – старший преподаватель кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: обоснование мероприятий по уменьшению воздействия радона на здоровье населения в жилищной сфере; новейшие достижения в области исследований природы ионизирующих источников, их влияние на организм человека, обобщение результатов исследований влияния радона на состояние здоровья населения, формирование положения современной концепции радиационной защиты человека.

**Бывалина Алина Сергеевна** – студентка ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: инженерная защита окружающей среды.

**Левченко Любов Георгіївна** – старший викладач кафедри кафедри техносферної безпеки ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: обґрунтування заходів щодо зменшення впливу радону на здоров'я населення в житловій сфері; новітні досягнення в галузі досліджень природи іонізуючих джерел, їх вплив на організм людини, узагальнення результатів досліджень впливу радону на стан здоров'я населення, формування положення сучасної концепції радіаційного захисту людини.

**Биваліна Аліна Сергіївна** – студентка ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: інженерний захист навколишнього середовища.

**Levchenko Lyubov** – senior Lecturer, Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: substantiation of measures to reduce the effects of radon on public health in the housing sector; the latest achievements in the study of the nature of ionizing sources, their effect on the human body, a generalization of the results of studies of the effect of radon on the state of public health, the formation of the position of the modern concept of human radiation protection.

**Byvalina Alina** – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: environmental engineering.

УДК 504.3:628.4

**Л. В. ЧАЙКА, А. В. ФЕДОРОВ**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**АНАЛИЗ ЭКОЛОГО-САНИТАРНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ П. Г. Т. СЕДОВО  
КАК КУРОРТНОЙ ТЕРРИТОРИИ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**Аннотация.** В работе поднимается актуальная проблема для Донецкой Народной Республики, связанная с необходимостью расширять возможности территории Приазовья не за счет их расширения границ, а в результате анализа имеющихся природных, исторических, познавательных или курортно-санаторных ресурсов. Поселок Седово всегда считался курортным местом отдыха не только жителей бывшей Донецкой области. Он и в эти сложные годы продолжает оставаться привлекательным, учитывая близость моря, что особенно важно для детей, а также финансовые возможности населения. Проблемы, которые рассматриваются в статье, касаются в первую очередь решения эколого-санитарного состояния поселка, реставрации имеющейся инфраструктуры. При этом в п. г. т. Седово в наличии много факторов, характеризующих конкретно курортные зоны, но они, к сожалению, либо не используются совсем, либо используются не эффективно. Выполненный анализ эколого-санитарной ситуации, возникающей в связи с резким увеличением численности отдыхающих в период с апреля и до конца октября, показал, что ухудшение санитарно-эпидемиологического состояния поселка приводит к неблагоприятным экологическим последствиям. Полученные результаты позволили сделать выводы о возможностях и соответствии п. г. т. Седово требованиям, предъявляемым к курортным территориям.

**Ключевые слова:** проблема, состояние эколого-санитарное, факторы природные, достопримечательности, инфраструктура, анализ, возможности, соответствие, курорт.

**ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Курортный поселок Седово городского типа является административной единицей Новоазовского района, который с 2014 года находится под юрисдикцией Донецкой Народной Республики (ДНР, Республика). Район расположен на пространстве Приазовской низменности, характеризуется очень теплым континентальным климатом с относительно небольшим количеством осадков, что всегда позволяло и позволяет его территорию представлять как рекреационно-туристический центр Приазовья.

В связи со сложившейся ситуацией после 2014 года рекреационно-туристическая нагрузка в период с апреля месяца и до конца октября резко возрастает, особенно это касается п. г. т. Седово. Численность отдыхающих в указанный период превышает численность жителей почти в 4 раза. Инфраструктура поселка и прибрежной (пляжной) территории практически не изменялась за последние 20 лет. Тем не менее поселок Седово относится к наиболее освоенным и функционирующим населенным пунктам, как курортное поселение.

**АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

В последние годы урбанизационные процессы расширяют свои границы не только территориально, но и, как следствие, негативно влияют на здоровье городских жителей. Шум, транспорт, производственные нагрузки снижают морально-психологический фон человека, что вызывает естественное стремление любого жителя ДНР восстановить свои силы на фоне природы.

В работах [1–3] авторы особое внимание уделяют мониторингу состояния рекреационных и особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в связи с использованием последних в рекреационно-туристической системе. При этом экологическому туризму, как одному из видов отдыха, уделяется

большое внимание, начиная с локального уровня любого региона. Экотуризм приобретает международный характер, поэтому авторы указывают, что для оценки рекреационно-туристического потенциала (РТП) объектов, пользующихся большим спросом, необходимо проводить анализ совокупности всех возможностей, состоящих из сочетания «элементов природно-климатических, историко-культурных и социально-экономических ресурсов» [4].

По устоявшемуся мнению многих людей и понятийного аппарата «курорты обычно представляют собой освоенные и используемые в лечебно-профилактических целях территории, располагающие природными лечебными ресурсами, а также необходимыми для их использования зданиями, сооружениями, объектами инфраструктуры». Современный взгляд на такое положение изменился в сторону оздоровительного (восстанавливающего) отдыха, представляющего собой не только целенаправленное пребывание с лечебно-профилактической целью, но и охватывающего эколого-познавательные или рекреационно-туристические возможности конкретной курортной территории.

## ЦЕЛЬ

Сделать анализ наличия необходимых элементов и факторов РТП на территории п. г. т. Седово, чтобы установить их возможности и соответствие требованиям курортной зоны.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

На территории намывной песчаной косы, расположенной на северо-восточном побережье Азовского моря, в 1750 году был основан поселок Кривая коса, который в 1940 году был переименован в поселок имени Седова в честь родившегося здесь в 1877 году известного полярного исследователя и гидрографа Г. Я. Седова, музей в честь которого был открыт в 1990 году. Площадь п. г. т. Седово, на которой проживают 2 660 человек, равна 3,76 км<sup>2</sup>, плотность населения составляет 319 чел./км<sup>2</sup>.

Кривая коса представляла и представляет природную ценность всего Приазовья, поскольку остается излюбленным местом жительство гидрофильных птиц, предпочитающих водно-болотную среду обитания, а это десятки тысяч чаек, куликов и других пернатых. В 1978 году по инициативе энтузиастов Кривая коса была объявлена памятником природы, на территории которой занятия любыми видами хозяйственной деятельности, кроме исконных промыслов, были запрещены. В 1981 году появился объект более высокого уровня экологической защиты – орнитологический заказник «Кривокосский лиман», который в 2000 году стал одним из ядер Регионального ландшафтного парка «Меотида». В настоящее время орнитологический заказник входит в состав биосферного резервата Республики «Хомутовская степь – "Меотида"» [5]. Эта зона считается экологически чистой зоной отдыха на побережье Азовского моря.

Кроме этого, на территории произрастают 45 видов эндемичных и субэндемичных и несколько реликтовых видов растений и имеются разведанные запасы минеральных вод хлоридно-натриевой (минерализация 7,0...7,5 г/дм<sup>3</sup>) и хлоридно-бромно-натриевой (минерализация 46...47 г/дм<sup>3</sup>).

Прибрежная полоса песчаных пляжей поселка вдоль побережья Азовского моря занимает расстояние – 7,2 км.

Инфраструктуру территории зоны отдыха обеспечивают 23 пансионата, кемпинги и спортивно-оздоровительный лагерь «Монолит» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Единовременная вместимость всех оздоровительных учреждений достигает 8 710 человек.

Приведенный перечень элементов рекреационно-туристического потенциала, на первый взгляд, полностью отвечает требованиям курортной зоны. Вместе с тем следует отметить, что эколого-санитарные показатели, особенно в период отдыха, резко снижают природные ценности территории изучаемого объекта.

Несмотря на то, что ландшафт, климат и наличие минеральных вод соответствуют требованиям наличия рекреационных ресурсов и могут претендовать на статус бальнеологического курорта, площади зон озеленения, спортивных и затененных участков, оборудованных детских площадок общего пользования ниже нормативно установленных для курортных зон. Довольно значимым недостатком является обеспечение питьевой водой, отвечающей нормам СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода», а отсутствие на пляжной зоне отдыха стационарно оборудованных буфетов и палаток, усугубляет ситуацию.

Наибольшую угрозу здоровью населения и отдыхающим в летний период представляют стихийные свалки твердых бытовых отходов (ТБО), основную фракцию которых составляют пищевые, фруктовые и овощные отходы. На территориях поселка, пансионатов и пляжной зоны нет стационарно оборудованных площадок для сбора ТБО. Официальные данные и личный опыт отдыха

одного из авторов статьи в Седово подтверждают наличие большого числа неорганизованных свалок. Так, например, в июне 2019 года были ликвидированы свалки в неработающем пансионате «Жемчужина» объемом более 100 м<sup>3</sup> и на побережье в районе «Меотиды» – объемом около 40 м<sup>3</sup>.

Вместе с отсутствием площадок вся изучаемая территория не имеет необходимого количества контейнеров и урн, а самое главное – закрепленного за поселковым советом специализированного транспорта – мусоровоза с задней загрузкой и уплотнением ТБО.

Авторами был выполнен расчет накопления суточного объема ТБО ( $V_c$ ), исходя из установленной для поселка нормы суточного образования ( $M_n = 2,2$  кг/сут·чел.) и численности населения для двух периодов:

1 – ноябрь–март – с учетом численности жителей поселка – 2 660 чел.;

2 – апрель–октябрь – с учетом численности единовременно отдыхающих – 8 710 чел.

Суточные объемы накопления соответственно составили:  $V_{c1} = 23,4$  м<sup>3</sup>;  $V_{c2} = 100,1$  м<sup>3</sup>.

Полученные результаты позволяют определить необходимое количество контейнеров с нормативно установленной емкостью (0,75 м<sup>3</sup>) для выбранных периодов.

Так, на территории поселка должны быть оборудованы площадки или определены места удобного подъезда мусоровоза для 31 контейнера, на пляжной территории их санитарно-эпидемиологическое благополучие отдыхающих должны обеспечивать 103 контейнера. Кроме этого, чистота песка пляжа может соблюдаться только в том случае, если

вдоль всей пляжной зоны в период с апреля месяца до конца октября будут устанавливаться 180 урн на расстоянии не более 40 м между каждой.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, полученные результаты анализа соответствия нормативных требований, предъявляемым к рекреационно-туристическим курортным зонам и санитарно-экологическому состоянию территории курортного поселка Седово городского типа и принадлежащей ему зоны отдыха, показали следующее:

- наличие природно-климатических факторов и достопримечательностей на территории п.г.т. Седово и зоны отдыха соответствует требованиям, предъявляемым к территориям курортных зон;
- состояние и наличие компонентов инфраструктуры показывают частичное или полное несоответствие нормативным требованиям;

- низкий уровень санитарно-экологического состояния и отсутствие комфортных условий отдыха на пляжной территории являются фактором уменьшения количества отдыхающих;

- для решения проблемы улучшения санитарно-экологического состояния территории поселка поселковый совет п. г. т. Седово должен решить вопрос о наличии закрепленного одного мусоровоза емкостью 18 м<sup>3</sup>, ежедневно выполняющего один рейс вывоза ТБО в период с ноября по апрель месяца, а в период отдыха эпидемиологическую безопасность должны обеспечивать 3 мусоровоза емкостью 36 м<sup>3</sup> или один такой же емкостью, но выполняющий 3 рейса в сутки по вывозу ТБО на разрешенную свалку, которая расположена в 3 км от села Гусельшиково и «обслуживающая» практически весь Новоазовский район;

- в программе развития поселка не предусмотрена в ближайшее время разработка маршрутов экологического туризма и не планируется целенаправленное использование минеральных вод в лечебно-профилактических целях.

В связи с вышеперечисленными достоинствами и недостатками можно резюмировать следующее: приведение территории п. г. т. Седово к нормативным требованиям соблюдения санитарии и улучшения инфраструктуры позволит привлечь внимание желающих восстанавливать свое здоровье, используя все положительные факторы природно-рекреационного потенциала, в течение всего года.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курортно-рекреационный комплекс в системе регионального развития: инновационные подходы [Электронный ресурс] : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. (22–24 апреля 2015 г., пос. Небуг). – Краснодар : Кубанский гос. ун-т, 2015. – 436 с. – Режим доступа : [https://kubsu.ru/sites/default/files/faculty/maket\\_kurortno-rekr2015.pdf](https://kubsu.ru/sites/default/files/faculty/maket_kurortno-rekr2015.pdf).
2. Al Mamun, A. Methodology for Assessment of Nature-Based Tourism Destinations Using MCA Techniques (Case Study: Lavasan-e Koochak) [Текст] / A. Al Mamun, S. A. Mitra // Journal of Environmental Studies. – 2010. – Vol. 36, No. 55. – P. 1–5.

3. Huber, R. Sustainable land-use practices in European mountain regions under global change: an integrated research approach [Электронный ресурс] / R. Huber, H. Bugmann, A. Rigling // Ecology and Society, 2013. – Vol. 18, NO. 3, > Art. 37. – Режим доступа : <http://www.dx.doi.org/10/5751/ES-05375-180337>.
4. Луговской, А. М. Мониторинг состояния окружающей среды маргинальных территорий для оценки потенциала развития туристско-рекреационных систем [Электронный ресурс] / А. М. Луговской, Е. Л. Плисецкий // Экономика, налоги и право. – 2014. – № 6(2014). – С. 6–64. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-sostoyaniya-okruzhayuschey-sredy-marginalnyh-territoriy-dlya-otsenki-potentsiala-razvitiya-turistsko-rekreatsionnyh/viewer>.
5. Молодан, Г. Н. Познавательный туризм на заповедных территориях как способ формирования экологообразного мировоззрения [Текст] / Г. Н. Молодан, О. В. Фоменко // Изучение и сохранение биоразнообразия в ботанических садах и других интродукционных центрах : материалы научной конференции с международным участием, посвященной 55-летию Донецкого ботанического сада (8–10 октября 2019 г., г. Донецк). – Донецк : [б. и.], 2019. – С. 295–298.

Получена 05.05.2020

Л. В. ЧАЙКА, О. В. ФЕДОРОВ  
АНАЛІЗ ЕКОЛОГО-САНІТАРНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ С. М. Т. СЕДОВО ЯК  
КУРОРТНОЇ ТЕРИТОРІЇ ДОНЕЦЬКОЇ НАРОДНОЇ РЕСПУБЛІКИ  
ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** У роботі піднімається актуальна проблема для Донецької Народної Республіки, яка пов'язана з необхідністю розширення можливостей території Приазов'я не за рахунок розширення його меж, а на базі даних аналізу щодо наявності природних, історичних, пізнавальних і курортно-санаторних ресурсів. Селище Седово завжди вважалось курортним місцем не тільки жителів колишньої Донецької області. І в ці складні часи воно продовжує залишатися привабливим з урахуванням недалекої відстані від моря, що особливо важливо для дітей, а також фінансових можливостей населення. Проблеми, які розглядаються в статті, стосуються в першу чергу вирішення еколого-санітарного стану селища і реставрації наявної інфраструктури. Незважаючи на те, що в с. м. т. Седово багато факторів, які характеризують конкретні курортні зони, на жаль, вони або не використовуються зовсім, або використовуються не ефективно. Виконаний аналіз еколого-санітарної ситуації, що виникає у зв'язку з різким збільшенням чисельності відпочиваючих в період з квітня і до кінця жовтня, показує, що погіршення санітарно-епідеміологічного стану селища є причиною несприятливих екологічних наслідків. Одержані результати дозволили зробити висновки щодо можливостей і відповідності с. м. т. Седово вимогам, які пред'являються до курортних територій.

**Ключові слова:** проблема, стан еколого-санітарний, фактори природні, пам'ятки визначні, інфраструктура, аналіз, можливості, відповідність, курорт.

LYUDMILA CHAIKA, ALEXANDER FEDOROV  
ANALYSIS OF ECOLOGICAL AND SANITARY POSSIBILITIES OF SEDOVO  
VILLAGE AS A RESORT TERRITORY OF THE DONETSK PEOPLE'S REPUBLIC  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The paper raises an urgent problem for the Donetsk People's Republic, related to the need to expand the capabilities of the territory of the Azov sea not by expanding their borders, but as a result of the analysis of available natural, historical, educational or resort and sanatorium resources. The village of Sedovo has always been considered a resort destination not only for residents of the former Donetsk region. Even in these difficult years, it continues to be attractive both from the point of view of the proximity of the sea, especially for children, and from the point of view of the financial capabilities of the population. The problems discussed in the article relate primarily to the solution of the ecological and sanitary condition of the village, the restoration of existing infrastructure. At the same time, in the village of Sedovo, there are many factors that characterize specifically resort areas, but they are, unfortunately, either not used at all, or are not used effectively. The analysis of the ecological and sanitary situation arising in connection with a sharp increase in the number of tourists in the period from April to the end of October showed that the deterioration of the sanitary and epidemiological condition of the village leads to adverse environmental consequences. The results obtained made it possible to draw conclusions about the possibilities and compliance of possibilities Sedovo with the requirements for resort areas.

**Key words:** problem, environmental and sanitary condition, natural factors, attractions, infrastructure, analysis, opportunities, compliance, resort.



**Чайка Людмила Викторовна** – кандидат химических наук, доцент кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование влияния техногенно-антропогенных факторов на компоненты окружающей среды урбоэкосистем (города и другие населенные пункты).

**Федоров Александр Васильевич** – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование эколого-санитарного состояния прибрежной территории и населенных пунктов Новоазовского района.

**Чайка Людмила Вікторівна** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри техносферної безпеки ДООУ ВПО «Донбасська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження впливу техногенно-антропогенних факторів на компоненти навколишнього середовища урбоекосистем (міста та інші населені пункти).

**Федоров Олександр Васильович** – студент ДООУ ВПО «Донбасська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження еколого-санітарного стану прибережної території та населених пунктів Новоазовського району.

**Chaika Lyudmila** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: investigation of the influence of technogenic and anthropogenous factors on the elements of the surrounding environment of the urban ecological systems (cities and other settlements).

**Fedorov Alexander** – student, of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research of ecological and sanitary condition of the coastal territory and settlement of Novoazovsky district.

УДК 514.18

**Т. П. МАЛЮТИНА, И. Е. ВОЛОЩУК, В. В. ЖЕВАНОВ**

ГОО ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ЗАДАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩЕНИЯ МЕТОДАМИ БН-ИСЧИСЛЕНИЯ**

**Аннотация.** В работе рассматривается пример точечного задания поверхности вращения с плоской направляющей кривой в форме круговой синусоиды, расположенной в плоскости общего положения на основе метода точечного исчисления Балюбы-Найдыша (БН-исчисления) [1] – метода подвижного симплекса (МПС) [2] и его применение при построении поверхностей технических форм. Рассматривается также точечное уравнение круговой синусоиды, построенной по известному вычислительному алгоритму [3] методами БН-исчисления.

**Ключевые слова:** БН-исчисление, поверхность вращения, поверхность технической формы, метод подвижного симплекса, точечное уравнение круговой синусоиды.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Современное строительство требует высокоэффективного и конкурентоспособного проектирования поверхностей технических форм различного назначения. Все это возможно реализовать только с помощью новых компьютерных технологий проектирования, современных методов расчета строительных конструкций. Вычислительные алгоритмы, основанные на методах БН-исчисления, являются универсальными способами для быстрого и эффективного проектирования поверхностей различных архитектурных и технических форм. Метод подвижного симплекса, как один из методов БН-исчисления, получил широкое применение при конструировании таких поверхностей.

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

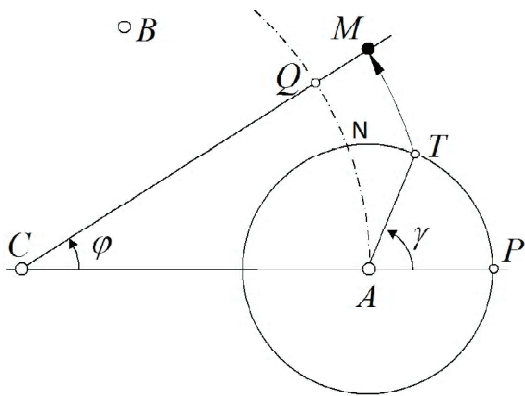
В точечном исчислении уже разработаны точечные уравнения кривых второго порядка в различной параметризации [4, 5], алгебраические уравнения которых известны из аналитической математики [6]. Получены алгоритмы точечного задания поверхности эллиптического цилиндра с эвольвентной осью [7], поверхностей оболочек на различных планах [8], поверхностей разнообразных пространственных форм методом подвижного симплекса [2].

### **ЦЕЛИ**

Рассмотреть инструменты, основанные на точечном БН-исчислении, применяемые для точечного задания криволинейной поверхности технической формы с использованием метода подвижного симплекса. Привести точечные уравнения задания окружности, на основании графического алгоритма ее построения, методами БН-исчисления, рассмотреть алгоритм построения круговой синусоиды, осью которой является окружность, задание поверхности вращения с помощью МПС [2].

### **ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**

Пусть заданы три точки  $A, B, C$ , образующие произвольно заданный симплекс двумерного пространства  $ABC$  [1]. Представим в плоскости  $ABC$  синусоиду, осью которой является окружность. Используя полярную параметризацию плоскости, зададим точечное уравнение окружности в симплексе точек  $ABC$  при  $|CA| = b$  – радиус осевой окружности;  $|AP| = \rho$  – радиус образующей окружности;  $0 \leq \varphi \leq 2\pi$  – параметр;  $|AQ| = |PT|$  (рис. 1).



**Рисунок 1** – Задание синусоиды с осью в виде окружности.

Точечное уравнение окружности имеет вид [1]:

$$M = (P - A)\cos\gamma + (N - A)\sin\gamma + A, \quad (1)$$

где  $0 \leq \gamma \leq 2\pi$ .

Рассмотрим вычислительный алгоритм построения круговой синусоиды, осью которой является окружность:

1.  $A, B, C, k$ .

$$a = |BC| = \sqrt{\sum_{BB}^C} = \sqrt{\sum (B - C)^2} =$$

$$2. \quad = \sqrt{(x_B - x_C)^2 + (y_B - y_C)^2 + (z_B - z_C)^2}.$$

$$b = |AC| = \sqrt{\sum_{AA}^C} = \sqrt{\sum (A-C)^2} = \sqrt{(x_A - x_C)^2 + (y_A - y_C)^2 + (z_A - z_C)^2}.$$

$$4. \sum_{AB}^C = \sum (A-C)(B-C) = (x_A - x_C)(x_B - x_C) + (y_A - y_C)(y_B - y_C) + (z_A - z_C)(z_B - z_C).$$

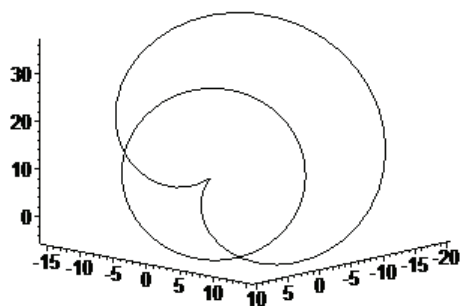
$$5. \cos \gamma = \frac{\sum_{AB}^C}{\sqrt{\sum_{AA}^C} \sqrt{\sum_{BB}^C}}.$$

$$6. \quad 2k\pi\rho = 2\pi b \rightarrow \rho = \frac{b}{k}.$$

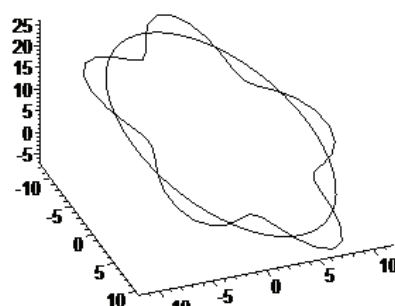
$$7. \quad M = (A - C) \frac{\sin(\gamma - \varphi) \sqrt{1 + k^2 + 2k \cos k\varphi}}{k \sin \gamma} + (B - C) \frac{b \sin \varphi \sqrt{1 + k^2 + 2k \cos k\varphi}}{ak \sin \gamma} + C, 0 \leq \varphi \leq 2\pi.$$

Примеры компьютерной визуализации синусоиды приведены на рисунке 2.

При  $k = 1$ :



При  $k = 5$ :



**Рисунок 2** – Примеры компьютерной визуализации синусоиды в Maple.

Рассмотрим аналитическое описание поверхности вращения с образующей в виде прямой, направляющей кривой в виде круговой синусоиды на основе МПС.

Точечное уравнение прямой линии, определяющей поверхность, имеет вид:

$$M = (M_1 - M_2)t + M_2, \quad (2)$$

где  $0 \leq t \leq 1$ ;  $M_1, M_2$  – точечные уравнения двух синусоид.

Приведем примеры компьютерной визуализации криволинейной поверхности технической формы на основе метода подвижного симплекса (МПС) с образующей в виде прямой линии и направляющей в виде синусоиды на рисунке 3.

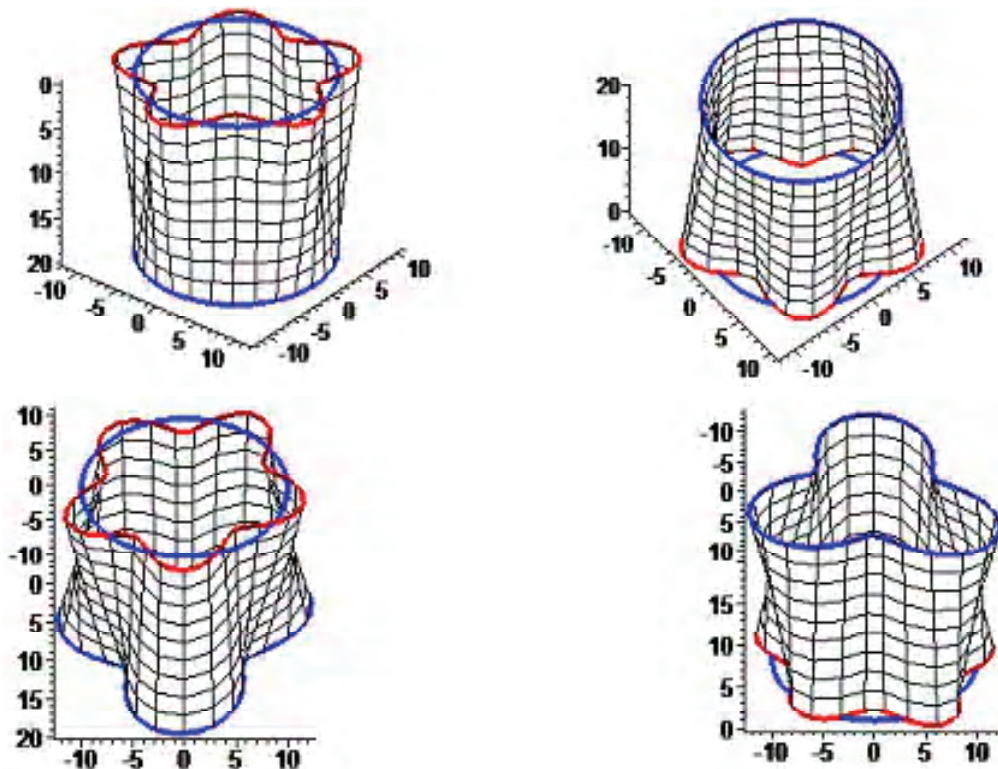


Рисунок 3 – Примеры компьютерной визуализации поверхности оболочки в Maple.

### ВЫВОДЫ

Рассмотрен вычислительный алгоритм точечного задания синусоиды, расположенной в плоскости общего положения, и на его основе получен алгоритм построения поверхности вращения на основе метода подвижного симплекса. Представлены примеры компьютерной визуализации поверхности вращения для последующего задания поверхности технической формы – оболочки с образующей в виде прямой линии и направляющей в виде синусоиды. Особым достоинством инструментов, основанных на методах БН-исчисления, является тот факт, что геометрическая модель, созданная с их помощью, не является статичной. При внесении изменений в геометрию обеспечивается одновременное автоматизированное обновление всех взаимосвязанных параметров. Для выполнения таких операций используются графические алгоритмы построения геометрических форм, как показано на примере получения точечного уравнения прямой линии, окружности, круговой синусоиды, вычислительного алгоритма построения поверхности вращения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ба люба, И. Г. Точечное исчисление [Текст] : учебное пособие / И. Г. Балюба, В. М. Найдыш. – Мелитополь : МГПУ им. Б. Хмельницкого, 2015. – 234 с.
2. Давыденко, И. П. Конструирование поверхностей пространственных форм методом подвижного симплекса [Текст] : диссертация кандидата технических наук : 05.01.01 / Давыденко Иван Петрович. – Макеевка : ДонНАСА, 2012. – 164 с.
3. Конопацький, Є. В. Конструювання системи спеціальних плоских кривих типу «синусоїда» методом узагальнених тригонометричних функцій [Текст] / Є. В. Конопацький // Сборник научных трудов SWorld. – Вып. 3, том 12. – Иваново : МАРКОВА АД, 2013. – ЦИТ: 313-0698. – С. 76–80.
4. Давиденко, І. П. Точкове завдання кривих другого порядку у різноманітній параметризації [Текст] / І. П. Давиденко // Прикладна геометрія та інженерна графіка : праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь : ТДАТА, 2006. – Вип. 4. – Т. 31. – С. 128–132.
5. Конопацький, Є. В. Геометричне моделювання алгебраїчних кривих та їх використання при конструюванні поверхонь у точковому численні Балюби-Найдиша [Текст] : дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.01.01 / Конопацький Євген Вікторович. – Макіївка : ДонНАБА, 2012. – 163 с.
6. Беклемишев, Д. В. Курс аналитической геометрии и линейной алгебры [Текст] : учебник / Д. В. Беклемишев ; 10-е изд., испр. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 304 с.

7. Малютіна, Т. П. Построение эллиптического цилиндра с эвольвентной осью методом подвижного симплекса [Электронный ресурс] / Т. П. Малютіна, И. П. Давыденко, Ж. В. Старченко // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2017. – Вып. 2017-3(125) Здания и сооружения с применением новых материалов и технологий. – С. 62–66. – Режим доступа : [http://donnasa.ru/publish\\_house/journals/vestnik/2017/vestnik\\_2017-3\(125\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2017/vestnik_2017-3(125).pdf).
8. Давиденко, І. П. Точкове завдання поверхонь оболонок на різноманітних планах [Текст] / І. П. Давиденко // Сучасні проблеми геометричного моделювання : зб. матеріалів Міжнародної українсько-російської науково-практичної конференції (2005 р., Харків). – Харків : Харківський державний університет харчування та торгівлі, 2005. – С. 107–113.

Получена 06.05.2020

Т. П. МАЛЮТИНА, І. Є. ВОЛОЩУК, В. В. ЖЕВАНОВ  
ЗАВДАННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО АЛГОРИТМУ ПОБУДОВИ ПОВЕРХНІ  
ОБЕРТАННЯ МЕТОДАМИ БН-ОБЧИСЛЕННЯ  
ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** У роботі розглядається приклад точкового завдання поверхні обертання з плоскою направляючою кривою у формі кругової синусоїди, розташованої у площині загального положення, на основі методу точкового числення Балу́ба-Найди́ш (БН-обчислення) – методу рухомого симплекса (МПС) і його застосування при побудові поверхонь технічних форм. Розглядається також точкове рівняння кругової синусоїди, побудованої за відомим обчислювальним алгоритмом методами БН-обчислення.

**Ключові слова:** БН-числення, поверхня обертання, поверхня технічної форми, метод рухомого симплекса, точкове рівняння кругової синусоїди.

TATYANA MALYUTINA, ILYA VOLOSHCHUK, VASILY ZHEVANOV  
THE COMPUTATIONAL ALGORITHM FOR CONSTRUCTING A SURFACE OF  
REVOLUTION BY THE METHODS OF BN-CALCULUS  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The paper considers an example of a point wise definition of a surface of revolution with a flat guide curve in the form of a circular sinusoid located in the general position plane, based on the Balyuba-Naidysh point calculus (BN-calculus) – the method of moving simplex (MPS) and its application in constructing technical surfaces forms. We also consider the point equation of a circular sinusoid constructed according to the well-known computational algorithm using BN calculus methods.

**Key words:** BN calculus, surface of revolution, surface of technical form, mobile simplex method, point equation of a circular sinusoid.

**Малютіна Татя́на Петро́вна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри спеціалізованих інформаційних технологій і систем ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научні інтереси: розвиток альтернативного геометричного апарату раціонального опису контурів геометричних тіл, створення розрахункових моделей різних технічних форм у процесі їх проектування на основі різних методів математичного апарату БН-числення.

**Волощук Ілля́ Евге́ньевич** – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научні інтереси: вивчення і освоєння механізму роботи математичного апарату точкового БН-числення, рішення задач дослідження плоских і об'ємних просторових образів при створенні їх розрахункових алгоритмів, пристосованих для подальшого використання комп'ютерних програм.

**Жеванов Васи́лій Вячесла́вович** – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научні інтереси: вивчення і освоєння механізму роботи математичного апарату точкового БН-числення, рішення задач дослідження плоских і об'ємних просторових образів при створенні їх розрахункових алгоритмів, пристосованих для подальшого використання комп'ютерних програм.

**Малю́тіна Тетя́на Петро́вна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри спеціалізованих інформаційних технологій і систем ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток альтернативного геометричного апарату раціонального опису контурів геометричних тіл, створення розрахункових моделей різних технічних форм у процесі їх проектування на основі різних методів математичного апарату БН-обчислення.

**Волощук Ілля Євгенович** – студент ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вивчення і освоєння механізму роботи математичного апарата точкового БН-обчислення, рішення задач дослідження плоских і об'ємних просторових утворень при створенні їх розрахункових алгоритмів, пристосованих для подальшого використання комп'ютерних програм.

**Жеванов Василь В'ячеславович** – студент ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вивчення і освоєння механізму роботи математичного апарата точкового БН-обчислення, рішення задач дослідження плоских і об'ємних просторових утворень при створенні їх розрахункових алгоритмів, пристосованих для подальшого використання комп'ютерних програм.

**Malyutina Tatyana** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Specialized Information Technology and Systems Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of an alternative geometric apparatus for the rational description of the contours of geometric bodies, creation of computational models of various technical forms in the process of their design based on various methods of the mathematical apparatus of BN-calculus.

**Voloshchuk Ilya** – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studying and mastering the mechanism of the mathematical apparatus of point BN-calculus, solving the problems of studying flat and volumetric spatial formations when creating their calculation algorithms adapted for the further use of computer programs.

**Zhevanov Vasily** – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studying and mastering the mechanism of the mathematical apparatus of point BN-calculus, solving the problems of studying flat and volumetric spatial formations when creating their calculation algorithms adapted for the further use of computer programs.

УДК 681.3.06:69

**А. А. БАЛАКАЙ, М. В. ЦЫГАНОВ, Д. В. АЛЕЙНИК, Е. А. ДМИТРЕНКО**  
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ЗАВИСИМОСТЬ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ НАКЛОННЫХ СЕЧЕНИЙ НА ДЕЙСТВИЕ ПОПЕРЕЧНОЙ СИЛЫ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ ДЛИНЫ ПРОЕКЦИИ НАКЛОННОГО СЕЧЕНИЯ**

**Аннотация.** Данная статья посвящена уточнению расчетных параметров при определении несущей способности наклонных сечений изгибаемых элементов прямоугольного поперечного сечения. В статье рассмотрен представленный в действующих нормах расчет по наклонному сечению на действие поперечных сил, который основан на уравнении равновесия внешних и внутренних поперечных сил, действующих в наклонном сечении с длиной проекции «С» на продольную ось элемента. В процессе исследования было изучено изменение величины поперечной силы, воспринимаемой поперечной арматурой и бетоном, и несущей способности железобетонного образца в целом для различных размеров поперечного сечения в зависимости от длины проекции наклонной трещины. В работе представлен результат определения наиболее опасного расчетного случая в зависимости от длины проекции наклонной трещины.

**Ключевые слова:** железобетонные конструкции, несущая способность, поперечное армирование, трещины, расчет.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Одними из наиболее распространенных железобетонных конструкций являются изгибаемые элементы, такие как плиты и балки. Из плит и балок образуют чаще всего плоские перекрытия и покрытия, сборные и монолитные, а также сборно-монолитные [2]. Для изгибаемых конструкций должна быть обеспечена несущая способность как нормальных, так и наклонных сечений элементов.

При проектировании новых и выполнении поверочных расчетов существующих изгибаемых железобетонных элементов, согласно действующим нормам [8], прочность наклонных сечений определяется отдельно на действие поперечной силы и на действие изгибающего момента [8, 4, 5, 6]. Анализ, уточнение и совершенствование расчетных моделей при расчетах прочности наклонных сечений исследуется в работах ряда авторов [6, 7, 9, 10, 11].

При расчете наклонных сечений должны быть обеспечены прочность элемента по полосе между наклонными сечениями и наклонному сечению на действие поперечных сил, а также прочность по наклонному сечению на действие момента [8, 4, 5]. Прочность по наклонной полосе характеризуется максимальным значением поперечной силы, которое может быть воспринято наклонной полосой, находящейся под воздействием сжимающих усилий вдоль полосы и растягивающих усилий от поперечной арматуры, пересекающей наклонную полосу. При этом прочность бетона определяют по сопротивлению бетона осевому сжатию с учетом влияния сложного напряженного состояния в наклонной полосе.

Расчет по наклонному сечению на действие поперечных сил производят на основе уравнения равновесия внешних и внутренних поперечных сил, действующих в наклонном сечении с длиной проекции «С» на продольную ось элемента. Внутренние поперечные силы включают поперечную силу, воспринимаемую бетоном в наклонном сечении, и поперечную силу, воспринимаемую пересекающей наклонное сечение поперечной арматурой. При этом поперечные силы, воспринимаемые бетоном и поперечной арматурой, определяют по сопротивлениям бетона и поперечной арматуры растяжению с учетом длины проекции наклонного сечения.

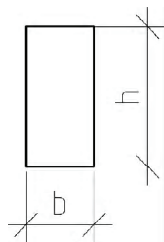
### ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ:

– уточнение расчета прочности наклонного сечения в части определения наиболее невыгодных расчетных соотношений при вычислении наиболее невыгодной длины проекции наклонной трещины.

Для достижения указанных выше целей были решены следующие задачи:

- 1) выбор формы и соотношений размеров поперечного сечения образцов для исследования;
- 2) количественное определение составляющих параметров несущей способности наклонных сечений;
- 3) определение наиболее опасного расчетного случая в зависимости от длины проекции наклонной трещины.

*Краткая характеристика образца:*



**Рисунок 1** –  
Расчетный  
железобетонный  
образец.

Для расчета принимаем железобетонные образцы, различного поперечного сечения с соотношением сторон 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 (рис. 1). Ширину принимаем равной 300 мм, а высота варьируется в зависимости от расчетного случая от 300 мм до 1 200 мм (табл. 1).

**Таблица 1** – Размеры поперечного сечения железобетонного образца

b, мм	300	300	300	300
h, мм	300	600	900	1 200

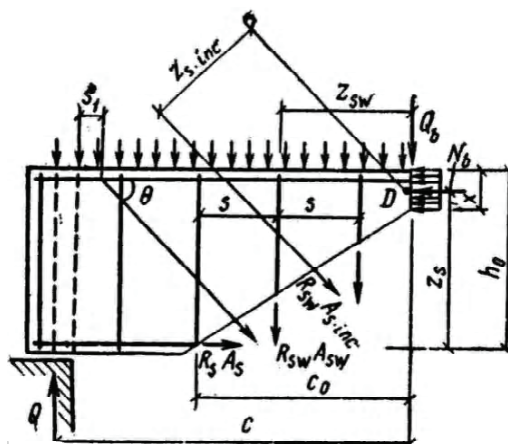
В качестве материала принимаем бетон класса В20 с расчетными характеристиками:

- расчетное сопротивление бетона сжатию  $R_b = 10,35$  МПа;
- расчетное сопротивление бетона растяжению  $R_{bt} = 0,81$  МПа;

Поперечную арматуру принимаем класса А-240 2Ø6 с площадью поперечного сечения  $A_{sw} = 0,57$  см<sup>2</sup>, шаг стержней  $S = 100$  мм:

- расчетное сопротивление растянутой поперечной арматуры  $R_{sw} = 175$  МПа.

**Методика расчета (рис. 2):**



**Рисунок 2** – Расчетная схема усилий в наклонном сечении.

*Расчет изгибаемых элементов по наклонному сечению производят из условия:*

$$Q \leq Q_b + Q_{sw},$$

где  $Q$  – поперечная сила в наклонном сечении с длиной проекции  $C$  на продольную ось элемента ;

$Q_b$  – поперечная сила, воспринимаемая бетоном в наклонном сечении;

$Q_{sw}$  – поперечная сила, воспринимаемая поперечной арматурой в наклонном сечении.

*Определение поперечной силы, воспринимаемой бетоном:*

$$Q_b = \frac{\varphi_{b2} \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0^2}{C},$$



где  $\varphi_{b2}$  – коэффициент, принимаемый равным 1,5;  
 $R_b$  – расчетное сопротивление бетона растяжению, МПа;  
 $b$  – ширина сечения элемента;  
 $h_0$  – рабочая высота сечения элемента;  
 $C$  – длина проекции наклонного сечения элемента.

*Определение поперечной силы, воспринимаемой арматурой:*

$$Q_{sw} = \varphi_{sw} \cdot q_{sw} \cdot C,$$

где  $\varphi_{sw}$  – коэффициент принимаемый равным 0,75;  
 $q_{sw}$  – усилия в поперечной арматуре на единицу длины элемента, равная:  

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} \cdot A_{sw}}{s_w};$$
 $R_{sw}$  – расчетное сопротивление поперечной арматуры растяжению;  
 $A_{sw}$  – площадь сечения хомутов;  
 $s_w$  – расстояние между хомутами, измеренное по длине элемента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты численных исследований (таблицы 2–5, рис. 3) изменения как отдельных параметров, так и несущей способности наклонных сечений с поперечным армированием в целом, в зависимости от длины проекции наиболее опасного наклонного сечения для различных соотношений размеров прямоугольного поперечного сечения свидетельствуют, что:

- с увеличением длины наклонного сечения поперечная сила, воспринимаемая бетоном, линейно уменьшается в два раза;
- с увеличением длины наклонного сечения поперечная сила, воспринимаемая арматурой, линейно увеличивается в два раза;
- с увеличением длины проекции наклонного сечения снижение несущей способности составляет от 33 до 25 % при соотношениях размеров поперечного сечения 1:1 и 1:4, соответственно.

**1 расчетный случай.** Соотношение сторон  $b:h = 1:1$ . Ширина  $b = 300$  мм, высота  $h = 300$  мм. Результаты расчета сведены в таблицу 2.

**2 расчетный случай.** Соотношение сторон  $b:h = 1:2$ . Ширина  $b = 300$  мм, высота  $h = 600$  мм. Результаты расчета представлены в таблице 3.

**3 расчетный случай.** Соотношение сторон  $b:h = 1:3$ . Ширина  $b = 300$  мм, высота  $h = 900$  мм. Результаты расчета сведены в таблицу 4.

**4 расчетный случай.** Соотношение сторон  $b:h = 1:4$ . Ширина  $b = 300$  мм, высота  $h = 1200$  мм. Результаты расчета представлены в таблице 5.

Таблица 2 – 1 расчетный случай

$h_0$ , м	$k = c/h_0$	$C$ , м	$Q_b$ , кН	$Q_{sw}$ , кН	$Q$ , кН
0,26	1	0,26	94,77	19,45	114,22
	1,1	0,286	86,15	21,39	107,55
	1,2	0,312	78,97	23,34	102,31
	1,3	0,338	72,9	25,28	98,18
	1,4	0,364	67,69	27,23	94,92
	1,5	0,39	63,18	29,17	92,35
	1,6	0,416	59,23	31,12	90,35
	1,7	0,442	55,74	33,06	88,81
	1,8	0,468	52,65	35,01	87,66
	1,9	0,494	49,87	36,95	86,83

Таблица 3 – 2 расчетный случай

$h_0$ , м	$k = c/h_0$	$C$ , м	$Q_b$ , кН	$Q_{sw}$ , кН	$Q$ , кН
0,56	1	0,56	204,12	41,9	246,02
	1,1	0,62	185,56	46,08	231,65
	1,2	0,67	170,1	50,2	220,37
	1,3	0,73	157,02	54,46	211,48
	1,4	0,78	145,8	58,65	204,45
	1,5	0,84	136,08	62,84	198,92
	1,6	0,9	127,58	67,03	194,61
	1,7	0,95	120,07	71,22	191,29
	1,8	1,01	113,4	75,41	188,81
	1,9	1,06	107,43	79,6	187,03

Таблица 4 – 3 расчетный случай

$h_0$ , м	$k = c/h_0$	$C$ , м	$Q_b$ , кН	$Q_{sw}$ , кН	$Q$ , кН
0,86	1	0,86	313,47	64,34	377,81
	1,1	0,946	284,97	70,77	355,75
	1,2	1,032	261,23	77,21	338,43
	1,3	1,118	241,13	83,64	324,77
	1,4	1,204	223,91	90,07	313,98
	1,5	1,29	208,98	96,51	305,49
	1,6	1,376	195,92	102,9	298,86
	1,7	1,462	184,39	109,4	293,77
	1,8	1,548	174,15	115,8	289,96
	1,9	1,634	164,98	122,2	287,23

Таблица 5 – 4 расчетный случай

$h_0$ , м	$k = c/h_0$	$C$ , м	$Q_b$ , кН	$Q_{sw}$ , кН	$Q$ , кН
1,16	1	1,16	422,82	86,78	509,6
	1,1	1,276	384,38	95,46	479,84
	1,2	1,392	352,35	104,1	456,49
	1,3	1,508	325,25	112,8	438,06
	1,4	1,624	302,01	121,5	423,51
	1,5	1,74	281,88	130,2	412,05
	1,6	1,856	264,26	138,9	403,11
	1,7	1,972	248,72	147,5	396,25
	1,8	2,088	234,9	156,2	391,11
	1,9	2,204	222,54	164,9	387,42

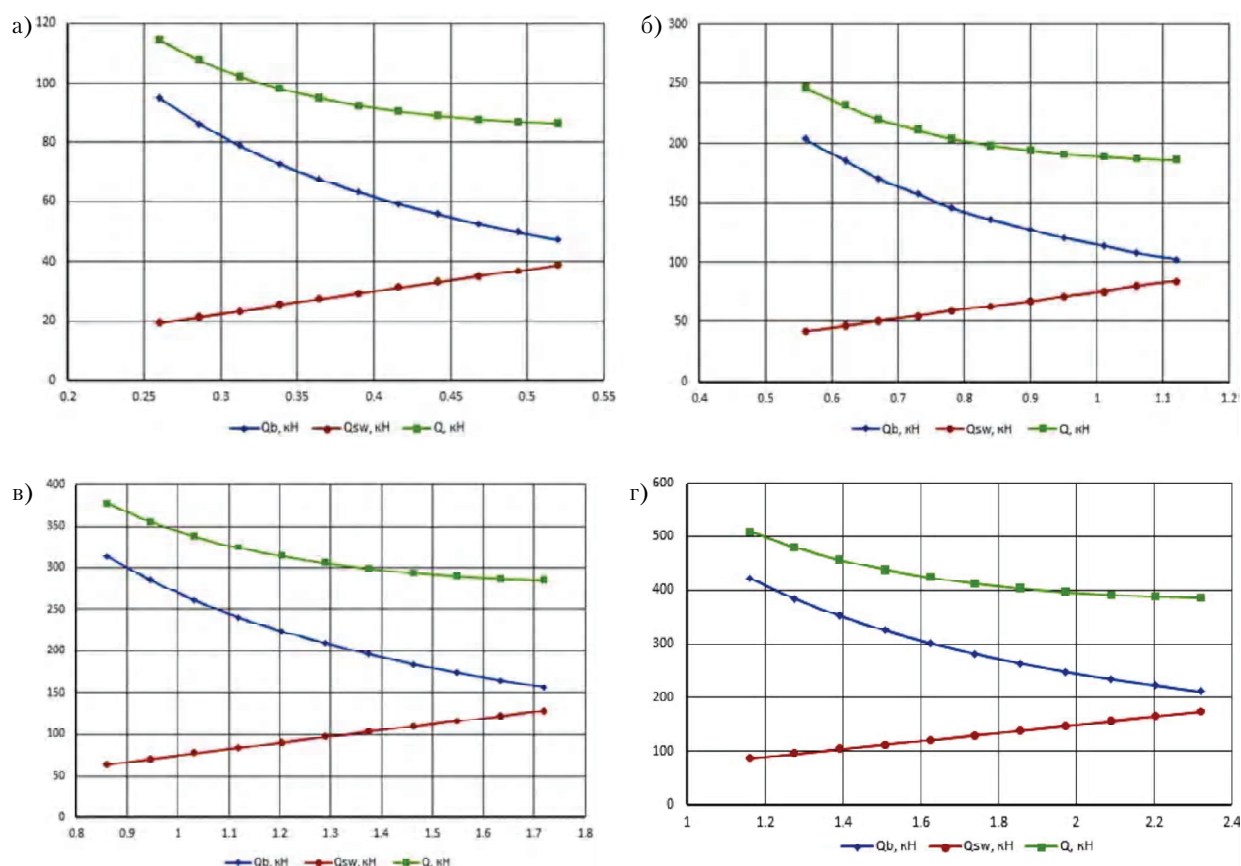


Рисунок 3 – Изменение несущей способности от длины проекции наклонного сечения элемента для расчетного случая: а)  $b:h = 1:1$ ; б)  $b:h = 1:2$ ; в)  $b:h = 1:3$ ; г)  $b:h = 1:4$ .

## ВЫВОДЫ

1. Несущая способность бетона и арматуры вне зависимости от соотношения размеров поперечного сечения уменьшается и увеличивается линейно пропорционально: поперечная сила, воспринимаемая бетоном, уменьшается в 2 раза, а поперечная сила, воспринимаемая поперечной арматурой, увеличивается в 2 раза.
2. С увеличением длины наклонного сечения несущая способность железобетонного элемента во всех случаях расчета уменьшается на 25 %.
3. Приведенные результаты численного исследования прочности наклонных сечений изгибаемых железобетонных элементов прямоугольного поперечного сечения без предварительного напряжения

на действие поперечной силы позволяют рекомендовать в качестве наиболее невыгодного расчетного случая длину проекции наклонной трещины в виде соотношения  $c=2 \cdot h_0$ .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ расчетных моделей при расчете прочности наклонных сечений железобетонных балок на действие поперечных сил [Электронный ресурс] / В. Б. Филатов, А. С. Арцыбасов, М. А. Багаутдинов [и др.] // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – № 4-3. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-raschetnyh-modeley-pri-raschete-prochnosti-naklonnyh-secheniy-zhelezobetonnyh-balok-na-deystvie-poperechnykh-sil>.
2. Байков, В. Н. Железобетонные конструкции: Общий курс [Текст] : учеб. для вузов / В. Н. Байков, Э. Е. Сигалов ; 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1991. – 767 с.: ил. Репринтное переиздание ООО «БАСТЕТ», 2009. – 766 с.
3. Евстифеев, В. Г. Железобетонные и каменные конструкции [Текст] : в 2 частях. Часть 1. Железобетонные конструкции / В. Г. Евстифеев. – М. : Academia, 2011. – 430 с.
4. Расчет железобетонных конструкций без предварительного напряжения [Текст] : методическое пособие к СП 63.13330 / Под ред. Н. Н. Трекина. – М.: НИИСФ РАССН, 2015. – 283 с.
5. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003) [Текст] / ЦНИИ Промзданий, НИИЖБ. – М. : ОАО ЦНИИ Промзданий. – 2005. – 214 с.
6. Семенов, Д. А. Эволюция нормативного подхода к расчету железобетонных элементов [Электронный ресурс] / Д. А. Семенов // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2017. – № 5. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/evolyutsiya-normativnogo-podhoda-k-raschetu-zhelezobetonnykh-elementov>.
7. Силантьев, А. С. Прочность изгибаемых железобетонных элементов без хомутов по наклонным сечениям с учетом параметров продольного армирования [Электронный ресурс] / А. С. Силантьев // Вестник МГСУ. – 2011. – № 2–1. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/prochnost-izgibaemykh-zhelezobetonnykh-elementov-bez-homutov-po-naklonnym-secheniyam-s-uchetom-parametrov-prodolnogo-armirovaniya-1>.
8. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. [Текст] : актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 ; введ. 2019-01-01. – М. : Минрегион России, 2018. – 152 с.
9. Старишко, И. Н. Результаты экспериментальных исследований влияния основных факторов на несущую способность по наклонным сечениям в изгибаемых железобетонных балках прямоугольного и таврового профиля [Электронный ресурс] И. Н. Старишко // Вестник МГСУ. – 2016. – № 7. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-eksperimentalnykh-issledovaniy-vliyaniya-osnovnykh-faktorov-na-nesushchuyu-sposobnost-po-naklonnym-secheniyam-v-izgibaemykh>.
10. Филатов, В. Б. Расчетная модель наклонного сечения изгибаемого железобетонного элемента без поперечной арматуры [Электронный ресурс] В. Б. Филатов, Е. В. Блинкова // Известия Самарского научного центра РАН. – 2013. – № 6–2. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/raschetnaya-model-naklonnogo-secheniya-izgibaemogo-zhelezobetonnogo-elementa-bez-poperechnoy-armatury>.
11. Чумичёва, М. М. Прочность железобетонных элементов [Электронный ресурс] / М. М. Чумичёва // Природообустройство. – 2009. – № 2. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/prochnost-zhelezobetonnykh-elementov>.

Получена 07.05.2020

О. А. БАЛАКАЙ, М. В. ЦИГАНОВ, Д. В. АЛЕЙНИК, Е. А. ДМИТРЕНКО  
ЗАЛЕЖНІСТЬ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ПОХИЛИХ ПЕРЕРІЗІВ НА ДІЮ  
ПОПЕРЕЧНОЇ СИЛИ ВІД ЗМІНИ ДОВЖИНИ ПРОЕКЦІЇ ПОХИЛОГО  
ПЕРЕРІЗУ  
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** Дана стаття присвячена уточненню розрахункових параметрів при визначенні несучої здатності похилих перерізів згинальних елементів прямокутного поперечного перерізу. У статті розглянуто поданий в діючих нормах розрахунок по похилому перерізі на дію поперечних сил, який заснований на рівнянні рівноваги зовнішніх і внутрішніх поперечних сил, що діють в похилому перерізі з довжиною проекції «С» на поздовжню вісь елемента. У процесі дослідження було вивчено зміну величини поперечної сили, яка сприймається поперечною арматурою і бетоном, і несучої здатності залізобетонного зразка в цілому для різних розмірів поперечного перерізу залежно від довжини проекції похилої тріщини. У роботі представлено результат визначення найбільш небезпечного розрахункового випадку залежно від довжини проекції похилої тріщини.

**Ключові слова:** залізобетонні конструкції, несуча здатність, поперечне армування, тріщини, розрахунок.

ALEXANDER BALAKAY, MAXIM TSYGANOV, DMITRY ALEYNIK,  
EVGENIY DMITRENKO  
THE DEPENDENCE OF THE BEARING CAPACITY OF INCLINED SECTIONS  
ON THE ACTION OF THE SHEAR FORCE ON THE CHANGE IN THE LENGTH  
OF THE PROJECTION OF THE INCLINED SECTION

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** This article is devoted to the refinement of design parameters in determining the bearing capacity of inclined sections of bent elements of rectangular cross section. The calculation of the inclined section on the action of transverse forces presented in the current standards, which is based on the equilibrium equation of the external and internal transverse forces acting in an inclined section with the projection length «C» on the longitudinal axis of the element are considered in this article. The changes in the shear force perceived by transverse reinforcement and concrete and the bearing capacity of a reinforced concrete sample, in general, for different sizes of the cross section depending on the length of the projection of the inclined crack are studied in this paper. The results of determining the most dangerous design case, depending on the projection length of the inclined crack are presented in this paper.

**Key words:** reinforced concrete structures, bearing capacity, transverse reinforcement, cracks, calculation.

**Балакай Александр Андреевич** – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: оценка технического состояния и проектирование железобетонных конструкций.

**Цыганов Максим Вадимович** – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: оценка технического состояния и проектирование железобетонных конструкций.

**Алейник Дмитрий Викторович** – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: оценка технического состояния и проектирование железобетонных конструкций.

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

**Балакай Олександр Андрійович** – студент ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: оцінка технічного стану та проектування залізобетонних конструкцій

**Циганов Максим Вадимович** – студент ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: оцінка технічного стану та проектування залізобетонних конструкцій.

**Алейник Дмитро Вікторович** – студент ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: оцінка технічного стану та проектування залізобетонних конструкцій.

**Дмитренко Євген Анатолійович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток методик визначення характеристик напружено-деформованого стану залізобетонних елементів при складних режимах силового і температурного впливів, оцінка технічного стану і проектування залізобетонних конструкцій.

**Balakay Alexander** – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: assessment of technical condition and design of reinforced concrete structures.

**Tsyganov Maxim** – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: assessment of technical condition and design of reinforced concrete structures.

**Aleynik Dmitry** – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: assessment of technical condition and design of reinforced concrete structures.

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

УДК 624.012.25:004.02

**Т. Н. ВИНОГРАДОВА, А. А. ГРЕЧКО**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **О РАСЧЕТЕ БАЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ДЕЙСТВИЕ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК**

**Аннотация.** В статье представлена методика расчета железобетонной балки на действие непериодических нагрузок большой интенсивности с использованием дифференциального уравнения движения. Рассматриваемый класс нагрузок относится к особым нагрузкам, продолжительность действия которых составляет доли секунды. При расчете конструкции на такие воздействия целесообразно учитывать развитие в сечениях пластических деформаций, с образованием шарниров пластичности при достижении предела текучести в рабочей продольной арматуре. Отмечено, что при повышенной скорости деформирования арматуры и бетона конструкции происходит запаздывание пластических деформаций в них, что приводит к повышению прочностных характеристик материалов. Приведены значения коэффициентов динамического упрочнения для арматурных сталей и бетона в зависимости от скорости их деформирования. Выполнен пример расчета однопролетной свободно опертой балки на действие мгновенного импульса. Расчет выполнен исходя из упругопластической модели деформирования конструкции при действии нагрузки. После решения дифференциального уравнения движения балки при соответствующих начальных и граничных условиях могут быть определены все параметры, характеризующие напряженно-деформированное состояние конструкции во времени.

**Ключевые слова:** железобетон, кратковременные динамические нагрузки, динамическое упрочнение арматуры и бетона, импульсная нагрузка, упругопластическая диаграмма Прандтля, дифференциальное уравнение движения балки.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Непериодические нагрузки большой интенсивности, продолжительность действия которых составляет доли секунды, в современном строительстве представляют значительный интерес для проектировщиков. Это прежде всего нагрузки от взрывной волны, от ударов падающего груза на перекрытие при обрушении конструкций вышерасположенного этажа и т. п.

В настоящее время для расчета строительных конструкций на такие нагрузки используются программные комплексы типа ANSYS, которые позволяют анализировать напряженно-деформированное состояние конструкции во времени. Однако так называемый «ручной» расчет с использованием дифференциальных уравнений движения конструкции представляет определенный интерес для предварительной оценки влияния нагрузки на нее. Кроме того, указанный программный комплекс базируется на прямом интегрировании дифференциальных уравнений движения конструкции, поэтому имеет смысл проанализировать этот процесс «вручную».

### **ОБЗОР ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Как показал обзор публикаций по рассматриваемой проблеме, исследователи довольно часто используют для расчета конструкций на указанные нагрузки метод, базирующийся на решении дифференциальных уравнений движения конструкций [1–5].

### **ЦЕЛЬ ПУБЛИКАЦИИ**

Представить методику расчета железобетонных балочных конструкций на действие кратковременных динамических нагрузок.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

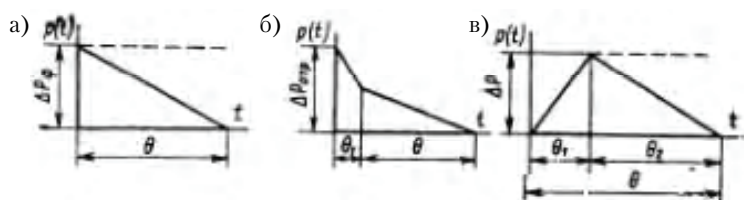


Рисунок 1 – Расчетные законы изменения динамической нагрузки во времени.

Особенностью расчета конструкций на такие воздействия является то, что требуется изучить движение конструкции лишь до момента достижения ею максимального перемещения, так как после прекращения действия нагрузки, если конструкция не разрушилась, она переходит в состояние свободных колебаний (рис. 1).

Кроме того, за счет быстрого падения величины нагрузки конструкция может получить большие остаточные деформации не разрушившись. Поэтому при расчете на рассматриваемые нагрузки особую важность приобретает учет пластических деформаций конструкций, в частности образование шарниров пластичности в железобетонных конструкциях.

Еще одной особенностью расчета конструкций на рассматриваемые воздействия является необходимость учета влияния скорости деформирования на прочностные характеристики арматуры и бетона. Во многих случаях влияние скорости деформирования на прочность материалов учитывается приближенно на том основании, что общий характер диаграмм деформирования при медленном и быстром нагружении сохраняется. Поэтому при расчете на динамические нагрузки используются диаграммы деформации материалов, аналогичные статической, с повышенным пределом текучести для стали и пределом прочности для бетона.

Динамический предел текучести  $R_{s,d}$  принимают равным статическому  $R_s$ , умноженному на коэффициент динамического упрочнения  $k_{s,v}$ :

$$R_{s,d} = k_{s,v} \cdot R_s \quad (1)$$

где величина коэффициента  $k_{s,v}$  может быть принята в зависимости от скорости деформирования стали, например с использованием экспериментальных данных типа приведенных на рис. 2а.

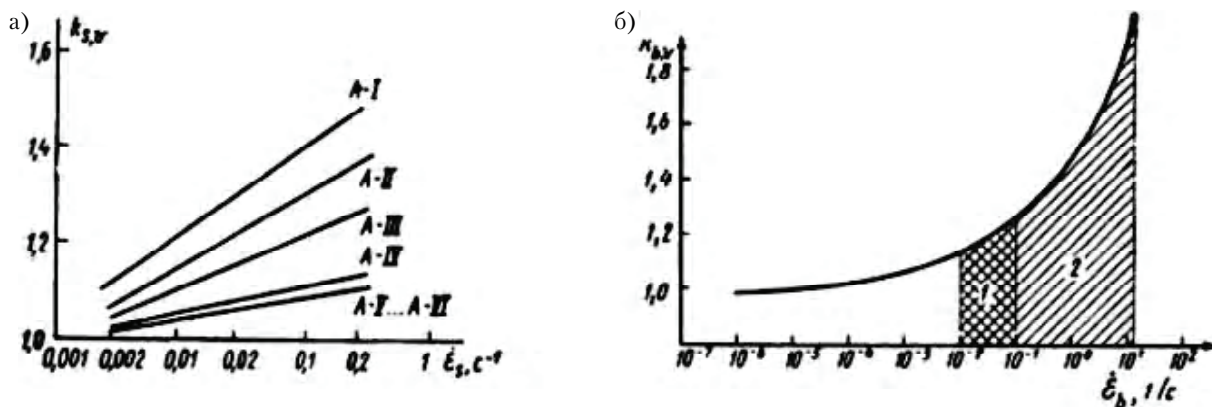


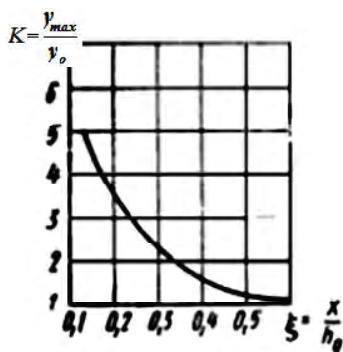
Рисунок 2 – Зависимости коэффициентов динамического упрочнения арматуры (а) и бетона (б) от скорости деформирования.

Аналогичный способ применяется и для учета упрочнения бетона при повышенных скоростях деформирования (коэффициент  $k_{b,v}$ , рис. 2б):

$$R_{b,d} = k_{b,v} \cdot R_b \quad (2)$$

Так как существующие методы «немашинного» динамического расчета конструкций сводятся к решению дифференциальных уравнений движения и позволяют вычислять прогибы или углы раскрытия в шарнирах пластичности, то и нормирование предельных состояний удобно выполнять с помощью величин предельных прогибов как:

$$K = \frac{y_{\max}}{y_0} \leq K = \frac{y_{\text{пред}}}{y_0} \quad (3)$$

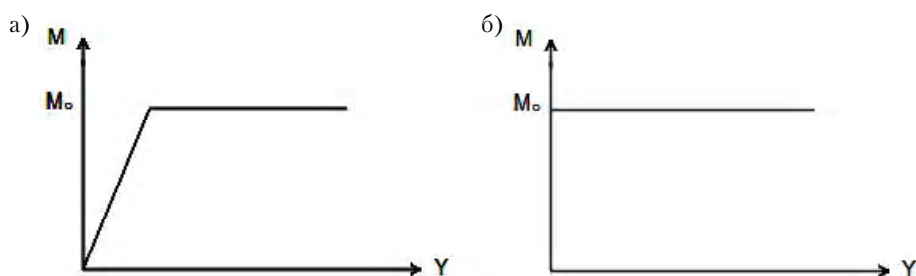


**Рисунок 3** – Зависимость предельных значений относительных прогибов от относительной высоты сжатого бетона  $\xi$  для железобетонной шарнирно опертой балки.

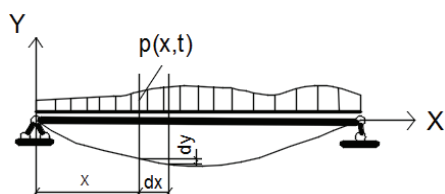
где  $y_{max}$  – значения прогиба конструкции, полученное в результате динамического расчета;  
 $y_{пред}$  – предельно допустимый прогиб для конструкции, соответствующий заданному предельному состоянию (рис. 3);  
 $y_0$  – прогиб конструкции в конце «упругой» стадии.

Расчетную модель конструкции выбирают исходя из ее диаграммы деформирования, то есть зависимости между изгибающим моментом и кривизной. Для балочных железобетонных конструкций, армированных сталями с физическим пределом текучести, диаграмма деформирования может быть представлена в виде идеальной упругопластической (рис. 4). В этом случае для расчета применяют приближенные упругопластическую или жесткопластическую модель.

Рассмотрим принципиальную схему расчета простой балки (рис. 5), диаграмма деформирования которой может быть упрощенно представлена в виде упругопластической (рис. 4а). Следовательно, необходимо рассматривать движение балки отдельно в «упругой» и в пластической стадиях.



**Рисунок 4** – Диаграммы Прандтля: а) упругопластическая; б) жесткопластическая.



**Рисунок 5** – Расчетная схема балки, нагруженной распределенной по пролету динамической нагрузкой.

Как известно, уравнение упругой изогнутой оси балки от статической нагрузки имеет вид:

$$D \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = q, \quad (4)$$

где  $D$  – изгибная жесткость сечения конструкции;  
 $q$  – распределенная нагрузка, в общем случае изменяющаяся во времени и по длине пролета;  
 $y = y(x, t)$  – перемещение оси балки.

Уравнение изогнутой оси конструкции при динамической нагрузке может быть получено с использованием принципа Даламбера, так как конструкция приходит в движение. Поэтому учитываются силы инерции, которые действуют на конструкцию так же, как внешняя нагрузка. По второму закону Ньютона силы инерции для элементарной частицы балки массой  $m$ , движущейся с ускорением  $\partial^2 y / \partial t^2$  вычисляются как

$$f_{ин} = -m \left( \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \right).$$

Тогда добавив эти силы (как нагрузку) в правую часть уравнения (4), после преобразований получим уравнение динамического движения балки в упругой стадии:

$$D \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + m \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = q. \quad (5)$$

Рассмотрим частный случай динамической нагрузки – действие мгновенного импульса, изменяющегося по длине пролета балки по закону:



$$i(x) = i_0 \cdot \sin \frac{\pi}{l} x. \quad (6)$$

Нагрузка, которая прекращает свое действие еще в упругой стадии, то есть до образования шарнира пластичности, может рассматриваться как мгновенный импульс, который сообщает конструкции начальную скорость движения

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{i(x)}{m}.$$

В этом случае расчет конструкции в упругой стадии сводится к решению однородного дифференциального уравнения с соответствующими граничными и начальными условиями:

$$D \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + m \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0. \quad (7)$$

При нахождении решения уравнения (7) применим метод разделения переменных (метод Фурье), то есть представим искомое решение в виде:

$$y(x, t) = T(t) \cdot X(x), \quad (8)$$

где одна функция зависит только от времени  $t$ , а другая – только от  $x$ .

Функция  $X(x)$  называется формой свободных колебаний или собственной функцией, а  $T(t)$  – функцией динамичности.

Как показано в [1], на движение конструкции в начальные моменты времени существенно влияют низшие частоты. Поэтому можно ограничиваться небольшим числом степеней свободы и часто лишь одной. Для рассматриваемой в примере свободно опертой балки функция  $X(x)$  принята как для системы с одной степенью свободы в виде:

$$X(x) = \sin \frac{\pi}{l} x. \quad (9)$$

Далее подставляя (9) в (8), а полученное выражение – в (7), получим однородное дифференциальное уравнение второго порядка относительно функции динамичности:

$$\ddot{T}(t) = \omega^2 \cdot T(t) = 0, \quad (10)$$

где  $\omega^2 = \frac{\pi^2 B}{ml^4}$  – круговая частота.

Решение для уравнения (10) имеет вид:

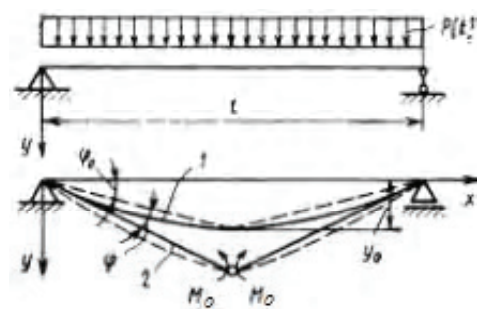
$$T(t) = C_1 \cdot \sin \omega t + C_2 \cdot \cos \omega t, \quad (11)$$

где произвольные постоянные  $C_1$  и  $C_2$  находятся из начальных условий движения: при  $t = 0$ :

$$y(x, 0) = 0, \quad \frac{\partial y}{\partial t} = \frac{i_0}{m}.$$

Тогда решение для уравнения (7) имеет вид:

$$y(x, t) = \frac{i_0}{m\omega} \sin \omega t \cdot \cos \omega t. \quad (12)$$



**Рисунок 6** – Расчетная схема балки в пластической стадии: 1 – прогиб в упругой стадии; 2 – прогиб в пластической стадии.

Прямым дифференцированием выражения (12) могут быть определены скорость  $\dot{y}(x, t)$ , изгибающий момент

$M(x, t) = -D \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$ , время конца упругой стадии  $t_0$  из условия  $M(0,5x, t_0) = M_0$ , где  $M_0$  – внутренний момент в сечении балки при достижении в арматуре предела текучести.

После образования шарнира пластичности происходит движение балки в пластической стадии как механизма, состоящего из двух «жестких» дисков, соединенных посредине пролета шарниром пластичности, в котором действует постоянный момент  $M_0$  (рис. 6).



Ордината в любой точке пролета определяется в зависимости от угла поворота «диска» балки как  $y(x, t) = \varphi(t) \cdot x$ .

Уравнение движения для расчетной схемы балки в этой стадии может быть получено из условия равенства нулю суммы работ всех сил на возможных перемещениях (линейных и угловых):

$$-\int_0^{\frac{l}{2}} m \ddot{\varphi} \varphi x^2 dx - M_o \varphi = 0. \quad (13)$$

Откуда

$$\frac{ml^3}{24} \ddot{\varphi} = -M_o. \quad (14)$$

С начальными условиями: при  $t = 0$ ,  $\varphi = 0$  и  $\dot{\varphi} = \dot{\varphi}_o$ .

Начальная угловая скорость  $\dot{\varphi}_o$  может быть определена из условия равенства количества движения конструкции в конце упругой и начале пластической стадий:

$$2 \int_0^{\frac{l}{2}} m \dot{\varphi} x dx = \int_0^l m \dot{y}_o dx. \quad (15)$$

Дальнейшее решение дифференциального уравнения (13) выполняется прямым интегрированием. Время конца пластической стадии  $t_m$  находится из условия, что угловая скорость  $\dot{\varphi}(t_m) = 0$ .

Полный прогиб вычисляется как (рис. 6):

$$y(x, t) = y_o \cdot \sin \frac{\pi}{l} x + \varphi(t) \cdot x. \quad (16)$$

## ВЫВОД

Приведенная методика расчета железобетонной балки с использованием дифференциальных уравнений движения позволяет определять прогибы, изгибающие моменты, поперечные силы, величину разрушающей нагрузки на рассматриваемую конструкцию.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов, Н. Н. Динамический расчет железобетонных конструкций [Текст] / Н. Н. Попов, Б. С. Расторгуев. – М.: Стройиздат, 1974. – 207 с.
2. Попов, Н. Н. Расчет конструкций на динамические и специальные воздействия [Текст]: учеб. пособие для вузов по спец. «Пром. и гражд. стр-во» / Н. Н. Попов, Б. С. Расторгуев, А. В. Забегаев. – М.: Высш. шк., 1992. – 319 с.
3. Расчет железобетонных конструкций на взрывные и ударные нагрузки [Текст] / Н. Н. Белов, Д. Г. Копаница, О. Г. Кумпяк, Н. Т. Югов. – Томск: Нортхэмптон, 2004. – 465 с.
4. Ванус, Д. С. Прочность железобетонных балочных конструкций при учете деформирования арматуры как вантовой системы при действии особых динамических нагрузок [Текст] / Д. С. Ванус // Строительство и реконструкция. – 2017. – № 4(72). – С. 87–93.
5. Расчет конструкций на действие динамических нагрузок [Текст] / А. С. Каличкина, А. Е. Карпов, А. Г. Ласковенко [и др.] // Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследований. – 2016. – № 24–1. – С. 138–146.

Получена 13.05.2020

Т. М. ВІНОГРАДОВА, А. О. ГРЕЧКО  
ПРО РОЗРАХУНОК БАЛКОВИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ НА  
ДІЮ КОРОТКОЧАСНИХ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ  
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** У статті наведено методику розрахунку залізобетонної балки на дію неперіодичних навантажень великої інтенсивності з використанням диференціального рівняння руху. Клас навантажень, що розглядається, відноситься до особливих навантажень, тривалість дії яких становить доли секунди. При розрахунку конструкцій на такі впливи доцільно враховувати розвиток у перерізах пластичних деформацій з утворенням шарнірів пластичності при досягненні межі плинності у поздовжній

робочій арматурі. Відмічено, що при підвищеній швидкості деформування арматури та бетону конструкції відбувається запізнення пластичних деформацій в них, тому відбувається підвищення міцносних характеристик матеріалів. Наведено значення коефіцієнтів зміцнення для арматурних сталей та бетону залежно від швидкості їх деформування. Виконано приклад розрахунку однопрогінної вільно опертої балки на дію миттєвого імпульсу. Розрахунок виконано виходячи із пружно-пластичної моделі деформування конструкції при дії навантаження. Після рішення диференціального рівняння руху балки при відповідних початкових та граничних умовах можуть бути визначені всі параметри, що характеризують напружено-деформований стан конструкції у часі.

**Ключові слова:** залізобетон, короткочасні динамічні навантаження, динамічне зміцнення арматури та бетону, імпульсне навантаження, пружно-пластична модель деформування Прандтля, диференціальне рівняння руху балки.

TAMARA VINOGRADOVA, ANDREY GRECHKO  
ON THE CALCULATION OF REINFORCED CONCRETE BEAM STRUCTURES  
ON THE EFFECT OF SHORT-TERM DYNAMIC LOADS  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The paper presents the calculation method of reinforced concrete beam on the action of non-periodic loads of high intensity using the differential equation of motion. This class of loads refers to special loads that last for a fraction of a second. When calculating the design for such impacts, it is advisable to take into account the development of plastic deformations in the cross sections, with the formation of plasticity joints due to reaching the yield point in the working longitudinal armature. It is noted that at an increased rate of deformation of reinforcement and concrete structures, there is a delay in plastic deformations in them, and this leads to an increase in the strength characteristics of materials. The values of dynamic hardening coefficients for reinforcing steels and concrete are given, depending on their deformation rate. An example of calculation of a single-span freely supported beam for the action of an instantaneous pulse is performed. The calculation is based on the elastic-plastic model of structural deformation under load. After solving the differential equation of beam motion under the appropriate initial and boundary conditions, all parameters that characterize the stress-strain state of the structure in time can be determined.

**Key word:** reinforced concrete, short-term dynamic loads, dynamic strengthening of rebar and concrete, impulse load, elastic-plastic Prandtl diagram, differential equation of beam movement.

**Виноградова Тамара Николаевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие методов расчета и проектирования железобетонных конструкций.

**Гречко Андрей Александрович** – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование современных программных комплексов в инженерной деятельности.

**Віноградова Тамара Миколаївна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток методів розрахунку та проектування залізобетонних конструкцій.

**Гречко Андрій Олександрович** – магістрант ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання сучасних програмних комплексів в інженерній діяльності.

**Vinogradova Tamara** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Reinforced Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development calculation methods and design of reinforced concrete structures.

**Grechko Andrey** – master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: use of modern software systems in engineer.

УДК 691.5

**М. В. МОСКАЛЬ, Е. Д. ГЛАДКАЯ**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **МЕСТО СМЕТНОГО НОРМИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ЭКСПЕРТИЗЫ И УПРАВЛЕНИЯ НА РЫНКЕ ЖИЛОЙ НЕДВИЖИМОСТИ**

**Аннотация.** Проведен анализ адаптации сметного дела к современным проблемам оценки жизненного цикла на рынке жилой недвижимости. Приведен ряд рекомендаций по совершенствованию программного обеспечения анализа, экспертизы и управления на рынке недвижимости. Даны рекомендации по практическому применению сметных программных комплексов на всех этапах жизненного цикла жилой недвижимости. Дана характеристика современных проблем в жилищном строительстве, особенности формирования жизненного цикла жилой недвижимости. Подчеркивается связующая роль сметного нормирования на всех этапах инвестиционного цикла от предпроектных работ до сдачи объектов жилья в эксплуатацию, а также на период эксплуатации и дальнейшей ликвидации их.

**Ключевые слова:** недвижимость, жизненный цикл, сметное дело.

### **ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ**

В ДНР объемы и разнообразие выполняемых работ по восстановлению объектов жилой недвижимости, изменение собственников требуют скорейшего решения вопросов переоценки рыночной стоимости этих объектов. Не всегда эти вопросы оперативно могут решить бюро технической инвентаризации, так как выдается ими фиксированная цена. Использование сметного нормирования позволяет управлять этими процессами на всех этапах жизненного цикла объектов жилой недвижимости.

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

Современный период характеризуется протяженными по времени и трудоемкими этапами в управлении и экспертизе на рынке объектов жилой недвижимости. Основой анализа являются стоимостные показатели объектов недвижимости. В целях ускорения и упрощения процесса определения стоимости объектов недвижимости на различных этапах некоторые разработчики программных комплексов предлагают «увязывание» проектирования со сметным делом и бухгалтерией.

### **ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Анализ влияния сметного нормирования на вопросы экспертизы и управления объектами недвижимости на всех этапах их жизненного цикла.

### **ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Для изучения динамики формирования и функционирования объектов жилой недвижимости необходимо рассмотреть жизненный цикл этих объектов, в который включаются:

- этап возникновения идеи, обоснования, согласования, проектирование, экспертиза;
- этап возведения объекта, сдача в эксплуатацию;
- этап эксплуатации, реконструкции или ликвидации.

На каждом этапе производится определение стоимости жилого объекта недвижимости, которая должна постоянно контролироваться. На этапе возникновения идеи производится технико-экономическое обоснование стоимости по объектам – аналогам. Обоснование и согласование проектных

© М. В. Москаль, Е. Д. Гладкая, 2020

решений основывается на проведении изысканий геодезических, геологических. Проектирование также требует определение стоимости как объекта недвижимости, так и самого проекта. Экспертиза и сдача объекта в эксплуатацию тоже влияют на стоимость объекта недвижимости.

Количество участников инвестиционного цикла на рынке жилой недвижимости достигает порядка полусотни юридических лиц, каждый из которых влияет на стоимость объекта. Длительность жизненного цикла велика, поэтому стоимость объекта недвижимости требует постоянного контроля и пересмотра. Первый этап – занимает 1,5–2,0 года, второй этап – 1,0–1,5 года, третий этап – до 50 лет.

При условии использования сметных программных комплексов создаются цифровые модели объектов недвижимости в виде сметной документации, которые позволят как моделировать стоимостными параметрами объектов, так и управлять, оптимизировать и контролировать эти параметры.

Стоимость ТЭО, изысканий, проектных работ определяется на основании сборников на проектные и изыскательские работы по форме 2П, 3П. Стоимость строительства, экспертизы, сдачи объекта в эксплуатацию определяются по сборникам на строительно-монтажные работы. В сфере эксплуатации также применяются тарифообразующие программы. На этапе реконструкции и ликвидации объекта применяются сметные нормы на реконструкцию, капитальный и текущий ремонт.

Нормирование в строительстве имеет вековую традицию и в современных условиях на всем постсоветском пространстве базируется на правилах и нормах, разработанных в 1984 году в Советском Союзе. Нормирование труда в строительстве представляет собой очень сложный процесс, потому адаптация норм к современным условиям, технологиям и материалам происходит постепенно. Использование напрямую нормативов ДСТУ и РФ не позволяет детально и точно определить сметную стоимость строительства в республике. То же касается и программного обеспечения.

В настоящее время на территории республики применяется несколько программ, базирующихся на нормах ДСТУ. Кроме того, разработана программа по сметному ценообразованию и тарификации в республике. Но необходимо адаптировать эти программные комплексы к системе финансирования и условиям производства работ.

Программные комплексы Российской Федерации («Гранд-Смета», «Госстройсмета»), ДНР («Смета-Профи») начинают подготовку по взаимодействию проектных работ со сметными расчетами и бухгалтерией.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, создание сквозной программы управления, экспертизы и контроля, основываясь на перманентном сметном нормировании, позволит моделировать и управлять процессами жизненного цикла объектов недвижимости.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Портал сметчиков Украины [Электронный ресурс]. – Электр. дан. – Офиц. страница. – Режим доступа : <http://smeta.at.ua>.
2. Строительная продукция и ее технико-экономические особенности [Электронный ресурс] // Экономика строительства. – Электр. текст. дан. – Режим доступа : <http://braincrush.ru/stroitel'naya-produkciya-ee-texniko-ekonomicheskie-osobennosti/>.
3. ДБН А.2.2-3:2012 Состав и содержание проектной документации на строительство [Текст]. – Взамен ДБН А.2.2-3:2004 ; введ. 2012-07-01 / АП «Научно-исследовательский институт строительного производства» ; МНС Украины ; Ассоциация «Украинское объединение проектных организаций». – Киев : Министерство регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства, 2012. – 27 с.
4. ДСТУ Б Д.1.1-7:2013 Правила визначення вартості проектно-вишукувальних робіт та експертизи проектної документації на будівництво [Текст]. – Взамен ДБН Д.1.1-7-2000 ; введ. 2014-01-01 / ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій». – Киев : Минрегион Украины, 2014. – 54 с.
5. Сборник цен на изыскательские работы [Текст] : с дополнением к нему ; Постановление Госстроя СССР № 22 от 01.03.90 г. – Москва : Госстрой СССР, 1982. – 13 с.

Получена 14.05.2020

М. В. МОСКАЛЬ, О. Д. ГЛАДКА  
МІСЦЕ КОШТОРИСНОГО НОРМУВАННЯ В СИСТЕМІ ЕКСПЕРТИЗИ І  
УПРАВЛІННЯ НА РИНКУ ЖИТЛОВОЇ НЕРУХОМОСТІ  
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** Проведено аналіз адаптації кошторисної справи до сучасних проблем оцінки життєвого циклу на ринку житлової нерухомості. Наведено ряд рекомендацій щодо вдосконалення програмного забезпечення аналізу, експертизи і управління на ринку нерухомості. Дано рекомендації щодо практичного застосування кошторисних програмних комплексів на всіх етапах життєвого циклу житлової нерухомості. Дана характеристика сучасних проблем в житловому будівництві, особливості формування життєвого циклу житлової нерухомості. Підкреслюється об'єднувальна роль кошторисного нормування на всіх етапах інвестиційного циклу від передпроектних робіт до здачі об'єктів житла в експлуатацію, а так само на період експлуатації та подальшої ліквідації їх.

**Ключові слова:** нерухомість, життєвий цикл, кошторисна справа.

MIKHAILO MOSKAL, ELENA GLADKAIA  
THE PLACE OF ESTIMATED REGULATION IN THE SYSTEM OF  
EXAMINATION AND MANAGEMENT IN THE RESIDENTIAL REAL ESTATE  
MARKET

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The analysis of the adaptation of budgeting to modern problems of life cycle assessment in the residential real estate market is carried out. A number of recommendations on improving software analysis, examination and management of the real estate market are given. Recommendations on the practical application of estimated software systems at all stages of the life cycle of residential real estate are given. The characteristic of modern problems in housing construction, the features of the formation of the life cycle of residential real estate are given. The connecting role of the estimated standardization at all stages of the investment cycle from pre-design work to the commissioning of housing facilities, as well as for the period of operation and their further elimination, is emphasized.

**Key words:** real estate, life cycle, estimated business.

**Москаль Михаил Владимирович** – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: ценообразование в строительстве.

**Гладкая Елена Дмитриевна** – старший преподаватель кафедры экономики, экспертизы и управления недвижимостью ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: сметное ценообразования в строительстве.

**Москаль Михайло Володимирович** – магістрант ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: ціноутворення в будівництві.

**Гладка Олена Дмитріївна** – старший викладач кафедри економіки, експертизи і управління нерухомістю ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: кошторисне ціноутворення в будівництві.

**Moskal Mikhailo** – master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: construction pricing.

**Gladkaia Elena** – Senior Lecturer, Economics, Expertise and Property Management Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: estimated pricing in construction.

УДК 624.072.2:69

**Е. В. ГОРОХОВ, В. Н. ВАСЫЛЕВ, А. Н. МИРОНОВ, А. С. ЩЕРБИНА**  
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЭЛЛИПСНОЙ БАЛКИ

**Аннотация.** С целью обеспечения пожарной безопасности в 1838–1839 годах при реконструкции Зимнего дворца были использованы новые железные эллипсные балки составного сечения пролетом до 15 м. Эллипсная балка, разработанная инженером М. Е. Кларком, является прообразом современной двутавровой тонкостенной балки. Четырехслойная с листов 0,8 мм двухстенчатая эллипсная стенка и система центральных распорок обеспечивали ее устойчивость. При изготовлении балок использовались заклепочные, болтовые соединения и кузнечная технология обработки железных конструкций. В баках предусмотрен строительный подъем. Готовые балки перед установкой в проектное положение подвергались пробе (статическим испытаниям). В статье отражены результаты исследования напряженно-деформированного состояния эллипсной балки и тонкостенной двутавровой балки одинаковой геометрии с использованием современных программных комплексов. Расчет моделей производился в геометрически линейной постановке задачи при упругой работе материала.

**Ключевые слова:** Зимний дворец, реконструкция, эллипсная балка, строительный подъем, тонкостенная балка, кузнечная технология изготовления металлоконструкций, заклепка, болт, статические испытания, численные исследования.

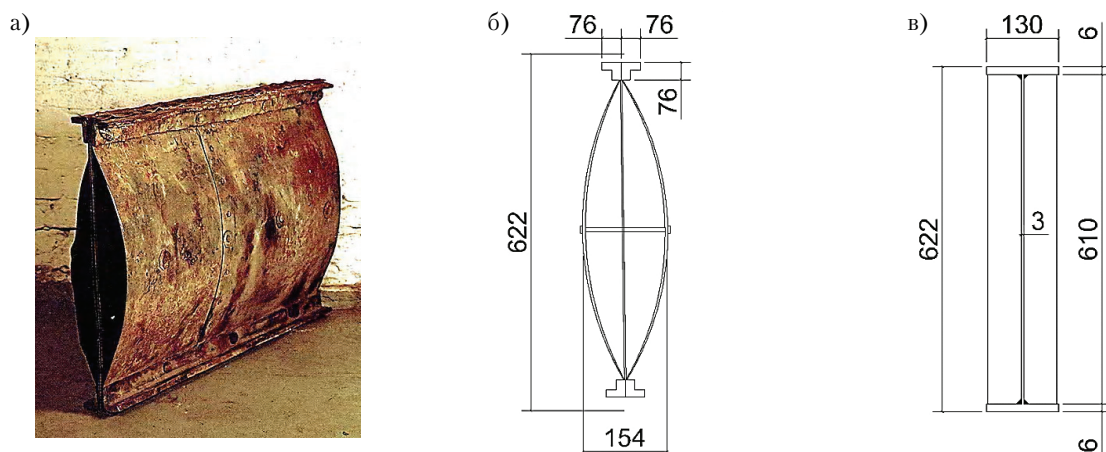
255 лет назад (1754) в Санкт-Петербурге началось строительство Зимнего дворца – главного императорского дворца России. В вечернее время 17 декабря 1837 года в Зимнем дворце начался масштабный пожар, длившийся более тридцати часов. В результате пожара полностью выгорели второй и третий этажи. На реставрацию сгоревшего дворца ушло свыше двух лет.

Восстановление проходило во время правления Николая I, который считал первостепенной задачей обеспечение пожарной безопасности здания. Первым шагом на пути к этому был переход от деревянных стропильных конструкций к железным.

В 1838–1839 годах были смонтированы новые железные конструкции чердачных пространств [1]. Это были одни из первых железных конструкций, применяемых в России для покрытий и перекрытий. Использовалась эллипсная балка (рис. 1а) для уникальных по тем временам междуэтажным сводчатым перекрытиям пролетом 15 м, выполненных из специальных гончарных горшков из огнеупорной керамики. Эллипсная балка является прообразом современной двутавровой тонкостенной балки [2].

Конструкция эллипсной балки была разработана директором Александровского завода, инженером М. Е. Кларком. Для определения предельной нагрузки ( $P$ ) на эллипсные балки использовалась формула Навье, которая учитывала: пролет балки ( $L$ ), предел упругости материала балки при изгибе ( $R_y$ ), момент инерции поперечного сечения относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести поперечного сечения ( $m$ ), максимальное расстояние от центра тяжести сечения до наружной грани поясного уголка ( $z$ ).

Эллипсные балки были изготовлены Казёнными мастерскими под руководством инженера И. К. Кроля. Производители металлоконструкций на момент изготовления конструкций для Зимнего дворца в своем арсенале имели листовой прокат, кузнечную технологию, болтовые и заклепочные соединения. Поэтому используемый в эллипсной балке уголок изготавливался путем гибки полосы, так как первые прокатные уголки в России были прокатаны в 50-е годы XIX века.



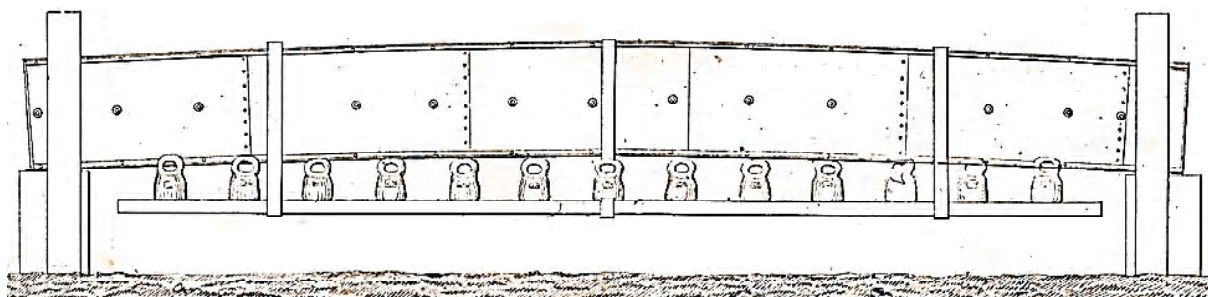
**Рисунок 1** – Эллипсная балка: а) фрагмент эллипсной балки; б) поперечное сечение эллипсной балки; в) тонкостенная сварная двутавровая балка

Стенка балки состоит из четырех листов железа толщиной 0,8 мм, которая укрепляется с обеих сторон системой изогнутых листов, образующих форму эллипса.

Средние листы балки (700×1 400 мм) соединялись по длине между собой с помощью фальцев по шаблону для придания листам того выгиба, который должна иметь балка по длине, т. е. был предусмотрен строительный подъем  $1/110L$ . Боковые листы также выгибались в процессе их соединения холодными заклепками из мягкого болтового железа  $\text{п}10$  мм. Форма эллипса предварительно придавалась листам на чугунной плите, на которой они и скреплялись. Соединенные фальцами листы вертикальной стенки соединяются между собой заклепками  $\text{п}10$  мм по центру листов вдоль всей длине с шагом 450 мм.

По центру сечения стенки и в боковых листах пробивались отверстия, в которые устанавливались болты, на них надевались трубки, свернутые из листового железа. Распорные трубки придавали вертикальной стенке и боковым эллипсообразным листам необходимую неизменяемость и устойчивость. Сборка балки производилась в вертикальном положении. Предварительно собранные стенка и боковые листы соединялись между собой заклепками  $\text{п}10$  мм с шагом 450 мм по верхнему и нижнему поясу с железными гнутыми уголками.

Готовые балки перед установкой в проектное положение подвергались пробе (статическим испытаниям). Опорная часть балки устанавливались между стойками, которые удерживали ее в процессе загрузки от потери устойчивости из плоскости. На балку надевались два или три хомута из полового железа, на которые укладывались доски с необходимым числом гирь, расположенных равномерно по всей длине досок (рис. 2).



**Рисунок 2** – Испытание эллиптических балок.

В процессе испытаний доски загружались равномерно распределенной нагрузкой – на каждую сажень (2 130 мм) по 50 пудов (800 кг), т. е. 375 кг/м. Под нагрузкой балка выдерживалась четверо суток.



Одной из задач, решаемых нами, являлось исследование напряженно-деформированного состояния эллипсной балки и тонкостенной двутавровой балки с геометрией эллипсной балки, предварительно рассчитанной и законструированной по рекомендациям [2], с использованием современных программных комплексов.

Для выполнения этих задач была создана аналитическая расчетная модель конструкции балки в ПК Лири на основе идеализации континуальной среды методом конечных элементов (МКЭ). При создании аналитической модели конструкции были учтены все необходимые факторы, чтобы модель была максимально близка к реальной конструкции исследуемого объекта. Расчетная модель эллипсной балки создавалась из КЭ типа 44 (четырёхугольный конечный элемент оболочки) с шагом разбиения 50 мм для всех структурных составляющих балки (рис. 3). Далее работа с расчетной моделью заключалась в моделировании граничных условий ее реального закрепления и приложении нагрузки (в данном случае значение нагрузки, прикладываемой при испытании эллипсной балки).

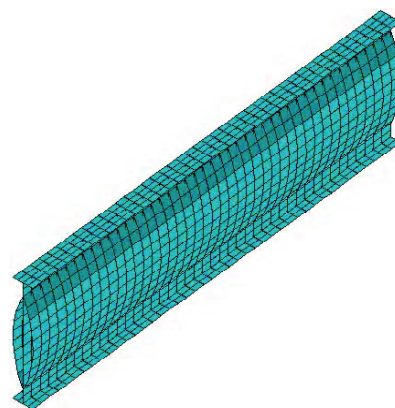


Рисунок 3 – Фрагмент КЭ модели эллипсной балки.

Расчет модели производился в геометрически линейной постановке задачи при упругой работе материала. По результатам расчета определены: прогиб балки под нагрузкой (рис. 4), величины наибольших нормальных напряжений (рис. 5), величины наибольших касательных напряжений (рис. 6) и наименьший коэффициент запаса устойчивости балки. Сводные результаты расчета представлены в таблице.

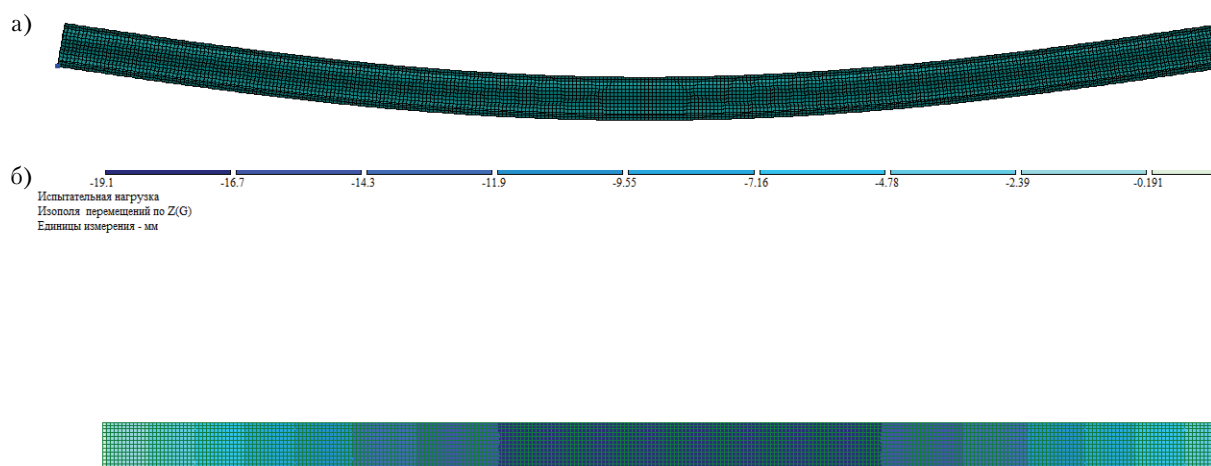


Рисунок 4 – Деформация эллипсной балки под испытательной нагрузкой: а) деформированная схема, б) изополюса прогибов по длине балки.

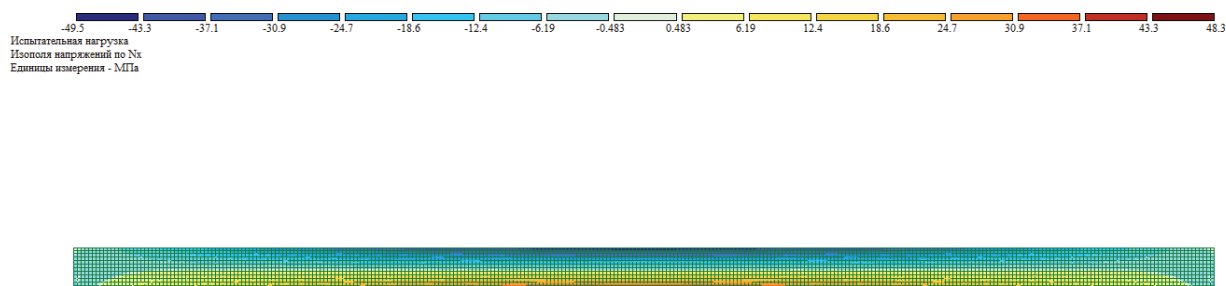


Рисунок 5 – Изополюса распределения нормальных напряжений  $\sigma$  по длине эллипсной балки.

Величина прогиба в тонкостенной балке, определенная в ПК Лири, превышает нормируемую величину, предъявляемую к конструкциям такого рода ( $f = 8,1 \text{ см} > 1/250L = 6,1 \text{ см}$ ). Для эллипсной балки – условие по прогибу выполняется.



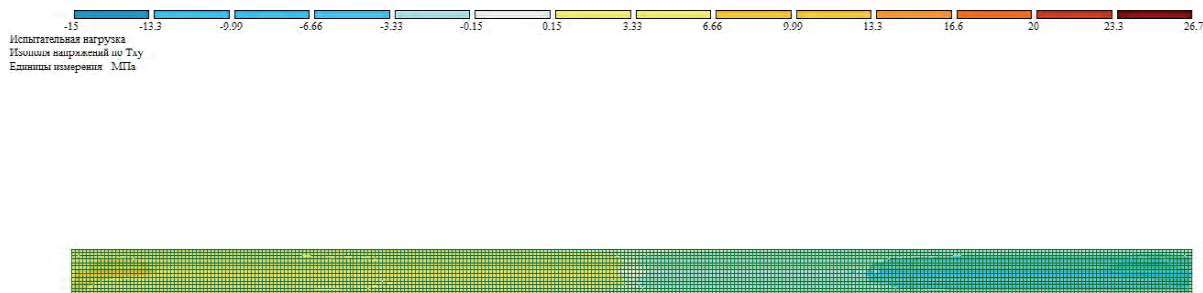


Рисунок 6 – Изополя распределения касательных напряжений  $\tau$  по длине эллипсной балки.

Таблица – Результаты расчета балок в ПК «Лира»

Величина	Эллиптическая балка	Тонкостенная балка
Расчетное сопротивление $R_y$ , МПа	180	230
Нормальные напряжения в середине пролета $\sigma$ , МПа	48,3 (69,8)	197 (167)
Прогиб $f$ , см	1,91 (3,2)	8,1 (6,3)
Коэффициент устойчивости	1,1	1,5
Теоретический вес, кг	1 000	500

\* $R_y$  – для эллипсной балки принят по [3], а для тонкостенной – по [4].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ольховский, Н. И. Описание железных балок и стропил, устроенных в Зимнем дворце при возобновлении его [Текст] / Составлено Корпуса горных инженеров подпоручиком Ольховским. – Из Горного Журнала книжки X, 1839 года. – Санкт-Петербург : тип. И. Глазунова и К, 1839. – 62 с.
- Руководство по проектированию стальных тонкостенных балок [Текст] : Утв. 15/VI-1977 г. / Госстрой СССР; Главпроектстройпроект; Союзметаллостройпроект; Центр. науч.-исслед. и проектный ин-т строит. металлоконструкций; ЦНИИПроектстальконструкция. – [Б. м.] : [б. и.], [19]. – 28 с. : ил.; 22 см.
- Перельмутер, А. В. Очерки по истории металлических конструкций [Текст] / А. В. Перельмутер. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва : СКАД Софт : Изд. дом АСВ, 2015. – 255 с. : ил., цв. ил., портр.; 22 см.; ISBN 978-5-903683-31-4 : 2000 экз.
- СП 16.13330.2017.Стальные конструкции [Текст] = Steelstructures : свод правил : издание официальное : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 27 февраля 2017 г. № 126/пр : [взамен 16.13330.2011] : введ. 2017-08-28 / АО «НИЦ "Строительство"», [принят] Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва : Стандартиформ, 2017. – V, 142, [1] с. : ил., табл.; 29 см.

Получена 15.05.2020

#### Є. В. ГОРОХОВ, В. М. ВАСИЛЄВ, А. М. МИРОНОВ, А. С. ЩЕРБИНА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН МЕТАЛЕВОЇ ЕЛІПСНОЇ БАЛКИ ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** З метою забезпечення пожежної безпеки в 1838–1839 роках при реконструкції Зимового палацу були використані нові залізні еліпсні балки складеного перерізу прольотом до 15 м. Еліпсна балка, розроблена інженером М. Є. Кларкомі, є прообразом сучасної двотаврової тонкостінної балки. Чотирихшарова з листів 0,8 мм двохстігнчата еліпсна стінка і система центральних розпірок забезпечували її стійкість. При виготовленні балок використовувалися заклепувальні, болтові з'єднання та ковальська технологія оброблення залізних конструкцій. У балках передбачено будівельний підйом. Готові балки перед установленням в проектне положення піддавалися пробі (статичним випробуванням). У статті відображені результати дослідження напружено-деформованого стану еліпсної балки і тонкостінної двотаврової балки однакової геометрії з використанням сучасних програмних комплексів. Розрахунок моделей проводився в геометрично лінійній постановці завдання при пружній роботі матеріалу.

**Ключові слова:** Зимовий палац, реконструкція, еліпсна балка, будівельний підйом, тонкостінна балка, ковальська технологія виготовлення металоконструкцій, заклепка, болт, статичні випробування, чисельні дослідження.

EVGENIY HOROKHOV, VOLODYMYR VASYLEV, ANDREY MIRONOV,  
ANASTASIIA SHCHERBINA  
TENSELY-DEFORMED STATE OF METALLIC ELLIPSE BEAM  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** With the purpose of providing of fire safety in 1838–1839 for the reconstruction of the Winter palace the new ferrous ellipse beams of component section were used by flight a to 15 m. An ellipse beam is worked out by an engineer M.E. By Clark and is the prototype of the modern flange thin-walled beam. A four-layer ellipse wall with 0.8 mm sheets and a system of central struts ensured its stability. For making of beams riveting, screw-bolt connections and blacksmith's technology of treatment of ferrous constructions were used. The building getting up is envisaged in tanks. The prepared beams before setting in project position were exposed to the test (to the static tests). The results of research of the tensely-deformed state of ellipse beam and thin-walled flange beam of identical geometry are reflected in the article, with the use of modern programmatic complexes. The calculation of models was produced in the geometrically linear raising of task, during resilient work of material.

**Key words:** Winter Palace, reconstruction, ellipse beam, building rise, thin-walled beam, blacksmithing technology for manufacturing metal structures, rivet, bolt, static tests, numerical studies.

**Горохов Евгений Васильевич** – доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Президент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Иностраный член Российской Академии строительства, Член Международного комитета по изучению воздействия ветра на здания и сооружения. Научные интересы: эксплуатационная надежность строительных металлических конструкций, климатические нагрузки на строительные конструкции.

**Васылев Владимир Николаевич** – кандидат технических наук; профессор кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: экспериментально-теоретическое исследование работы опор линий электропередачи, строительных конструкций и сооружения; технология изготовления строительных конструкций.

**Миронов Андрей Николаевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: усталостная прочность металлических конструкций, концентрация напряжений в узлах ферм с применением широкополочных двутавров и гнутосварных замкнутых профилей, напряженно-деформированное состояние сталежелезобетонных конструкций, в том числе трубобетонных конструкций.

**Щербина Анастасия Сергеевна** – магистрант кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: экспериментально-теоретическое исследование работы строительных конструкций и сооружения.

**Горохов Євген Васильович** – доктор технічних наук, професор; завідувач кафедри металевих конструкцій і споруд ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Президент ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Іноземний член Російської Академії будівництва, член Міжнародного комітету з вивчення впливу вітру на будівлі і споруди. Наукові інтереси: експлуатаційна надійність будівельних металевих конструкцій, кліматичні навантаження на будівельні конструкції.

**Василев Володимир Миколайович** – кандидат технічних наук; професор кафедри металевих конструкцій і споруд ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: експериментально-теоретичне дослідження роботи опор ліній електропередачі, будівельних конструкцій і споруди; технологія виготовлення будівельних конструкцій.

**Миронов Андрій Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій і споруд ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: втомна міцність металевих конструкцій, концентрація напружень в вузлах ферм із застосуванням широкополочних двотаврів і гнутосварних замкнутих профілів, напружено-деформований стан сталезалізобетонних конструкцій, у тому числі трубобетонних конструкцій.

**Щербіна Анастасія Сергіївна** – магістрант кафедри металевих конструкцій і споруд ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: експериментально-теоретичне дослідження роботи будівельних конструкцій та споруди.

**Horokhov Evgeniy** – D. Sc. (Eng.), Professor; Head of the Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. President, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Foreign Member of the Russian Academy of Civil Engineering, Member of the International Committee for the Study of the Impact of Wind on Buildings and Structures. Scientific interests: operational reliability of metal structures, climatic loads on building structures.

**Vasylev Volodymyr** – Ph. D. (Eng.); Professor; Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: experimental and theoretical study of the work of the supports of power lines, building structures and structures; manufacturing technology of building structures.

**Mironov Andrey** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Metal Structure and Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: fatigue strength of metal structures, stress concentration in truss nodes using wide-flange I-beams and bent-welded closed profiles, stress-strain state of steel-reinforced concrete structures, including pipe-concrete structures.

**Shcherbina Anastasiia** – Master's student, Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: experimental-theoretical study of the work of building structures and structures.

УДК 538.9:532.78

**В. Д. АЛЕКСАНДРОВ<sup>а</sup>, С. А. ФРОЛОВА<sup>а</sup>, А. В. САДОМОВА<sup>б</sup>**<sup>а</sup> ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», <sup>б</sup> ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

## ПАРАМЕТРЫ КВАЗИРАВНОВЕСНОЙ И НЕРАВНОВЕСНО-ВЗРЫВНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

**Аннотация.** Методом термического анализа в координатах температура – время исследованы закономерности изменения предкристаллизационных переохлаждений висмута при непрерывном термоциклировании. Используя термограммы плавкости висмута, полученных методом термического анализа, рассчитаны кинетические параметры при плавлении, а также при квазиравновесной (КРК, без переохлаждения) и неравновесно-взрывной (НРВК, с переохлаждением) кристаллизациях. Установлено, что существенная разница в параметрах квазиравновесной и неравновесно-взрывной кристаллизации связано с тем, что для кристаллизации типа КРК практически выпадает этап зародышеобразования и такие параметры, как доля всех зародышей в переохлажденном расплаве; доля расплава, затвердевшего при коагуляции, и зародышей, не задействованных в коагуляции; скорость зародышеобразования во всем объеме, затвердевшая часть образца; степень переохлаждения; критический размер зародыша; работа образования зародыша; теплота зародышеобразования и т. п.

**Ключевые слова:** висмут, кристаллизация, переохлаждение, термограммы плавкости.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время разработке и исследованию новых, экологически безопасных сплавов, в основу которых входит висмут и др., посвящено много работ [1, 2]. Структура и свойства этих сплавов во многом зависят от параметров плавления и кристаллизации [3] отдельных компонентов. В связи с этим являлся актуальным расчет параметров плавления и кристаллизации на примере висмута. Ранее в работе [4, 5] было показано, что от величины прогрева  $T_K^+$  расплава и при дальнейшем охлаждении меняется характер кристаллизации от квазиравновесной к неравновесно-взрывной.

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

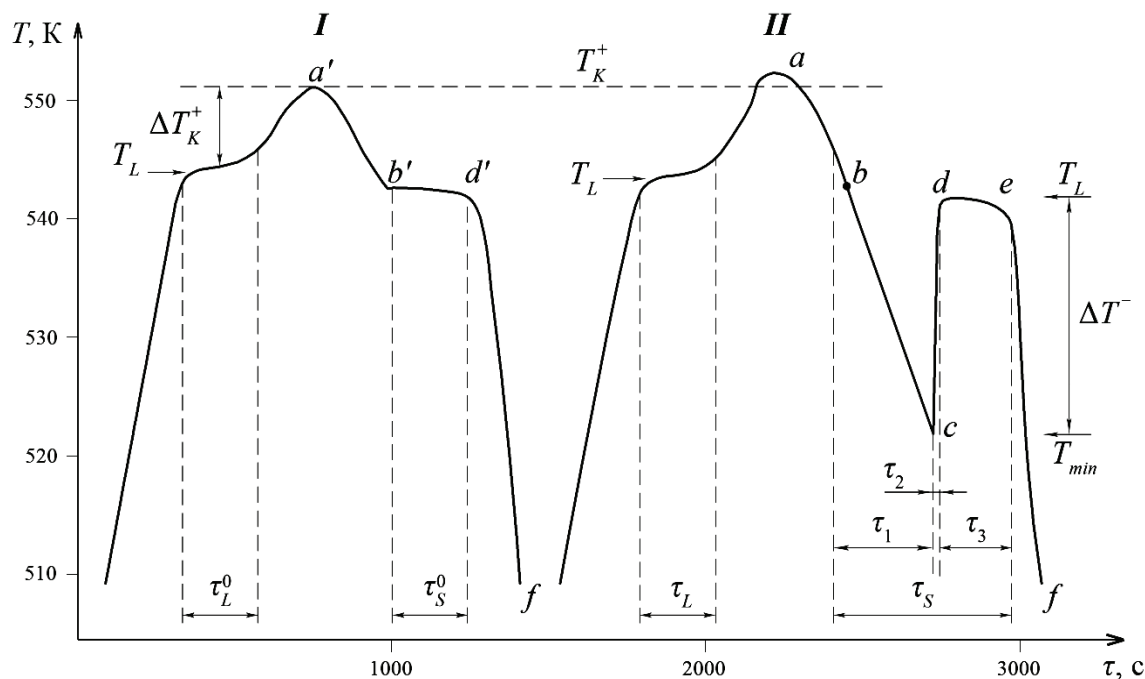
В данной работе, используя термограммы висмута, ставилась задача вычисления кинетических параметров плавления и двух видов кристаллизации: КРК и НРВК.

### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Испытывали висмут (марки ОСЧ) массой 4 г. Температуру измеряли хромель-копелевой термопарой толщиной 0,2 мм с помощью цифрового термометра UNI-T-325 с выводом на персональный компьютер, погрешность измерения температуры составляла 0,3. Образцы В<sub>1</sub> делили на две группы А и Б. Группа А – это условно недогретые образцы, расплавы которых прогревали до некоторой критической температуры  $T_K^+$ , после которой при охлаждении происходит скачкообразный переход от квазиравновесной кристаллизации (РК) без переохлаждений к неравновесно-взрывной (НРВК), с переохлаждениями относительно соответствующей температуры плавления  $T_L$  (271,4 °С); группа Б – образцы, нагретые выше критической температуры максимум на 100 °С. Для висмута критический перегрев  $\Delta T_K^+$  составляет ~10 °С ( $T_K^+ \approx 281 \div 282$  °С).

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

Анализ проводился по соответствующим термограммам плавкости на примере висмута (рисунок). Для этого были выбраны две последовательно записанные термограммы на одном и том же образце висмута массой 4 г (рисунок), записанные методом ЦТА.



**Рисунок** – Термограммы плавкости, характеризующие квазиравновесную (I) и неравновесно-взрывную (II) кристаллизацию.

По термограммам определялись такие параметры, как время  $\tau_L$  плавления, скорость плавления  $v_L$ , общее время  $\tau_S$  при неравновесной кристаллизации, инкубационный период  $\tau_1$  зародышеобразования, время  $\tau_2$  коагуляции зародышей, время  $\tau_3$  изотермического дозатвердевания, время затвердевания  $\tau'_S$  при равновесной кристаллизации, температура плавления  $T_L$ , минимальная температура  $T_m$  начала взрывной кристаллизации, физическое переохлаждение  $\Delta T^-$ . Из термограмм I и II на рисунке видно, что при неравновесной кристаллизации  $\tau_S = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3$ , а также  $\tau_S > \tau_L$ . При равновесной кристаллизации  $\tau_L = \tau_S^0$ . Используя эти данные и физические характеристики висмута, вычислялись различные кинетические и термодинамические параметры кристаллизации. Измеренные и вычисленные значения параметров кристаллизации приведены в нижеследующей таблице.

Из этой таблицы видна существенная разница в параметрах кристаллизации типа РК и НРВК. Это связано с тем, что для РК практически выпадает этап зародышеобразования. Тогда как для НРВК этот этап позволяет вводить целый спектр новых характеристик, необходимых для анализа кристаллизации переохлажденных расплавов и развития кластерно-коагуляционной модели.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shunfeng, Cheng. A review of lead-free solders for electronics applications [Текст] / Shunfeng Cheng, Chien-Ming Huang, Michael Pecht // *Microelectronics Reliability*. – V. 75. – 2017. – P. 77–95.
2. Пивненко, В. Актуальность перехода к сплавам, используемым в бессвинцовых припоях [Текст] / В. Пивненко // *Радиокомпоненты*. – 2006. – № 3(9). – С. 8–35.
3. Ochoa, F. Effect of Cooling Rate on the Microstructure and Mechanical behavior of Sn – 3.5 Ag Solder [Текст] / F. Ochoa, J. J. Williams, N. Chawla // *JOM*. – 2003. – V. 55, № 6. – P. 56–60.
4. Александров, В. Д. Кинетика зародышеобразования и массовой кристаллизации переохлажденных жидкостей и аморфных сред [Текст] / В. Д. Александров. – Донецк : Донбасс, 2011. – 580 с.

Таблица – Расчетные значения кинетических параметров плавления и кристаллизации висмута

Параметры		РК	НРВК
Скорость охлаждения	$\nu_{охл}$ , К/с	0,09–0,11	0,09–0,11
Скорость массовой кристаллизации	$\nu_s$ , г/с	$22,99 \cdot 10^{-3}$	$11,43 \cdot 10^{-3}$
Время зародыщеобразования	$\tau_1$ , с	–	203,0
Время коагуляции	$\tau_2$ , с	–	1,0
Время докристаллизации	$\tau_3$ , с	–	146,0
Степень переохлаждения при НРВК	$\Delta T_{\phi}^{-}$ , К	0	20,0
Доля всех зародышей в переохлажденном расплаве, образовавшихся за время $\tau_1$	$\alpha$	–	0,58
Доля расплава, затвердевшего в объеме $V_x$ за время $\tau_2$	$\beta$	–	0,05
Константа скорости коагуляции зародышей	$k$	–	2,45
Затвердевшая часть образца	$1-\gamma$	–	0,58
Доля зародышей, не задействованных в коагуляции	$\delta$	–	0,53
Скорость изотермического дозатвердевания при НРВК	$\nu_3$ , кг/с	–	$11,51 \cdot 10^{-6}$
Константа скорости кристаллизации	$Z$ , с <sup>-1</sup>	$-0,18 \cdot 10^{-3}$	$-0,21 \cdot 10^{-3}$
Критический размер зародыша	$l_k$ , нм	–	0,391
Работа образования зародыша	$A_k$ , эВ	–	0,268
Скорость зародыщеобразования во всем объеме при НРВК	$I$ , м <sup>-3</sup> с <sup>-1</sup>	–	$2,08 \cdot 10^{-21}$
Теплота зародыщеобразования	$Q_1$ , Дж	–	4,6
Теплота коагуляции	$Q_2$ , Дж	–	13,84
Скорость теплоотвода при зародыщеобразования	$u_1$ , Дж/с	–	0,023
Скорость теплоотвода при коагуляции	$u_2$ , Дж/с	–	13,84

5. Александров, В. Д. Термодинамика и кинетика кристаллизации легкоплавких цветных металлов и сплавов [Текст] / В. Д. Александров, С. А. Фролова. – Донецк : Донбасс, 2020. – 351 с.

Получена 15.05.2020

В. Д. АЛЕКСАНДРОВ <sup>а</sup>, С. О. ФРОЛОВА <sup>а</sup>, А. В. САДОМОВА <sup>б</sup>  
ПАРАМЕТРИ КВАЗІРІВНОВАЖНОЇ ТА НЕРІВНОВАЖНО-ВИБУХОВОЇ  
КРИСТАЛІЗАЦІЇ

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

**Анотація.** Методом термічного аналізу в координатах температура – час досліджені закономірності зміни передкристалізаційних переохолоджень вісмуту при безперервному термоциклюванні. Використовуючи термограми плавкості вісмуту, отриманих методом термічного аналізу, розраховані кінетичні параметри при плавленні, а також при квазірівноважній (КРК, без переохолодження) та нерівноважно-вибуховій (НРВК, з переохолодженням) кристалізаціях. Встановлено, що істотна різниця в параметрах квазірівноважної і нерівноважно-вибухової кристалізації пов'язано з тим, що для кристалізації типу КРК практично випадає етап зародкоутворення і такі параметри, як частка розплаву, затверділого при коагуляції, та частка зародків, не затверділих при коагуляції; швидкість зародкоутворення у всьому об'ємі; затверділа частка зразка; ступінь переохолодження; критичний розмір зародка; робота утворення зародка; теплота зародкоутворення.

**Ключові слова:** вісмут, кристалізація, переохолодження, термограми плавкості.

VALERIY ALEKSANDROV <sup>a</sup>, SVETLANA FROLOVA <sup>a</sup>, ANASTASIYA SADOMOVA <sup>b</sup>  
PARAMETERS OF QUASI-IMPOTENT AND IRREGULAR-VIBRATION  
CRYSTALLIZATION

<sup>a</sup> Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, <sup>b</sup> Donetsk National University

**Abstract.** By the method of thermal analysis in the temperature – time coordinates, the regularities of changes in the pre-crystallization supercooling of bismuth during continuous thermal Cycling are studied. Using thermograms of bismuth fusibility obtained by thermal analysis, kinetic parameters were calculated for melting, as well as for quasi-equilibrium (KRR, without supercooling) and non-equilibrium-explosive (NRK, with supercooling) crystallizations. It is established that a significant difference in the parameters of quasi-equilibrium and nonequilibrium-the explosive crystallization is due to the fact that crystallization of type KRR almost falls of the stage of nucleation and the parameters such as the fraction of all nuclei in a supercooled melt; the proportion of the melt, solidified by coagulation, and are not involved in coagulation and nucleation throughout the volume, the solidified part of the sample; the degree of hypothermia ; the critical size of the embryo; the work of the formation of the embryo; the warmth of nucleation.

**Key words:** bismuth, crystallization, hypothermia, thermograms of melting.

**Александров Валерий Дмитриевич** – доктор химических наук, профессор; заведующий кафедрой физики и физического материаловедения ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: кинетика зародышеобразования и массовой кристаллизации переохлаждённых жидкостей и аморфных сред.

**Фролова Светлана Александровна** – кандидат химических наук, доцент кафедры физики и физического материаловедения ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: кинетика зародышеобразования и массовой кристаллизации переохлаждённых жидкостей и аморфных сред.

**Садомова Анастасия Вячеславовна** – магистрант кафедры физики неравновесных процессов, метрологии и экологии им. И. Л. Повха ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». Научные интересы: кинетика зародышеобразования и массовой кристаллизации переохлаждённых жидкостей и аморфных сред, метрология.

**Александров Валерій Дмитрович** – доктор хімічних наук, професор; завідувач кафедри фізики та фізичного матеріалознавства ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: кінетика зародкоутворення і масової кристалізації переохолоджених рідин і аморфних середовищ.

**Фролова Світлана Олександрівна** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри фізики та фізичного матеріалознавства ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: кінетика зародкоутворення і масової кристалізації переохолоджених рідин і аморфних середовищ.

**Садомова Анастасія В'ячеславівна** – магістрант кафедри фізики нерівноважних процесів, метрології та екології ім. І. Л. Повха ДОУ ВПО «Донецький національний університет». Наукові інтереси: кінетика зародкоутворення і масової кристалізації переохолоджених рідин і аморфних середовищ, метрологія.

**Aleksandrov Valeriy** – D. Sc. (Chem.), Professor, Head of Physics and Physical Materials Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: kinetics of nucleation and mass crystallization of supercooled liquids and amorphous media.

**Frolova Svetlana** – Ph. D. (Chem.), Associate Professor, Physics and Physical Materials Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: kinetics of nucleation and mass crystallization of super cooled liquids and amorphous media.

**Sadomova Anastasiya** – master's student, Physics of Non-Equilibrium Processes, Metrology and Ecology Department named after I. L. Povkh, Donetsk National University. Scientific interests: kinetics of nucleation and mass crystallization of super cooled liquids and amorphous media, metrology.

УДК 624.047.2

**А. И. ДЕМИДОВ, Д. И. МЕХ, К. В. ПАРАСЮК**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## УСТОЙЧИВОСТЬ ТРЕХПРОЛЁТНЫХ СТЕРЖНЕЙ

**Аннотация.** Устойчивость центрально сжатых элементов является актуальной задачей строительной механики и стальных конструкций в виде многопролетных стержней. В статье предложена методика решения ряда конкретных задач устойчивости трёхпролетных стержней. При этом используются теоретические основы расчета гибких стержней при продольно-поперечном изгибе. Для этого использовано дифференциальное уравнение продольно-поперечного изгиба, которое решено в замкнутом виде методом начальных параметров. Рассматриваются задачи по определению коэффициента приведения длины для трёхпролетных стержней с рядом различных способов закрепления в одной плоскости инерции. Установлена связь между искомой независимой переменной в разрешающих функциях дифференциального уравнения и коэффициентом приведения длины. Представленная методика может быть применена для расчета данных стержней и при разных условиях закрепления в главных плоскостях инерции.

**Ключевые слова:** продольно-поперечный изгиб, устойчивость, метод начальных параметров, коэффициент приведения длины, критическая сила.

Рассматривается одна из важнейших задач строительной механики. В строительстве в качестве центрально сжатых элементов конструкций могут использоваться неразрезные стержни. Для расчета таких стержней на устойчивость в рамках упругой работы их материала можно теоретически получить аналитические выражения для определения значения критической силы для заданных условий закрепления их концов.

В случае продольно-поперечного изгиба гибких стержней (рис. 1) расчет ведется по деформированной схеме. Дифференциальное уравнение изогнутой оси представляется в таком виде [2]:

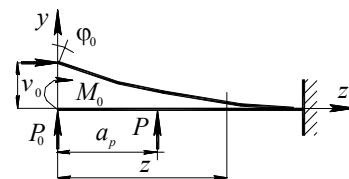
$$\frac{d^2 v}{dz^2} + k^2 v = \frac{M_0 + P_0 z}{EJ} + k^2 v_0, \quad (1)$$

где в дальнейшем  $k^2 = \frac{N}{EJ} = \frac{P_{кр}}{EJ}$ ,

$P_{кр}$  – критическая сила.

Решение этого уравнения при действии системы сосредоточенных нагрузок имеет вид (прогибы, углы поворота, моменты и поперечные силы):

$$\begin{aligned} v &= v_0 + \frac{\varphi_0}{k} \sin kz + \frac{M_0}{EJk^2} (1 - \cos kz) + \frac{P_0}{EJk^3} (kz - \sin kz) + \sum \frac{P}{EJk^3} [k(z - a_p) - \sin k(z - a_p)]; \\ \varphi &= \varphi_0 \cos kz + \frac{M_0}{EJk} \sin kz + \frac{P_0}{EJk^2} (1 - \cos kz) + \sum \frac{P}{EJk^3} [1 - \cos k(z - a_p)]; \\ M &= -kJk^2 \varphi_0 \sin kz + M_0 \cos kz + \frac{P_0}{k} \sin kz + \sum \frac{P}{k^2} \sin k(z - a_p); \\ Q &= -k^2 EJ \varphi_0 \cos kz - kM_0 \sin kz + P_0 \cos kz + \sum \frac{P}{k} \cos k(z - a_p). \end{aligned} \quad (2)$$



**Рисунок 1** – К дифференциальному уравнению (1).



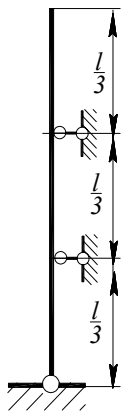


Рисунок 2 – Двухпролетный стержень (вариант 1).

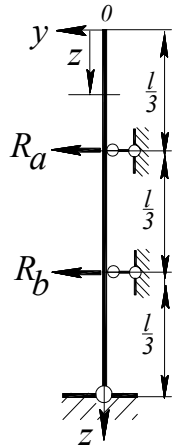


Рисунок 3 – Граничные условия.

Применяя формулы (2) для разрешающих функций, можно решать задачи устойчивости центрально сжатых стержней. Рассмотрим некоторые из них по определению критической силы с заданными условиями закрепления для двух и трёхпролетных стержней.

**Задача 1.** Найти критическую силу для стойки (рис. 2) с условиями закрепления (рис. 3) одинаковыми в главных плоскостях инерции: **при \$z = 0, M\_0 = 0, P\_0 = 0\$; при \$z = l/3, v = 0\$; при \$z = 2l/3, v = 0\$; при \$z = l, v = 0, M = 0\$.**

Учитывая эти условия, по формулам (2) получаем систему линейных однородных алгебраических уравнений относительно \$v\_0, \varphi\_0, R\_a, R\_b\$ в таком виде:

$$\begin{aligned} v_0 + \frac{\varphi_0}{k} \sin \frac{kl}{3} &= 0, \quad v_0 + \frac{\varphi_0}{k} \sin \frac{2kl}{3} + \frac{R_a}{EJk^3} \left( \frac{kl}{3} - \sin \frac{kl}{3} \right) = 0, \\ v_0 + \frac{\varphi_0}{k} \sin kl + \frac{R_a}{EJk^3} \left( \frac{2kl}{3} - \sin \frac{2kl}{3} \right) + \frac{R_b}{EJk^3} \left( \frac{kl}{3} - \sin \frac{kl}{3} \right) &= 0, \quad (3) \\ -kEJ\varphi_0 \sin kl + \frac{R_a}{k} \sin \frac{2kl}{3} + \frac{R_b}{k} \sin \frac{kl}{3} &= 0. \end{aligned}$$

Система уравнений (3) будет иметь ненулевое решение, если её определитель

$$\Delta(kl) = \begin{vmatrix} 1 & \sin \frac{kl}{3} & 0 & 0 \\ 1 & \sin \frac{2kl}{3} & \frac{kl}{3} - \sin \frac{kl}{3} & 0 \\ 1 & \sin kl & \frac{2kl}{3} - \sin \frac{2kl}{3} & 0 \\ 0 & -\sin kl & \sin \frac{2kl}{3} & \sin \frac{kl}{3} \end{vmatrix}. \quad (4)$$

Раскрывая определитель (4), получаем трансцендентное уравнение в таком виде:

$$\begin{aligned} kl \cdot \sin \left( \frac{kl}{3} \right) \cdot \sin \left( \frac{2kl}{3} \right) - \frac{kl \cdot \left[ \sin \left( \frac{kl}{3} \right) \right]^2}{3} - \frac{kl \cdot \left[ \sin \left( \frac{2kl}{3} \right) \right]^2}{3} - \left[ \sin \left( \frac{kl}{3} \right) \right]^3 - \\ - \frac{(kl)^2 \sin(kl)}{9} + \frac{kl \cdot \sin \left( \frac{kl}{3} \right) \cdot \sin(kl)}{3} = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Решаем это уравнение в символьном виде, используя программу  $\text{root}(f(kl), kl)$  в системе математических расчетов MathCAD [3]. Выражение (5) представляем в виде функции от \$kl\$. Строим ее график (рис. 4), а по нему принимаем ближайшее приближенное значение корня \$kl = 3,5\$.

$$\begin{aligned} f(kl) = kl \cdot \sin \left( \frac{kl}{3} \right) \cdot \sin \left( \frac{2kl}{3} \right) - \frac{kl \cdot \left[ \sin \left( \frac{kl}{3} \right) \right]^2}{3} - \frac{kl \cdot \left[ \sin \left( \frac{2kl}{3} \right) \right]^2}{3} - \\ - \left[ \sin \left( \frac{kl}{3} \right) \right]^3 - \frac{(kl)^2 \sin(kl)}{9} + \frac{kl \cdot \sin \left( \frac{kl}{3} \right) \cdot \sin(kl)}{3}. \end{aligned} \quad (6)$$

Задаём это приближенное значение корня, соответствующего первому приближенному корню уравнения

$$kl \approx 3,5.$$

Используя программу  $\text{root}$ , по формату  $\text{root}(f(kl), kl)$ , находим: \$kl = 3,52\$. Но так как:

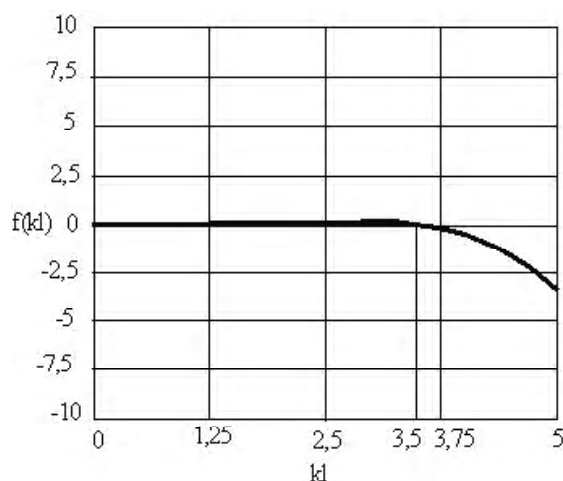


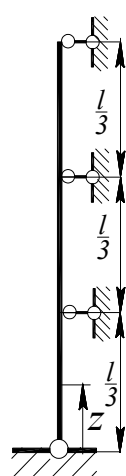
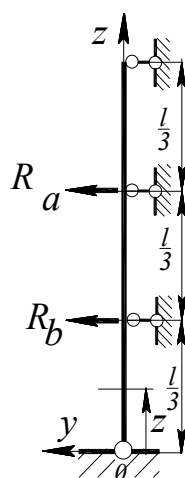
Рисунок 4 – График функции.

$$N = P_{kp} = k^2 EJ = \frac{\pi^2 EJ}{(\mu l)^2}, \text{ то } \mu = \frac{\pi}{kl}.$$

Следовательно  $\mu = \frac{\pi}{kl} = \frac{3,1416}{3,52} = 0,892$ .

Тогда критическая сила для данного условия закрепления:

$$P_{kp} = \frac{\pi^2 EJ}{(\mu l)^2} = \frac{\pi^2 EJ}{(0,892 \cdot l)^2}.$$


 Рисунок 5 –  
Трехпролётный  
стержень  
(вариант 1).

 Рисунок 6 –  
Граничные усло-  
вия.

**Задача 2.** Найти критическую силу для стойки (рис. 5) с условиями закрепления (рис. 6) одинаковыми в главных плоскостях инерции: при  $z = 0, M_0 = 0, v = 0$ ; при  $z = l/3, v = 0$ ; при  $z = 2l/3, v = 0$ ; при  $z = l, v = 0, M = 0$ .

Учитывая эти условия, по формулам (2) получаем систему линейных однородных уравнений относительно  $\varphi_0, P_0, R_a, R_b$  в таком виде:

$$\frac{\varphi_0}{k} \sin \frac{kl}{3} + \frac{P_0}{EJk^3} \left( \frac{kl}{3} - \sin \frac{kl}{3} \right) = 0,$$

$$\frac{\varphi_0}{k} \sin \frac{2kl}{3} + \frac{P_0}{EJk^3} \left( \frac{2kl}{3} - \sin \frac{2kl}{3} \right) + \frac{R_b}{EJk^3} \left( \frac{kl}{3} - \sin \frac{kl}{3} \right) = 0,$$

$$\frac{\varphi_0}{k} \sin kl + \frac{P_0}{EJk^3} (kl - \sin kl) + \frac{R_b}{EJk^3} \left( \frac{2kl}{3} - \sin \frac{2kl}{3} \right) + \frac{R_a}{EJk^3} \left( \frac{kl}{3} - \sin \frac{kl}{3} \right) = 0,$$

$$-k\varphi_0 EJ \sin kl + \frac{P_0}{k} \sin kl + \frac{R_b}{k} \sin \frac{2kl}{3} + \frac{R_a}{k} \sin \frac{kl}{3} = 0.$$

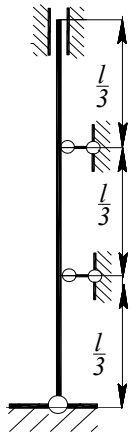
Наименьшее значение корня трансцендентного уравнения  $kl = 8,21$ .

Коэффициент приведения длины  $m = \pi/kl = 3,14/8,21 = 0,3828$ .

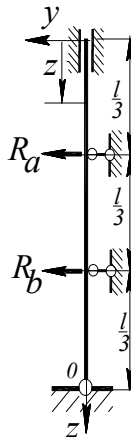
Критическая сила

$$P_{kp} = \frac{\pi^2 EJ}{(\mu l)^2} = \frac{\pi^2 EJ}{(0,3828 \cdot l)^2}.$$

**Задача 3.** Найти критическую силу для стойки (рис. 7) с условиями закрепления (рис. 8) одинаковыми в главных плоскостях инерции: при  $z = 0, \varphi_0 = 0, v_0 = 0$ ; при  $z = l/3, v = 0$ ; при  $z = 2l/3, v = 0$ ; при  $z = l, v = 0, M = 0$ .



**Рисунок 7** – Трехпролетный стержень (вариант 2).



**Рисунок 8** – Граничные условия.

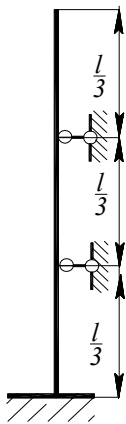
Учитывая эти условия, по формулам (2) получаем систему линейных однородных уравнений относительно  $\varphi_0$ ,  $P_0$ ,  $R_a$ ,  $R_b$  в таком виде:

$$\begin{aligned} \frac{M_0}{EJk^2} \left( 1 - \cos \frac{kl}{3} \right) + \frac{P_0}{EJk^3} \left( \frac{kl}{3} - \sin \frac{kl}{3} \right) &= 0, \\ \frac{M_0}{EJk^2} \left( 1 - \cos \frac{2kl}{3} \right) + \frac{P_0}{EJk^3} \left( \frac{2kl}{3} - \sin \frac{2kl}{3} \right) + \frac{R_b}{EJk^3} \left( \frac{kl}{3} - \sin \frac{kl}{3} \right) &= 0, \\ \frac{M_0}{EJk^2} (1 - \cos kl) + \frac{P_0}{EJk^3} (kl - \sin kl) + \\ + \frac{R_b}{EJk^3} \left( \frac{2kl}{3} - \sin \frac{2kl}{3} \right) + \frac{R_a}{EJk^3} \left( \frac{kl}{3} - \sin \frac{kl}{3} \right) &= 0, \\ M_0 \cos kl + \frac{P_0}{k} \sin kl + \frac{R_b}{k} \sin \frac{2kl}{3} + \frac{R_a}{k} \sin \frac{kl}{3} &= 0. \end{aligned}$$

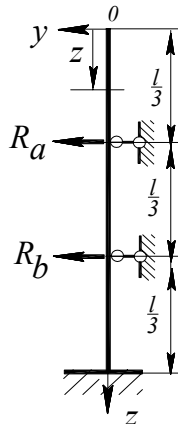
В этом случае наименьшее значение корня трансцендентного уравнения  $kl = 10,038$ .

Коэффициент приведения длины  $\mu = \pi/kl = 3,14/10,038 = 0,313$ .  
Критическая сила

$$P_{kp} = \frac{\pi^2 EJ}{(\mu l)^2} = \frac{\pi^2 EJ}{(0,313 \cdot l)^2}.$$



**Рисунок 9** – Двухпролетный стержень (вариант 2).



**Рисунок 10** – Граничные условия.

**Задача 4.** Найти критическую силу для стойки (рис. 9) с условиями закрепления (рис. 10) одинаковыми в главных плоскостях инерции: **при  $z = 0$ ,  $P_0 = 0$ ,  $M_0 = 0$ ; при  $z = l/3$ ,  $v = 0$ ; при  $z = 2l/3$ ,  $v = 0$ ; при  $z = l$ ,  $v = 0$ ,  $\varphi = 0$ .**

Учитывая эти условия, по формулам (2) получаем систему линейных однородных уравнений относительно  $\varphi_0$ ,  $P_0$ ,  $R_a$ ,  $R_b$  в таком виде:

$$\begin{aligned} v_0 + \frac{\varphi_0}{k} \sin \frac{kl}{3} &= 0, \quad v_0 + \frac{\varphi_0}{k} \sin \frac{2kl}{3} + \frac{R_b}{EJk^3} \left( \frac{kl}{3} - \sin \frac{kl}{3} \right) = 0, \\ v_0 + \frac{\varphi_0}{k} \sin kl + \frac{R_b}{EJk^3} \left( \frac{2kl}{3} - \sin \frac{2kl}{3} \right) + \frac{R_a}{EJk^3} \left( \frac{kl}{3} - \sin \frac{kl}{3} \right) &= 0, \\ \varphi_0 \cos kl + \frac{R_b}{EJk^2} \left( 1 - \cos \frac{2kl}{3} \right) + \frac{R_a}{EJk^2} \left( 1 - \cos \frac{kl}{3} \right) &= 0. \end{aligned}$$

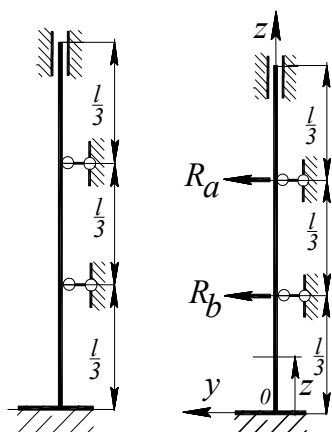
Наименьшее значение корня трансцендентного уравнения в этом случае  $kl = 10,038$ .

Коэффициент приведения длины  $\mu = \pi/kl = 3,14/10,038 = 0,312$ .  
Критическая сила

$$P_{kp} = \frac{\pi^2 EJ}{(\mu l)^2} = \frac{\pi^2 EJ}{(0,312 \cdot l)^2}.$$

**Задача 5.** Найти критическую силу для стойки (рис. 11) с условиями закрепления (рис. 12) одинаковыми в главных плоскостях инерции: **при  $z = 0$ ,  $v_0 = 0$ ,  $\varphi_0 = 0$ ; при  $z = l/3$ ,  $v = 0$ ; при  $z = 2l/3$ ,  $v = 0$ ; при  $z = l$ ,  $v = 0$ ,  $\varphi = 0$ .**

Учитывая эти условия, по формулам (2) получаем систему линейных однородных уравнений относительно  $M_0$ ,  $P_0$ ,  $R_a$ ,  $R_b$  в таком виде:



**Рисунок 11** –  
Трехпролётный  
стержень  
(вариант 3).

**Рисунок 12** –  
Граничные  
условия.

$$\begin{aligned} \frac{M_0}{EJk^2} \left( 1 - \cos \frac{kl}{3} \right) + \frac{P_0}{EJk^3} \left( \frac{kl}{3} - \sin \frac{kl}{3} \right) &= 0, \\ \frac{M_0}{EJk^2} \left( 1 - \cos \frac{2kl}{3} \right) + \frac{P_0}{EJk^3} \left( \frac{2kl}{3} - \sin \frac{2kl}{3} \right) + \frac{R_b}{EJk^3} \left( \frac{kl}{3} - \sin \frac{kl}{3} \right) &= 0, \\ \frac{M_0}{EJk^2} (1 - \cos kl) + \frac{P_0}{EJk^3} (kl - \sin kl) + \\ + \frac{R_b}{EJk^3} \left( \frac{2kl}{3} - \sin \frac{2kl}{3} \right) + \frac{R_a}{EJk^3} \left( \frac{kl}{3} - \sin \frac{kl}{3} \right) &= 0, \\ \frac{M_0}{EJk} \sin kl + \frac{P_0}{EJk^2} (1 - \cos kl) + \frac{R_b}{EJk^2} \left( 1 - \cos \frac{2kl}{3} \right) + \frac{R_a}{EJk^2} \left( 1 - \cos \frac{kl}{3} \right) &= 0. \end{aligned}$$

Наименьшее значение корня трансцендентного уравнения  $kl = 15,291$ .

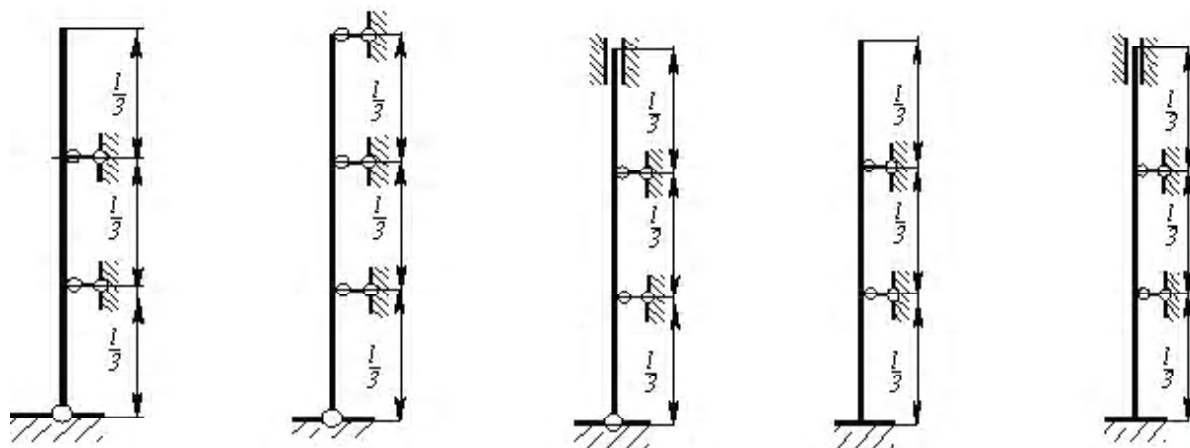
Коэффициент приведения длины  $\mu = \pi/kl = 3,14/15,291 = 0,205$ .  
Критическая сила в этом случае:

$$P_{kp} = \frac{\pi^2 EJ}{(\mu l)^2} = \frac{\pi^2 EJ}{(0,205 \cdot l)^2}.$$

Результаты, полученные здесь, сведем в таблицу.

**Таблица** – Значения коэффициентов приведения длины  $\mu$

Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
$P_{kp} = \frac{\pi^2 EJ}{(0,892 \cdot l)^2}$	$P_{kp} = \frac{\pi^2 EJ}{(0,3828 \cdot l)^2}$	$P_{kp} = \frac{\pi^2 EJ}{(0,313 \cdot l)^2}$	$P_{kp} = \frac{\pi^2 EJ}{(0,312 \cdot l)^2}$	$P_{kp} = \frac{\pi^2 EJ}{(0,205 \cdot l)^2}$
$\mu = 0,892$	$\mu = 0,3828$	$\mu = 0,313$	$\mu = 0,312$	$\mu = 0,205$



## ВЫВОДЫ

1. Данная методика позволила определить коэффициенты приведения длины для двух и трехпролётных стержней с достаточно широким классом граничных условий. Пролёты приняты одинаковой длины. Однако это не вызовет принципиальных трудностей при решении задач с разными длинами пролётов. Основной сложностью является раскрытие определителей высокого порядка в символической форме в MathCAD.
2. Полученные решения можно распространить для расчета приведенных стержней на устойчивость с разными условиями закрепления в главных плоскостях инерции с достаточно широким классом граничных условий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вольмир, А. С. Устойчивость деформируемых систем [Текст] / А. С. Вольмир. – Москва : Изд-во «Наука», 1967. – 984 с.
2. Шевченко, Ф. Л. Механика упругих деформируемых систем [Текст] : в 2 ч. Ч. II. / Ф. Л. Шевченко. – Донецк : ДонНТУ, 2007. – 312 с.
3. Бидасюк, Ю. М. Mathsoft Mathcad 11 [Текст] / Ю. М. Бидасюк. – Москва, Санкт-Петербург, Киев : Диалектика, 2004. – 208 с.
4. Vianello, L. Graphische Untersuchungen der Biegefestigkeit gerader Stäbe [Текст] / L. Vianello, Z. Vez // Deutsch. Ing. – 1898. – 42(1898). – P. 1436–1443.
5. Tsien, H. S. Load buckling load in the nonlinear buckling theory for thin shells [Текст] / H. S. Tsien // Quart. Appl. Math. – 1947. – 5, № 2(1947). – P. 236–237.
6. Skanlar, R. H. Resistance network solution of some structural problems in deflection and stability [Текст] / R. H. Skanlar // Proc. Soc. Exp. Stress Anal. – 1958. – 16, № 1(1958). – P. 117–128.

Получена 15.05.2020

О. І. ДЕМИДОВ, Д. І. МЕХ, К. В. ПАРАСЮК  
СТІЙКІСТЬ ТРЬОХПРОЛІТНИХ СТЕРЖНІВ

ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** Стійкість центрально стислих стержнів є актуальним завданням будівельної механіки і сталевих конструкцій у вигляді багатопрогнових стержнів. У статті запропонована методика вирішення ряду конкретних задач стійкості трьохпролітних стержнів. При цьому використовуються теоретичні основи розрахунку гнучких стержнів при поздовжньо-поперечному вигині. Для цього використано диференціальне рівняння поздовжньо-поперечного вигину, яке вирішене у замкнутому вигляді методом початкових параметрів. Розглядаються задачі за визначенням коефіцієнта приведення довжини для трьохпролітних стержнів з рядом різних способів закріплення в одній площині інерції. Встановлено зв'язок між шуканою незалежною змінною у розв'язувальних функціях диференціального рівняння і коефіцієнтом приведення довжини. Представлена методика може бути застосована для розрахунку даних стержнів і за різних умов закріплення в головних площинах інерції.

**Ключові слова:** поздовжньо-поперечний вигин, стійкість, метод початкових параметрів, коефіцієнт приведення довжини, критична сила.

ALEXANDER DEMIDOV, DMITRY MEH, KYRYL PARASYUK  
STABILITY OF THREE-FLIGHT BARS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The stability of centrally compressed elements is an urgent task of building mechanics and steel structures in the form of multi-span rods. The article proposes a methodology for solving a number of specific stability problems for three-span rods. In this case, the theoretical basis for calculating flexible rods in longitudinal-transverse bending is used. To do this, we used the differential equation of longitudinal-transverse bending, which is solved in a closed form by the method of initial parameters. The problems of determining the coefficient of reduction of length for three-span rods with a number of different ways of fixing in one plane of inertia are considered. A connection is established between the desired independent variable in the resolving functions of the differential equation and the length reduction coefficient. The presented technique can be applied to calculate these rods and under different fixing conditions in the main planes of inertia.

**Key words:** longitudinal-transverse bending, stability, method of initial parameters, coefficient of reduction of length, critical force.

**Демидов Александр Иванович** – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной механики ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: физически линейные и нелинейные задачи теории тонких оболочек постоянной и переменной толщины.

**Мех Дмитрий Игоревич** – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: устойчивость стержней и стержневых систем.

**Парасюк Кирилл Витальевич** – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: устойчивость стержней и стержневых систем.

**Демидов Олександр Іванович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної і прикладної механіки ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: фізично лінійні і нелінійні задачі теорії тонких оболонок постійної і змінної товщини.

**Мех Дмитро Ігоревич** – студент ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: стійкість стержнів та стержневих систем.

**Парасюк Кирило Віталійович** – студент ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: стійкість стержнів та стержневих систем.

**Demidov Alexander** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Theoretical and Applied Mechanics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: physically linear and nonlinear problems of the theory of thin shells of constant and variable thickness.

**Meh Dmitry** – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: stability of bars and cored systems.

**Parasyuk Kyryl** – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: stability of bars and cored systems.

УДК 504.055;62-67

**Н. М. КАРАМАНЕШТ<sup>а</sup>, Т. И. МАЛАШЕНКО<sup>а</sup>, О. В. СОБОЛЬ<sup>б</sup>**<sup>а</sup> ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», <sup>б</sup> ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА КАК ПУТЬ РЕШЕНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ**

**Аннотация.** О поисках альтернативных источников энергии, которые не только будут давать огромное количество энергии, но и не приведут к загрязнению окружающей среды, человечество начало задумываться после того, как выяснилось, что природные запасы углеводородов довольно ограничены. Обеспечение возрастающих потребностей человечества в энергии, ухудшение экологической ситуации на планете, обусловленное традиционными методами получения энергии, и уменьшение запасов её невозобновляемых источников являются глобальными проблемами нашего времени. В данной работе выполнен обзор основных альтернативных источников энергии и проведен сравнительный анализ их себестоимости и эффективности. На основании проведенного анализа сделан вывод о перспективности использования различных альтернативных источников.

**Ключевые слова:** альтернативная энергетика, возобновляемые ресурсы, солнечная энергия, энергия ветра, геотермальная энергия, экология, охрана окружающей среды.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Новые экономические реалии в сфере развития топливно-энергетического комплекса принуждают к поиску альтернативных источников энергообеспечения, к которым принято относить источники энергии солнечного излучения, ветра, морей, рек, биомассы, теплоты Земли и т. д. Альтернативные источники энергии являются одним из важных критериев устойчивого развития мировой экономики, в данном контексте осуществляется поиск новых и совершенствование существующих технологий, вывод их на экономически эффективный уровень и расширение сфер использования. Альтернативная энергетика – доминантный вектор развития технологий в мире, вместе синформационными и нанотехнологиями она становится важным компонентом нового постиндустриального технологического уклада.

Потребность осуществления радикальных инновационных преобразований в энергетике предопределяет актуальность темы многочисленных исследований различных авторов [1–5].

Целью данной статьи является анализ альтернативных способов получения энергии и оценка перспектив их использования.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Традиционные способы получения энергии имеют ряд существенных недостатков, в частности они оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду и опираются на невозобновляемые источники, запасы которых непрерывно уменьшаются. Альтернативные способы получения энергии лишены этих недостатков, однако их внедрение сопровождается рядом трудностей технического, географического, климатического, экономического характера. Существуют два способа повышения энергообеспеченности человечества: 1) поиск и освоение собственных энергоресурсов (невозобновляемых и возобновляемых); 2) энергосбережение и повышение энергоэффективности [6–9].

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

О поисках альтернативных источников энергии, которые не только будут давать огромное количество энергии, но и не приведут к загрязнению окружающей среды, человечество начало задумываться после того, как выяснилось, что природные запасы углеводородов довольно ограничены. Отцом зарождения идеи получения энергии из ветра был Пол ла Кур – датский изобретатель, метеоролог и учитель, который впервые в своих работах теоретически объяснил принцип работы ветряного двигателя и возможности получения энергии. Основные источники энергии на Земле показаны на рисунке.

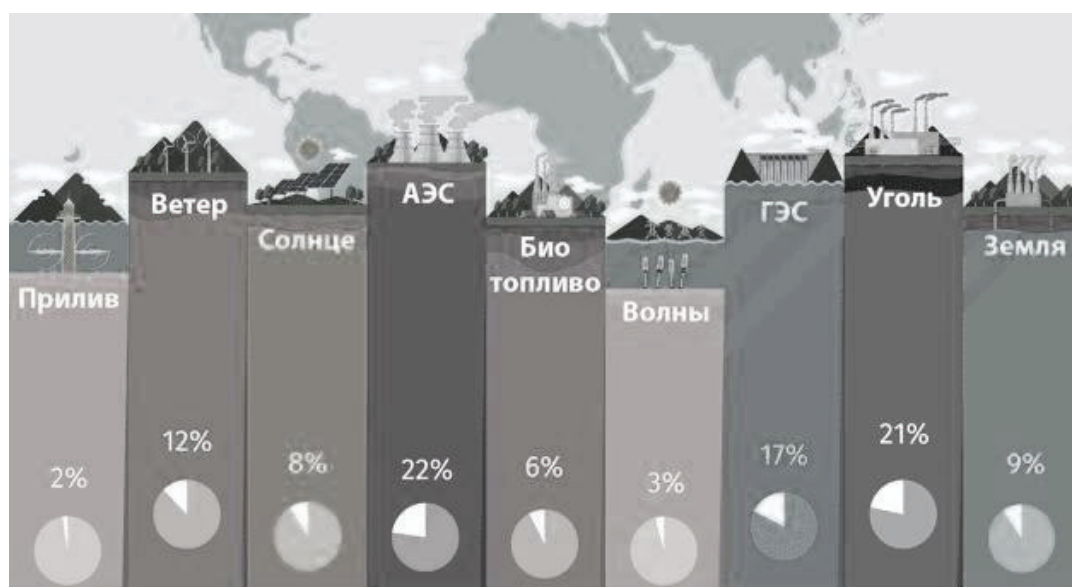


Рисунок – Основные источники энергии.

Что касается альтернативных источников энергии, к ним можно отнести нетрадиционные возобновляемые источники, такие как солнечная энергия, энергия ветра, энергия приливов и отливов, а также геотермальная энергия. Проведем краткий анализ каждого из них [10, 11].

**Энергия Солнца.** Наибольшим потенциалом среди альтернативных источников обладает солнечная энергия, в числе достоинств которой экологическая чистота и неисчерпаемость занимают первое место. Солнечные электростанции в настоящее время получают все большее распространение. Общая мощность солнечных электростанций в России превышает 400,0 МВт, из них наиболее крупными являются:

- Орская им. А. А. Влазнева мощностью 40,0 МВт в Оренбургской области;
- Бурибаевская мощностью 20,0 МВт и Бугульчанская, мощностью 15,0 МВт в Республике Башкортостан;
- На полуострове Крым функционирует более десяти солнечных электростанций мощностью 20,0 МВт каждая.

На стадии разработки проектной документации и различных этапах строительства находятся более 50 объектов солнечной генерации, расположенных в различных регионах, от Дальнего Востока и Сибири до центральных и южных областей страны. Общая мощность проектируемых и строящихся объектов составляет более 850,0 МВт.

**Энергия ветра.** Ветер – один из традиционных источников энергии. Современные силовые установки производят немалое количество электроэнергии. Общая установленная мощность ветровых генераторов составляет немногим более 100,0 МВт, из них наиболее мощные, это:

- Зеленоградская ветровая установка, мощностью 5,1 МВт, расположенная в Калининградской области;
- Останинская (25,0 МВт), Тарханкутская (22,0 МВт) и Сакская (20,0 МВт) – на полуострове Крым.

На стадии проектирования и строительства находятся 22 ветровые энергетические установки общей мощностью более 2 500,0 МВт.



С помощью силы ветра движутся электрогенераторы, которые питают электросеть или же накапливают энергию в аккумуляторных батареях. По мнению специалистов, использование силы ветра имеет большое будущее, если человечество отдаст предпочтение развитию технологии альтернативной энергетики, а не атомной энергетике и использованию нефти как источника энергии.

*Гидроэлектростанции.* Доля гидроэнергетики на 2014 г. составляла 16,4 %. В настоящее время доля вырабатываемой электрической энергии ГЭС, установленными на реках в разных регионах страны, превышает 20,0 % от общей генерации всей энергосистемы РФ. Суммарная установленная мощность гидроэлектростанций на начало 2017 года составляла 48 085,94 МВт, а их количество – 191 объект генерации различной мощности и конструкции.

*Приливные электростанции.* Их мощность зависит от воздействия Луны, поэтому стабильность работы находится не на самом высоком уровне. На сегодня приливные электростанции уже работают в Южной Корее, США и многих других странах. В Великобритании в г. Суонси подобная электростанция генерирует более 400 ГВт энергии в год, обеспечивая тем самым 121 тыс. домов. Приливные электростанции (ПЭС) выгодно строить в тех местах, где приливная волна достигает большой высоты, например: в проливе Ла-Манш (до 15 м), в канадском заливе Фанди (17 м), в Охотском море (13 м), в Белом море (до 10 м).

Параллельно с этим ведется разработка экономического обоснования и проектной документации по строительству подобных станций в Охотском (Пенжинская и Тугурская ПЭС) и Белом (Мезенская) морях.

*Волновые электростанции.* Располагаются на берегах океанов и работают за счет ударной силы регулярных волн о побережье. Такая энергия по удельной мощности превосходит солнечную и ветровую. Самая большая в мире волновая электростанция работает в Великобритании – WaveHub. Она расположена у полуострова Корнуэлл и оснащена четырьмя генераторами по 150 кВт.

*Геотермальная энергия.* Самый старый и самый популярный на сегодняшний день метод использования геотермальной энергии в промышленных масштабах – это вращение турбины генератора мощным потоком горячего пара от вскипевшей из-за принудительного разогрева воды.

Принцип работы таких установок предельно прост: из недр земли по трубе поднимается горячий сухой пар, который раскручивает турбину генератора, а после конденсируется в воду и возвращается в землю через нагнетательную скважину.

На данный момент в России успешно работает 5 геотермальных электрических станций установленной мощностью 80,1 МВт, три из которых расположены на Камчатке (Мутновская, Паужетская и Верхне-Мутновская) и по одной на островах Кунашир (Менделеевская) и Итуруп (Океанская).

В настоящее время самым крупным производителем геотермальной энергии в мире по праву считается Исландия. Ее доля в общем количестве составляет около 30 %, что значительно превышает объемы выработки других государств. На втором месте находятся Филиппины, где производят 27 % от общего количества, Сальвадор и Коста-Рика вырабатывают по 14 %, Кения дает 11,2 %, а Никарагуа – 10% геотермальной энергии. Заметный вклад вносят Индонезия и Мексика – соответственно 3,7 и 3,0 %.

## ВЫВОД

Проведенный анализ показал, что на сегодняшний день альтернативная энергетика имеет довольно высокий уровень развития, и с каждым годом он растет. Доля альтернативных методов получения энергии непрерывно возрастает, а их дальнейшее развитие позволит решать и энергетические, и экологические проблемы всего человечества.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лавров, Н. П. Топливо-энергетические ресурсы: состояние и рациональное использование [Текст] / Н. П. Лавров // Труды научной сессии РАН «Энергетика России: проблемы и перспективы». – М. : Наука, 2006. – С. 21–22.
2. Фортов, В. Е. Энергетика России: проблемы и перспективы [Текст] / В. Е. Фортов, Ю. Г. Леонов // Труды научной сессии РАН : Общ. собр. Российской акад. наук, 19–21 дек. 2005 г. / под ред. В. Е. Фортова, Ю. Г. Леонова. – Москва : Наука, 2006 (М. : Типография «Наука»). – 498, [1] с., [66] л. ил. : ил., табл.; 24 см.; ISBN 5-02-034274-2.
3. Кузнецов, С. Н. Об экологической эффективности применения электроэнергетических комплексов [Текст] / С. Н. Кузнецов // Энергетика и промышленность России. – 2001. – № 7(11). – С. 34–39.
4. Кулаков, А. В. Кто боится возобновляемой энергетики [Текст] / А. В. Кулаков // Энергетика: тенденции и перспективы. – 2011. – № 10(174). – С. 125–128.

5. Кузнецов, С.Н. Об экономической эффективности ЭЭК [Текст] / С. Н. Кузнецов // Энергетика и промышленность России. – 2001. – № 8(12). – С. 111–115.
6. Ушаков, В. Я. Современная и перспективная энергетика: технологические, социально-экономические и экологические аспекты [Текст] / В. Я. Ушаков. – Томск : Изд-во ТПУ, 2008. – 469 с.
7. Лукутин, Б. В. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении [Текст] / Б. В. Лукутин, О. А. Суржикова, Е. Б. Шандарова. – М. : Энергоатомиздат, 2008. – 231 с.
8. Безруких, П. П. Роль возобновляемой энергетики в энергосбережении в мире и России. [Текст] / П. П. Безруких // Электрика. – 2004. – № 4. – С. 3–5.
9. Ушаков, В. Я. Возобновляемая и альтернативная энергетика: ресурсосбережение и защита окружающей среды. [Текст] / В. Я. Ушаков. – Томск : Изд-во «СибГрафикс», 2011. – 137 с.
10. Твайделл, Д. Возобновляемые источники энергии [Текст] / Д. Твайделл, А. Уэйр. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.
11. Шпильрайн, Э. Э. Экологические аспекты применения возобновляемых источников энергии для децентрализованного энергоснабжения [Текст] / Э. Э. Шпильрайн // Перспективы энергетики. – 2006. – Т. 6. – № 3. – С. 299–305.

Получена 15.05.2020

Н. М. КАРАМАНЕШТ <sup>a</sup>, Т. І. МАЛАШЕНКО <sup>a</sup>, О. В. СОБОЛЬ <sup>b</sup>  
АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА ЯК ШЛЯХ ВИРІШЕННЯ ГЛОБАЛЬНИХ  
ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ

<sup>a</sup> ДООУ ВПО «Донецкий національний технічний університет», <sup>b</sup> ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** Про пошуки альтернативних джерел енергії, які не тільки будуть давати величезну кількість енергії, але й не призведуть до забруднення навколишнього середовища, людство почало замислюватися після того, як з'ясувалося, що природні запаси вуглеводнів досить обмежені. Забезпечення зростаючих потреб людства в енергії, погіршення екологічної ситуації на планеті, обумовлене традиційними методами одержання енергії, і зменшення запасів її непоновлюваних джерел є глобальними проблемами нашого часу. У даній роботі виконано огляд основних альтернативних джерел енергії та проведено порівняльний аналіз їх собівартості і ефективності. На підставі проведеного аналізу зроблено висновок про перспективність використання різних альтернативних джерел.

**Ключові слова:** альтернативна енергетика, поновлювані ресурси, сонячна енергія, енергія вітру, геотермальна енергія, екологія, охорона навколишнього середовища.

NADEZHDA KARAMANESHT <sup>a</sup>, TATIANA MALASHENKO <sup>a</sup>, OKSANA SOBOLOV <sup>b</sup>  
ALTERNATIVE ENERGY AS A WAY TO SOLVE GLOBAL ENVIRONMENTAL  
PROBLEMS

<sup>a</sup> Donetsk National Technical University, <sup>b</sup> Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The search for alternative sources of energy, which will not only produce a huge amount of energy, but will not lead to pollution of the environment, mankind began to think after it became clear that natural reserves of hydrocarbons are quite limited. The increasing energy needs of mankind, the deterioration of the environmental situation on the planet due to traditional methods of energy generation and the decline in the reserves of its non-renewable sources are global problems of our time. This paper provides an overview of the main alternative energy sources and a comparative analysis of their cost and efficiency. Based on the analysis, it was concluded that various alternative sources were promising.

**Key words:** alternative energy, renewable resources, solar energy, wind energy, geothermal energy, ecology, environmental protection.

**Караманешт Надежда Михайловна** – студентка ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет». Научные интересы: развитие общей методики оценки полезности альтернативной энергетики, оценка технического состояния новых альтернативных источников энергии.

**Малашенко Татьяна Ивановна** – старший преподаватель кафедры физики ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет». Научные интересы: влияние различных типов структурных дефектов на механические свойства металлов и сплавов при высокоэнергетических воздействиях.

**Соболь Оксана Викторовна** – кандидат химических наук, доцент кафедры физики и физического материаловедения ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: изучение физико-химических основ кинетики процессов кристаллизации веществ.

**Караманешт Надія Михайлівна** – студентка ДООУ ВПО «Донецький національний технічний університет». Наукові інтереси: розвиток загальної методики оцінки корисності альтернативної енергетики, оцінка технічного стану нових альтернативних джерел енергії.

**Малашенко Тетяна Іванівна** – старший викладач кафедри фізики ДООУ ВПО «Донецький національний технічний університет». Наукові інтереси: вплив різних типів структурних дефектів на механічні властивості металів і сплавів при високоенергетичних впливах.

**Соболь Оксана Вікторівна** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри фізики та фізичного матеріалознавства ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: аналіз фізико-хімічних основ кінетики процесів кристалізації речовин.

**Karamanesht Nadezhda** – student, Donetsk National Technical University. Scientific interests: development of a general methodology for assessing the utility of alternative energy, assessment of the technical condition and design of structures for the creation of new alternative energy sources.

**Malashenko Tatiana** – senior teacher, Physics Department, Donetsk National Technical University. Scientific interests: influence of various types of structural defects on mechanical properties of metals and alloys under high-energy influences.

**Sobol Oksana** – Ph. D. (Chem.), Associate Professor, Physics and Physical Materials Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studying of physical and chemical bases kinetics processes of crystallization of substances.

УДК 628.1

**В. С. РОЖКОВ, П. Е. ДЁМИНОВ, Ю. В. ВАСИЛЬЕВА**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ДООЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД НА ДРОБЛЕННОМ АНТРАЦИТЕ В СИСТЕМАХ С ЭРЛИФТНЫМ БИОРЕАКТОРОМ**

**Аннотация.** В статье приведены результаты поисковых исследований по степени эффективности задержания взвешенных веществ в аэротенках-осветлителях с самообновляющимся взвешенным слоем. Оценена возможность работы зернистой загрузки из дробленного антрацита на доочистке сточных вод в системах с эрлифтными биореакторами в характерных для таких сооружений продолжительностях фильтроциклах. Концентрация взвешенных веществ на выходе из биореактора составила 17...19 мг/л, концентрация взвешенных веществ в фильтрате составляла 3...4 мг/л. Полученные данные говорят о перспективности использования дробленного антрацита в качестве фильтрующей загрузки при доочистке сточных вод в системах с эрлифтными биореакторами.

**Ключевые слова:** зернистый фильтр, доочистка, дробленный антрацит, фильтроцикл, сточные воды, илоемкость.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

В соответствии с концепцией очистки сточных вод, разработанной на кафедре ВВ и ОВР ГОУ ВПО «ДонНАСА» [1, 2], для сброса очищенных сточных вод в водоемы первой категории, а также в водоемы второй категории при производительности систем очистки сточных вод более 2 000 м<sup>3</sup>/сут обязательным условием является доочистка на зернистых фильтрах. Само требование по доведению качества воды исходит из нормативов, предложенных Справочником по наилучшим доступным технологиям Российской Федерации [3].

Выбор способа доочистки на зернистых фильтрах связан с тем фактом, что наиболее прогрессивный в настоящее время метод илоразделения – мембранные технологии, обладает рядом технологических и экономических недостатков [4] и зачастую подразумевает высокие концентрации ила в сооружениях биологической очистки. При всех преимуществах такого процесса в большинстве случаев поддерживать концентрацию активного ила в биореакторах 5...7 мг/л не только не целесообразно (ввиду малых концентраций органических загрязнений в поступающих стоках), но и может негативно отразиться на степени удаления азота в биореакторах с эрлифтной системой аэрации.

Кроме того, исходя из требований по очистке от соединений фосфора, при комбинированном биологическо-химическом методе, являющемся наилучшим согласно [3], после введения реагента необходимо фильтрование сточных вод для отделения кристаллизованных соединений фосфора. Таким образом, доочистка на зернистых фильтрах может являться перспективной при использовании аэротенков-осветлителей с затопленной эрлифтной системой аэрации.

В качестве фильтрующего материала в данном исследовании принят дробленный антрацит, как ввиду специфики регионального ресурсооборота ДНР, так и в силу его перспективности как фильтрующего материала не только для систем очистки сточных вод [5].

### **ЦЕЛИ**

Целью данной работы являлись поисковые исследования по нескольким направлениям:

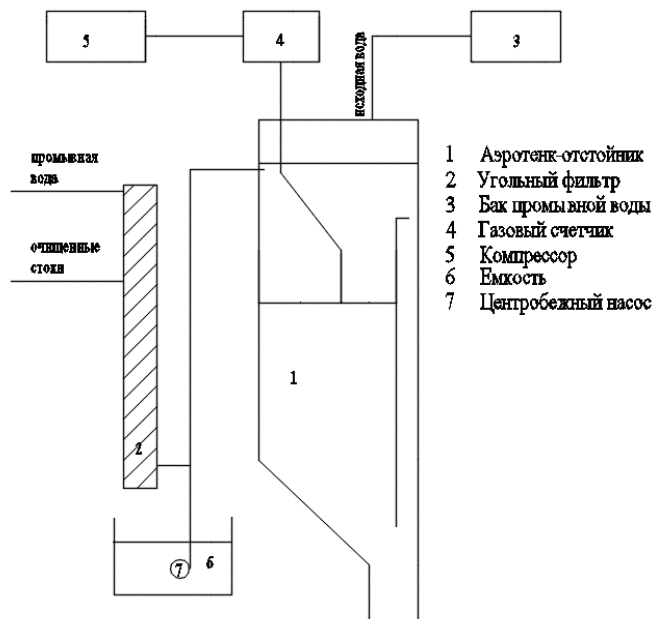
1. Исследование эффективной степени задержания взвешенных веществ в аэротенках-осветлителях с самообновляющимся взвешенным слоем по [6]. Исследования Д. В. Заворотного, которые в

настоящее время исчерпывают весь научно-практический опыт работы таких сооружений, не распространялись на указанный выше показатель.

2. Определение задерживающей способности дробленного антрацита в качестве загрузки зернистых фильтров доочистки и его илоемкости.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Для комплексного решения поставленных целей была собрана пилотная установка комплексной биологической очистки в аэротенке-осветлителе с эрлифтной системой аэрации и доочистки на дробленном антраците (рис. 1).



**Рисунок 1** – Фото и схема пилотной установки комплексной очистки сточных вод.

Исходная вода из ёмкости 3 подаётся в аэротенк-отстойник 1. Подача воздуха в аэротенк обеспечивается компрессором 5 и контролируется газовым счётчиком 4. Границей между осветлителем и отстойником является поверхность илоразделения, визуально наблюдаемая через прозрачные стенки корпуса 1 модели аэротенка-осветлителя. После очистки в аэротенке-осветлителе стоки отправляются проходить доочистку на угольном фильтре.

Скорость восходящего потока жидкости в осветлителе зависит от расхода жидкости, которая подаётся в сооружение. Фильтрация осуществлялась снизу вверх исходя из общеизвестных условий повышения грязеемкости зернистых фильтров.

Промывка осуществлялась также восходящим потоком повышенной интенсивности ( $15 \text{ л/с/м}^2$ ) в течение 7 минут.

Измерению подвергались: расход очищаемой жидкости, концентрация до фильтра, после фильтра с дробленной антрацитово́й загрузкой.

Эффективность аэротенка-осветлителя позволила поддерживать концентрацию взвешенных веществ на выходе из биореактора в пределах  $17...19 \text{ мг/л}$ .

Концентрация взвешенных веществ в фильтрате составляла  $3...4 \text{ мг/л}$ .

Не характерная для фильтров (высокая) концентрация остаточных загрязнений в данном случае может быть объяснена небольшой высотой фильтрующего слоя ( $25 \text{ см}$ ) на пилотной установке. Следует предположить, что при увеличении фильтрующего слоя до  $1 \text{ м}$  проскок частиц ила значительно снизится, что нуждается в проверке на полномасштабных сооружениях.

Снижение скорости фильтрования во времени представлено на рис. 2 и описано классической экспоненциальной зависимостью с достаточной степенью достоверности.

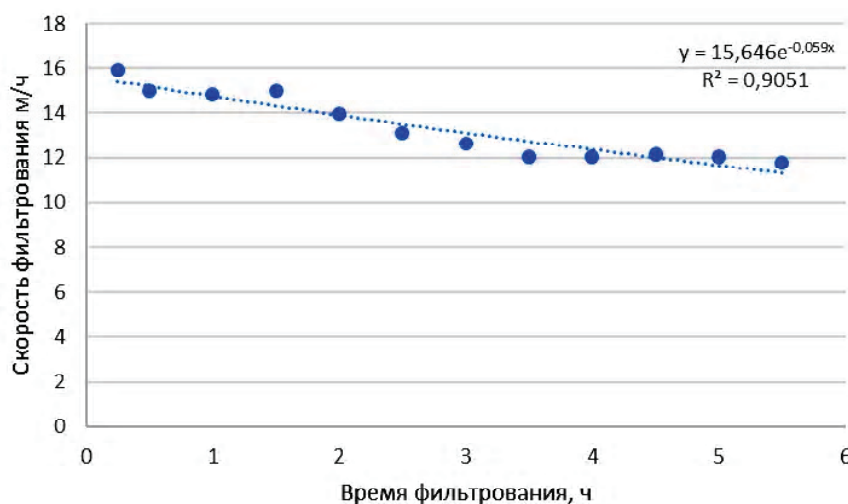


Рисунок 2 – Зависимость скорости фильтрации от продолжительности.

### ВЫВОДЫ

Полученные данные позволяют говорить о возможности работы зернистой загрузки из дробленного антрацита на доочистке сточных вод в системах с эрлифтными биореакторами в характерных для таких сооружений продолжительностях фильтроцикла.

Илоемкость зернистой загрузки для трех опытов составила 4,3...4,6 кг/м<sup>3</sup>, что также вполне приемлемо для зернистых фильтров.

Полученные данные позволяют говорить о перспективности использования дробленного антрацита в качестве фильтрующей загрузки при доочистке сточных вод в системах с эрлифтными биореакторами.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нездойминов, В. И. Концепция биологической очистки сточных вод с эрлифтными биореакторами [Текст] / В. И. Нездойминов [и др.]. – Новочеркасск : Лик, 2018. – С. 57–61.
2. Нездойминов, В. И. Биологическая очистка городских сточных вод с эрлифтными биореакторами-осветлителями [Текст] / В. И. Нездойминов, В. С. Рожков, Д. В. Заворотный // Строитель Донбасса. – 2018. – № 4 (5). – С. 17–21.
3. ИТС 10-2015 Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений городских округов [Электронный ресурс]. – Введ. 2016-07-01 // Электронный фонд правовой и нормативной технической документации. – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/1200128670>.
4. Жибоедов, А. В. Применение тканевых материалов в доочистке бытовых сточных вод. [Текст] / А. В. Жибоедов, В. И. Нездойминов, В. С. Рожков // Науковий вісник будівництва ХДТУБА. – 2010. – № 57. – С. 336–340.
5. Рожков, В. С. Определение параметров фильтрования природных вод на дробленном антраците [Электронный ресурс] / В. С. Рожков, Ю. Г. Акулова, Н. А. Гребенюк // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2018. – Вып. 2018-5(133) Инженерные системы и техногенная безопасность. – С. 73–78. – Режим доступа : [http://donnasa.ru/publish\\_house/journals/vestnik/2018/vestnik\\_2018-5\(133\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2018/vestnik_2018-5(133).pdf).
6. Заворотный, Д. В. Обеспечение циркуляции иловой смеси в аэротенках-отстойниках со взвешенным слоем [Текст] / Д. В. Заворотный, А. В. Жибоедов // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2016. – Вып. 2016-3(119) Здания и сооружения с применением новых материалов и технологий. – С. 186–189.

Получена 18.05.2020

В. С. РОЖКОВ, П. Є. ДЕМИНОВ, Ю. В. ВАСИЛЬЄВА  
 ДООЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД НА ПОДРІБНЕНОМУ АНТРАЦИТІ В  
 СИСТЕМАХ З ЕРЛІФТНИМ БІОРЕАКТОРОМ  
 ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** У статті наведені результати пошукових досліджень за ступенем ефективності затримання зважених речовин в аеротенках-освітлювачах з самооновлювальним зваженим шаром. Оцінено

можливість роботи зернистого завантаження з подрібненого антрациту на доочищення стічних вод в системах з ерліфтным біореактором в характерних для таких споруд тривалості фільтроциклу. Концентрація зважених речовин на виході з біореактора склала 17...19 мг/л, концентрація зважених речовин у фільтраті становила 3...4 мг/л. Отримані дані говорять про перспективність використання подрібненого антрациту як фільтрувального завантаження у разі доочищення стічних вод в системах з ерліфтным біореактором.

**Ключові слова:** зернистий фільтр, доочищення, подрібнений антрацит, фільтроцикл, стічні води, мулоємність.

## VITALII ROZHKOVA, PAVEL DYOMINOV, YULIA VASILYEVA WASTEWATER TREATMENT ON CRUSHED ANTHRACITE IN SYSTEMS WITH AIRLIFT BIOREACTOR

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The article presents the results of exploratory studies on the degree of effectiveness of the suspension of suspended solids in aeration tanks-clarifiers with a self-renewing suspended layer. The possibility of a granular loading operation from crushed anthracite on the wastewater treatment in systems with airlift bioreactors in filter cycle durations typical of such structures was evaluated. The concentration of suspended solids at the exit of the bioreactor was 17...19 mg/l, the concentration of suspended solids in the filtrate was 3...4 mg/l. The data obtained indicate the promise of using crushed anthracite as a filter charge for the treatment of wastewater in systems with airlift bioreactors.

**Key words:** granular filter, post-treatment, crushed anthracite, filter cycle, waste water, sludge consumption.

**Рожков Віталій Сергєєвич** – кандидат технічних наук, доцент кафедри водоснабження, водоотведення і охорони водних ресурсів ГОУ ВПО «Донбасська національна академія будівництва і архітектури». Научні інтереси: біологічна очистка стічних вод, оборотні системи водоснабження.

**Дёминов Павел Евгеньевич** – аспірант кафедри водоснабження, водоотведення і охорони водних ресурсів ГОУ ВПО «Донбасська національна академія будівництва і архітектури». Научні інтереси: доочистка стічних вод.

**Васильєва Юлія Вячеславівна** – аспірант кафедри водоснабження, водоотведення і охорони водних ресурсів ГОУ ВПО «Донбасська національна академія будівництва і архітектури». Научні інтереси: біологічна очистка стічних вод, біологічне видалення фосфору з стічних вод.

**Рожков Віталій Сергійович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: біологічна очистка стічних вод, оборотні системи водопостачання.

**Дьомінов Павло Євгенійович** – аспірант кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: доочищення стічних вод.

**Васильєва Юлія Вячеславівна** – аспірант кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: біологічна очистка стічних вод, біологічне видалення фосфору з стічних вод.

**Rozhkov Vitalii** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: biological wastewater treatment, reverse water supply systems.

**Dyominov Pavel** – post-graduate student, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: final treatment.

**Vasilyeva Yulia** – post-graduate student, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: biological wastewater treatment, biological removal of phosphorus from wastewater.

УДК 666.92

**А. В. КАНДАЕВ, В. Н. ГУБАРЬ**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОДОСТОЙКОСТИ РЕСТАВРАЦИОННЫХ РАСТВОРОВ**

**Аннотация.** В работе рассмотрены свойства известково-цементных композитов с использованием наполнителя. Приведены показатели нормальной густоты, расслаиваемости и водоудерживающей способности. Из результатов исследований следует, что введение наполнителя позволяет повысить степень наполнения цементного камня и оптимизировать насыщение цементного камня наполнителем, что позволяет снизить водопотребность и повысить прочность по сравнению с цементно-известковой композицией. Для штукатурных известковых смесей оптимальным является сокращение расхода извести на 40...50 % при введении наполнителя в количестве 80 % от заменяемой массы извести. Цементные штукатурные растворы с наполнителем имеют более низкое водопоглощение и меньшее падение прочности в водонасыщенном состоянии на 20...25 % в сравнении с цементно-известковыми растворами, что способствует повышению морозостойкости до 15 %.

**Ключевые слова:** реставрационные растворы, цементно-известковый раствор, адгезия.

Сохранение памятников архитектуры возможно с помощью грамотно проведенных реставрационных работ [1]. Опыт проведения таких работ постоянно развивается и совершенствуется.

При всем разнообразии реставрационных материалов, в том числе и к вяжущим материалам, предъявляются общие требования. Современные материалы, имеющие непосредственный контакт с подлинными материалами памятника, должны соответствовать им по ряду параметров. Они должны быть близкими к авторскому материалу по фактуре, микро- и макроструктуре, не изменять цвета материала памятника, иметь сопоставимые параметры по прочности и долговечности, должны обладать стойкостью к воздействиям атмосферы, биостойкостью, быть стабильными при длительной эксплуатации.

Поскольку древняя штукатурка выполнена на известковой основе, реставрация такого вида разрушений осуществляется путем инъектирования известково-водного раствора в образовавшиеся пустоты с последующим прижатием отставшей от основы штукатурки [2].

В соответствии со спецификой технологии реставрационных работ, а также с условиями службы и эксплуатационными свойствами используемых материалов к ним предъявляются специальные требования: инъекционные составы на основе извести должны обладать низкой вязкостью и одновременно низкими усадочными деформациями. В противном случае они будут плохо прокачиваться при заполнении ими полостей и отставать от поверхности кирпичной кладки в процессе твердения. Кроме того, они должны иметь высокую адгезионную прочность к кирпичной кладке, а собственную прочность и параметры капиллярно-пористой структуры, по возможности, наиболее близкими к древней штукатурке. Это обуславливает высокую прочность сцепления инъекционного слоя со стенками заполняемой ею полости, монолитность реставрируемого элемента, а также однородность его структуры и свойств.

Водоудерживающая способность – это способность приготовленной смеси удерживать воду во время укладки на его пористом основании. Смесь с хорошей водоудерживающей способностью частично отсасывает воду и уплотняется во время реставрационных работ, это делает смесь более прочной. Повышение этого свойства можно достичь добавлением наполнителей, высокодисперсных добавок, таких как зола, глина и т. д., а также заменой части цемента на известь.



Проведены исследования прочности композиций на цементах ПЦ 500, содержащих известь и наполнитель, с определением показателей нормальной густоты. Наполнитель вводили в количестве от 10 до 60 % от массы цемента. В качестве наполнителя использовали шлам водоочистки ТЭЦ – путем предварительной сушки и последующего измельчения. Испытания проводили на образцах-кубиках размером 20×20×20 мм. Результаты исследований приведены в табл. 1.

**Таблица 1** – Прочность и нормальная густота цементных композиций

№ состава	Расход		Прочность, МПа		Нормальная густота
	извести, % от массы цемента	наполнителя, % от массы цемента	7 суток	28 суток	
1	30	–	19,9 (100)	29,8 (100)	0,38
2	30	10	25,2 (125)*	39,1 (128)*	0,26
3	30	30	22,1 (110)	33,7	0,35
4	30	50	15,4 (78)	25,9 (91)	0,43
5	30	60	13,9 (68)	25,1 (86)	0,48

**Примечание:** \* – изменение прочности цементных композиций с наполнителем относительно цементно-известковой композиции, в %.

Анализ полученных результатов позволяет установить, что увеличение дозировки наполнителя ведет к повышению показателя нормальной густоты. Увеличение водопотребления в свою очередь приводит к снижению прочности цементных композиций с наполнителем.

Оптимальное количество наполнителя для штукатурных цементных и известковых растворов смесей определяли, основываясь на показателях прочности растворов, расслаиваемости и водоудерживающей способности растворов смесей. За контрольные принимали составы цементно-известковых штукатурных растворов марок М 50 и М 75 с расходом цемента 156 и 192 кг соответственно, а также известково-песчаный раствор с соотношением извести и песка 1:6, используемый для внутренних отделочных работ. Подвижность растворов смесей составляла 8 см. В исследованиях использовался наполнитель с наибольшим размером зерен 80 мкм. Результаты исследований приведены в табл. 2 и 3.

**Таблица 2** – Основные показатели качества штукатурных цементных растворов и растворов смесей

№ состава цемента	Марка контрольного состава	Расход на 1 м <sup>3</sup> , кг			В/Т	Прочность, МПа		Расслаиваемость, %	Водоудерживающая способность, %
		цемента	извести	наполнителя		7 сут	28 сут		
1	М50	155	96 (60*)	–	1,46	3,5	5,1	8,0	96,7
2		161	–	40 (30*/40")	1,69	3,4	4,5	9,7	95,9
3		158	–	59 (40/60)	1,50	3,9	5,3	8,1	96,4
4	М75	192	90 (50)	–	1,28	5,1	7,6	8,2	96,6
5		196	–	37(20/40)	1,48	4,4	7,1	9,5	95,8
6		192	–	89 (50/100)	1,36	5,2	7,6	8,5	96,1

**Примечание:** \* – процент ввода извести или наполнителя от расчетной массы цемента; " – процент ввода наполнителя от расчетной массы извести.

**Таблица 3** – Показатели качества известковых штукатурных растворов и растворов смесей

№ состава цемента	Расход, кг			Прочность, МПа		Расслаиваемость, %	Водоудерживающая способность, %
	извести	наполнителя	воды	7 сут.	28 сут.		
1	231	–	344	0,8	1,5	7,7	96,3
2	187	35 (20 %)	325	0,5	1,5	7,7	96,5
3	170	59 (30 %)	315	0,8	1,6	7,9	96,2
4	148	79 (40 %)	307	1,4	1,9	8,0	96,5
5	120	95 (45 %)	297	1,1	1,5	8,1	96,3
6	101	120 (60 %)	297	0,7	1,3	8,3	96,1

**Примечание:** \* – процент сокращения расхода извести по массе.

Водоудерживающая способность экспериментальных смесей возрастает по мере увеличения дозировки наполнителя. Основываясь на экспериментальных данных, можно сделать вывод, что по основным свойствам оптимальным является введение наполнителя в количестве 60...100 % от расчетной массы извести.

В известково-песчаных составах часть извести от 20 до 60 % заменяли наполнителем в количестве 80 % от сокращаемого расхода извести.

Анализ полученных результатов показал, что оптимальным является сокращение расхода извести на 40...50 % при введении наполнителя в количестве 80 % от сокращенного расхода извести. Кроме того, в процессе исследований установлено:

- усадочные деформации для цементно-известковых растворов составили 1,5...1,8 мм/м, для цементных с наполнителем – 0,7...1,1 мм/м;
- у известкового контрольного состава усадочные деформации равны 2,1 мм/м, а у известковых растворов с наполнителем показатели составили 1,2...1,4 мм/м;
- снижение усадочных деформаций на 40...60 % способствует формированию более однородной структуры, снижает вероятность появления микротрещин и тем самым повышает прочность штукатурных растворов, содержащих наполнитель.

Из проведенных исследований установлено, что изменение подвижности у штукатурных растворных смесей в сторону уменьшения показателя происходит значительно медленнее, чем у цементного, цементно-известкового составов, и достигло 5 см только через 6–8 часов после начала испытаний.

При производстве штукатурных работ важным показателем растворных смесей является жизнеспособность. С целью выяснения срока возможного применения растворных смесей с наполнителем оценивалось изменение подвижности с течением времени. По экспериментальным данным испытаний построены зависимости, иллюстрирующие изменение подвижности штукатурных растворных смесей от времени проведения испытаний (рисунок).

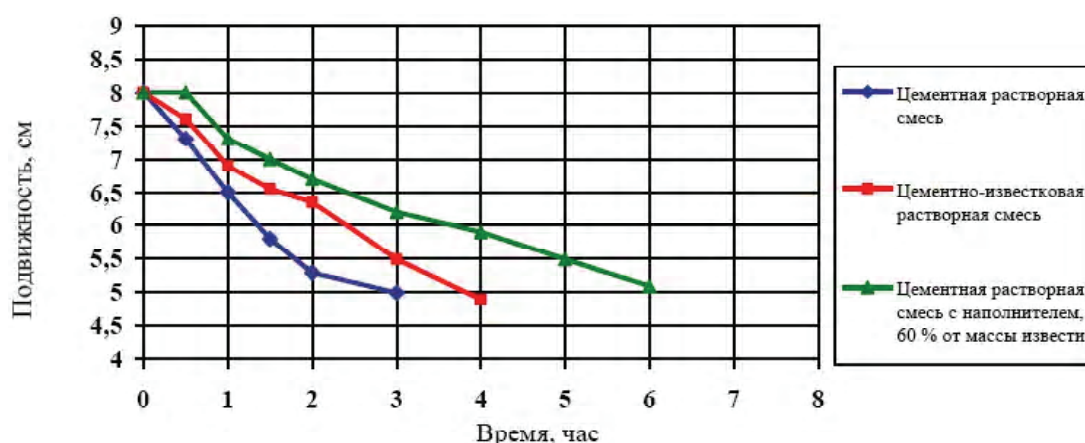


Рисунок – Изменение подвижности штукатурных растворных смесей с течением времени.

Интенсивное изменение подвижности у штукатурных смесей объясняется не только более низкой первоначальной подвижностью, но и большим количеством цемента в штукатурных составах.

## ВЫВОДЫ

Из результатов исследований следует, что введение наполнителя позволяет повысить степень наполнения цементного камня и оптимизировать насыщение цементного камня наполнителем, что позволяет снизить водопотребность и повысить прочность по сравнению с цементно-известковой композицией.

Для штукатурных известковых смесей оптимальным является сокращение расхода извести на 40...50 % при введении наполнителя в количестве 80 % от заменяемой массы извести.

Присутствие наполнителя в штукатурных цементных составах позволяет увеличить жизнеспособность растворных смесей в 1,5–2,0 раза. Цементные штукатурные растворы с наполнителем имеют более низкое водопоглощение и меньшее падение прочности в водонасыщенном состоянии на 20...25 %

в сравнении с цементно-известковыми растворами, что способствует повышению морозостойкости до 15 %.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современный облик памятников прошлого (Историко-художественные проблемы реставрации памятников архитектуры) [Текст] / Под ред. А. С. Щенкова. – М.: Стройиздат, 1983. – 187 с.
2. Ржаницын, Б. А. Общее состояние научных работ по устранению влажности в монументальных зданиях [Текст] / Б. А. Ржаницын // Научный совет по охране памятников культуры. – Вып. V. – Москва: [б. и.], 1970. – С. 1–8.
3. Орехов, С. А. Повышение водоотталкивающих свойств отделочных покрытий на основе строительных растворов [Текст] / С. А. Орехов // Вестник ОГУ. – 2011. – № 4. – С. 189–191.
4. Микульский, В. Г. Строительные материалы (материаловедение и технология) [Текст]: учеб. пособие / В. Г. Микульский. – М.: ИАСВ, 2002. – 536 с.
5. Лесовик, В. С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса [Текст] / В. С. Лесовик. – М.: Изд-во АСВ, 2006. – 526 с.

Получена 19.05.2020

А. В. КАНДАЄВ, В. М. ГУБАР  
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВОДОСТІЙКОСТІ РЕСТАВРАЦІЙНИХ  
РОЗЧИНІВ  
ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

**Анотація.** У роботі розглянуті властивості вапняно-цементних композитів з впровадженням наповнювача. Наведено показники нормальної густоти, розшарованості та водоутримувальної здатності. З результатів досліджень випливає, що введення наповнювача дозволяє підвищити ступінь наповнення цементного каменю і оптимізувати насичення цементного каменю наповнювачем, що дозволяє знизити водопотребу і підвищити міцність в порівнянні з цементно-вапняною композицією. Для штукатурних вапняних сумішей оптимальним є скорочення витрат вапна на 40...50 % при введенні наповнювача в кількості 80 % від заміної маси вапна. Цементні штукатурні розчини з наповнювачем мають більш низьке водопоглинання і менше падіння міцності у водонасиченому стані на 20...25 % в порівнянні з цементно-вапняними розчинами, що сприяє підвищенню морозостійкості до 15 %.

**Ключові слова:** реставраційні розчини, цементно-вапняний розчин, адгезія.

ANTON KANDAEV, VICTOR GUBAR  
COMPARATIVE ANALYSIS OF THE WATER RESISTANCE OF RESTORATION  
SOLUTIONS  
Donbas National Academy of Construction and Architecture

**Abstract.** The paper considers the properties of lime-cement composites with the introduction of filler. Indicators of normal density, separability and water retention capacity are given. From the research results it follows that the introduction of filler can increase the degree of filling of cement stone and optimize the saturation of cement stone with filler, which reduces water demand and increase strength compared to cement-lime composition. For stucco lime mixtures, it is optimal to reduce the consumption of lime by 40...50 % with the introduction of filler in the amount of 80 % of the replaced mass of lime. Cemented stucco mortars with a filler have lower water absorption and a lower drop in strength in a water-saturated state by 20...25 % in comparison with cement-lime mortar, which increases frost resistance up to 15 %.

**Key words:** restoration mortars, cement-lime mortar, adhesion.

**Кандаев Антон Владимирович** – магистрант кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование современных строительных материалов в реставрационных работах.

**Губарь Виктор Николаевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: неразрушающий контроль бетона строительных конструкций.

**Кандаєв Антон Володимирович** – магістрант кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання сучасних будівельних матеріалів в реставраційних роботах.

**Губар Віктор Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: неруйнівний контроль бетону будівельних конструкцій.

**Kandaev Anton** – master's student, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: use of modern building materials in restoration work.

**Gubar Victor** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: nondestructive testing of concrete building structures.

UDC 691.5

**OLEG PSHENICHNYKH, NINA MIKLASHEVICH**

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

## **RESISTANCE OF MODIFIED BREAKSTONE TO MASTIC ASPHALT CONCRETE TO WHEEL TRACK RUTTING**

**Abstract.** Comparative results of the study of rutting resistance of breakstone asphalt concrete modified with ethylene glycidyl acrylate of the «Elvaloy-AM» brand are presented. It is shown that a complex modification of the structure of asphalt concrete with ethylene glycidyl acrylate Elvaloy-AM and polyphosphoric acid can significantly improve the deformation-strength properties of breakstone-mastic asphalt concrete. It was established that after over 20 thousand wheel passes along one track, the track depth of the traditional crushed stone mastic asphalt concrete was 2.5 mm, and that of the complex-modified structure was 1.5 mm.

**Key words:** breakstone mastic asphalt concrete, polymer modifier, structure, rut-resistance

### **PROBLEM STATEMENT**

The main material for the construction of non-rigid pavement coatings for roads is asphalt mixtures. In works [1–2], it was shown that in the process of operation asphalt concrete in the road structure and, especially, in the upper coating layer, is subjected to dynamic and long-term static loads from the traffic flow, temperature and humidity, and various effects of aggressive environments.

To increase the durability of asphalt, petroleum road bitumen is modified with polymeric additives and surfactants [3–6], for example, ethylene glycidyl acrylate in combination with polyphosphoric acid. It is assumed that modified asphalt concrete will have increased durability under the influence of various aggressive environments, since the introduction of a modifier containing glycidyl functional groups will activate surface mineral materials, making it inaccessible to absorbable moisture.

The introduction of a small amount of ethylene glycidyl acrylate into the initial bitumen gives it elastic properties and leads to an increase in the softening temperature of the bitumen binder. Cohesion increases significantly and adhesion to mineral materials increases. Unlike SBS polymers that are physically dispersed in bitumen, Elvaloy physically and chemically reacts with the bitumen asphaltogenic acids. After bitumen modification with Elvaloy polymer, delamination does not occur, due to which long-term storage and transportation of a bitumen polymer binder at technological temperatures is possible [4].

It was established [5] that when the Elvaloy-AM polymer and polyphosphoric acid are contained in an organic binder, a reticulated spatial structure is formed from molecules and supramolecular formations of terpolymer as a result of hydration, condensation, and cationic polymerization of active protons of polyphosphoric acid with glycidyl groups of ethylene glycidyl acrylate as well as with bitumen reaction groups (esterification of hydroxyl- and carboxyl-containing components).

Comprehensive modification of asphalt concrete allows increasing the density of the material and improving its physical and mechanical and deformation-strength characteristics. It leads to a decrease in depth, pores and defects in the upper layers of pavement. At the same time, the shear resistance of asphalt-polymer concrete modified with ethylene glycidyl acrylate has not been adequately studied.

The aim of the work is to study the effect of complex modification of petroleum road bitumen with ethylene glycidyl acrylate together with polyphosphoric acid and mineral materials on the resistance of asphalt concrete to wheel track rutting.

The object of research is breakstone – mastic asphalt concrete. As an organic binder, road oil bitumen 60/90 and bitumen modified with ethylene glycidyl acrylate grade in combination with polyphosphoric acid were used.

Bitumen-polymer binder was prepared as follows:

Mixing bitumen-polymer binder was carried out for one hour. 0.2 % by weight of bitumen was added to the bitumen-polymer astringent polyphosphoric acid. The mixing time of the composition «bitumen-polymer binder – polyphosphoric acid» was 30 minutes. When modifying mineral materials (breakstone, sand and mineral powder), a solution of ethylene glycidyl acrylate in unleaded gasoline was prepared. Mineral materials were surface activated with a 0.7 % ethylene glycidyl acrylate solution.

Physico-mechanical properties of organic binders are shown in table.

**Table** – Physical and mechanical properties of organic binders

Indicator Names	All Union State Standard Requirements	Standard bitumen	PRB 60/90 + 2 % Elvaloy-AM + 0.2 % PhA – 105
Needle penetration depth, $\times 0.1$ mm at 25 °C at 0 °C	61-90 no less 20	80 30	52 16
Stretch, cm at 25 °C at 0 °C	no less 5.5 no less 3.5	72.8 8.2	59 13
The softening temperature of the ring and ball, °C	no less 47	48.1	54
Fragility temperature, °C	no higher minus 15	minus 14	minus 15

### ANALYSIS OF THE RESULTS

Samples of breakstone mastic asphalt concrete with a size of 40×320×260 mm were tested. The sample was impacted by repeatedly driving wheels of a certain size and shape with a constant vertical load of 0.7 MPa at the temperature of 60 °C. Thus, the process of rut formation was imitated under actual operating conditions on the road. At the same time, the process of deformation development was recorded depending on the number of cycles of the driveways.

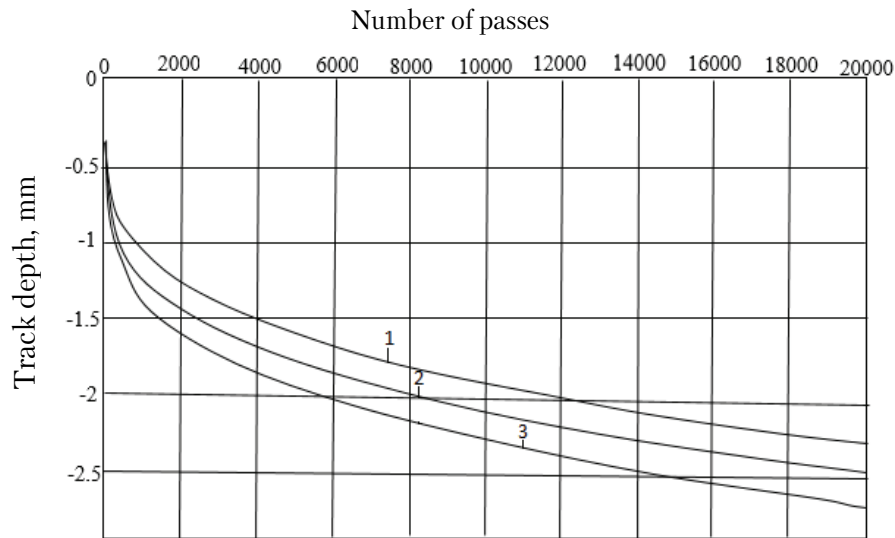
The research results showed that the introduction of polymer additives into bitumen and the surface activation of mineral materials (breakstone, sand, mineral powder) with a polymer can reduce the rut depth in the pavement. A sample of breakstone mastic asphalt concrete with a complex-modified structure has a smaller depth compared to conventional breakstone mastic asphalt concrete. After 20 thousand wheel passes along one track, the track depth of the initial sample prepared from standard asphalt mix was 2.5 mm, and that of the complex-modified structure was 1.5 mm.

The test results are shown in Figures 1, 2.

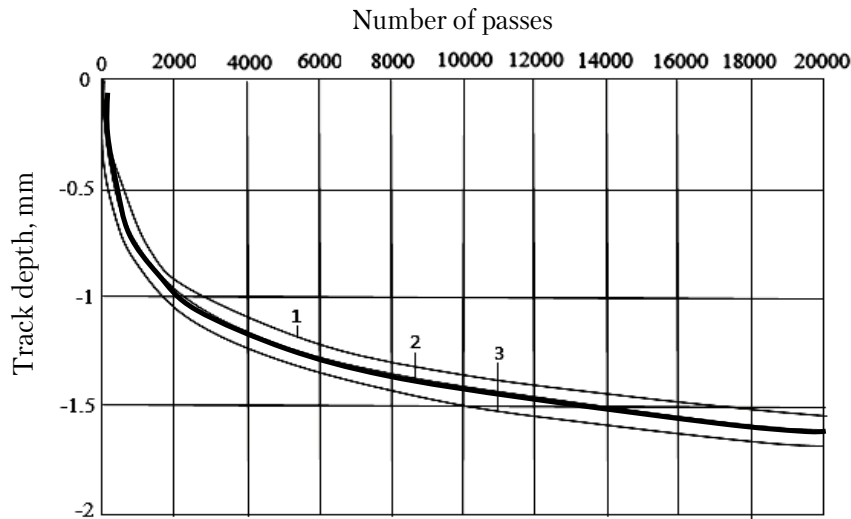
In addition, the rate of formation of a track of asphalt concrete with a complex-modified structure is three times lower than that of the classical composition of breakstone-mastic asphalt concrete and amounts to 0.02 mm / 10 000 cycles of wheel passage in the first case and 0.06 mm in the second case. Consequently, during the operation of asphalt concrete in the complex-modified ethylene glycidyl acrylate coating, plastic deformations in the upper layer will be much slower and the maximum allowable track formed due to plastic deformations will be reached by a factor of three in comparison with the standard composition. This circumstance allows us to guarantee an increase in the overhaul life of non-rigid pavement coatings.

### CONCLUSIONS

A complex modification of the structure of asphalt concrete with Elvaloy-AM ethylene glycidyl acrylate and polyphosphoric acid improved the deformation and strength properties of breakstone-mastic asphalt concrete, which increased the rut resistance of modified concrete by more than 60 % compared to traditional breakstone-mastic asphalt.



**Figure 1** – Standard breakstone mastic asphalt concrete: 1 – left test sample, 2 – average value, 3 – right test sample.



**Figure 2** – Breakstone mastic asphalt concrete with a complex-modified structure: 1 – left test sample, 2 – average value, 3 – right test sample.

## REFERENCES

1. Модифицированные битумные вяжущие, специальные битумы с добавками в дорожном строительстве [Текст] : монография / под общ. ред. д. т. н. В. А. Золотарева, д. т. н. В. И. Братчуна ; Всемирная дорожная ассоциация, Технический комитет «Нежесткие дороги» (С8) ; Перевод изд. с фр. д. т. н. В. А. Золотарева, инж. Л. А. Беспаловой. – Харьков : Изд-во ХНАДУ, 2003. – 229 с.
2. Теоретико-экспериментальные принципы получения дорожных бетонов на органических вяжущих повышенной долговечности с комплексно-модифицированной структурой [Текст] / В. И. Братчун, В. Л. Беспалов, М. К. Пактер, Е. Э. Самойлова и др. // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. – 2012. – Вип. 2012-1(93) Сучасні будівельні матеріали. – С. 25–40.
3. Исследования влияния различных полимеров и пластификаторов на свойства битума БНД 60/90 и асфальтобетона на его основе [Текст] / В. В. Ядыкина, А. М. Гридчин, А. И. Траутвайн, В. И. Вербкин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2015. – № 6. – С. 40–45.
4. Полимерно-битумные вяжущие и асфальтобетоны на основе битумов, модифицированных Элвалоем [Текст] / В. А. Золотарев, С. В. Ефремов, Я. И. Пыриг, С. А. Чугуенко // Вестник Харьковского автомобильно-дорожного университета. – 2002. – № 19. – С. 88–93.

5. Самойлова, Е. Э. Дорожные асфальтобетоны с комплексно-модифицированной микроструктурой с использованием реакционно-способного термопласта Элвалой АМ [Текст] : дис. ... канд. тех. наук : 05.23.05 / Самойлова Елена Эдуардовна. – Макеевка : ДонНАСА, 2007. – 171 с.
6. Мозговой, В. В. Экспериментальная оценка устойчивости асфальтобетонного покрытия к образованию колеи [Текст] : каталог-справочник / В. В. Мозговой, А. Н. Онищенко, А. В. Прудкий // Дорожная техника. – СПб, 2010. – С. 114–128.

Получена 20.05.2020

**О. А. ПШЕНИЧНЫХ, Н. В. МИКЛАШЕВИЧ**  
**УСТОЙЧИВОСТЬ МОДИФИЦИРОВАННОГО ЩЕБЕНОЧНО-**  
**МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА К ОБРАЗОВАНИЮ КОЛЕИ**  
**ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»**

**Аннотация.** Приведены сравнительные результаты исследования колеестойкости щебеночно-мастичных асфальтобетонов, модифицированных этиленглицидиакрилатом марки «Elvaloy-AM». Показано, что комплексная модификация структуры асфальтобетона этиленглицидиакрилатом Elvaloy-AM и полифосфорной кислотой позволяет значительно улучшить деформационно-прочностные свойства щебеночно-мастичных асфальтобетонов. Установлено, что за 20 тысяч проходов колеса по одному следу глубина колеи образца у традиционного щебеночно-мастичного асфальтобетона составила 2,5 мм, а образца с комплексно-модифицированной структурой – 1,5 мм.

**Ключевые слова:** щебеночно-мастичный асфальтобетон, полимерный модификатор, структура, колеестойкость.

**О. О. ПШЕНИЧНИХ, Н. В. МІКЛАШЕВИЧ**  
**СТІЙКІСТЬ МОДИФІКОВАНОГО ЩЕБЕНЕВО-МАСТИКОВОГО**  
**АСФАЛЬТОБЕТОНУ ДО УТВОРЕННЯ КОЛІЇ**  
**ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»**

**Анотація.** Наведено порівняльні результати дослідження колієстійкості щебеневом-мастикових асфальтобетонів, модифікованих етиленгліцидиакрилатом марки «Elvaloy-AM». Показано, що комплексна модифікація структури асфальтобетону етиленгліцидиакрилатом Elvaloy-AM і поліфосфорною кислотою дозволяє значно поліпшити деформаційно-міцнісні властивості щебеневом-мастикових асфальтобетонів. Встановлено, що за 20 тисяч проходів колеса по одному сліду глибина колії зразка у традиційного щебеневом-мастичного асфальтобетону склала 2,5 мм, а зразка з комплексно-модифікованою структурою – 1,5 мм.

**Ключові слова:** щебеневом-мастиковий асфальтобетон, полімерний модифікатор, структура, колієстійкість.

**Пшеничных Олег Александрович** – ассистент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: комплексно-модифицированные асфальтополимербетоны, армированные полимерными волокнами.

**Миклашевич Нина Васильевна** – кандидат педагогических наук, доцент; заведующая кафедрой иностранных языков и педагогики высшей школы ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: методика преподавания иностранных языков, педагогика.

**Пшеничних Олег Олександрович** – асистент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: комплексно-модифіковані асфальтополімербетони, що армовані полімерними волокнами.

**Міклашевич Ніна Василівна** – кандидат педагогічних наук, доцент; завідувач кафедри іноземних мов і педагогіки вищої школи ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: методика викладання іноземних мов, педагогіка.



**Pshenichnykh Oleg** – assistant, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: complex modified asphalt – polymer concrete reinforced with polymer fibers.

**Miklashevich Nina** – Ph. D. (Pedagogical), Associate Professor, Head of Foreign Languages and High School Pedagogy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: methods of foreign language teaching, pedagogy.

УДК 69.001.7

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

## **РОЛЬ ЭКОНОМИИ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

**Аннотация.** Прогнозирование влияния достижений научно-технического прогресса на материалоемкость строительства – одна из проблем, правильное решение которой позволяет осуществлять сбалансированную увязку производства и потребления основных видов материальных ресурсов. Для оптимального решения всего комплекса задач необходима разработка и внедрение методов их сбалансированной взаимосвязи, а также технико-экономическое обоснование принимаемых решений. Важнейшей задачей строительной отрасли является проблема снижения материалоемкости, которая оказывает существенное влияние на сметную стоимость строительства. Основными факторами при этом являются: трудоемкость, материалоемкость и фондоемкость продукции. В статье рассмотрены основные пути повышения эффективности капитальных вложений при снижении материалоемкости строительства.

**Ключевые слова:** материалоемкость, эффективность, реконструкция, сбалансированность.

Исходя из того, что главным в развитии экономики является удовлетворение той или иной общественной потребности, в частности потребности в продукции строительства, особое значение имеет правильное понимание задач снижения материалоемкости продукции строительства. Предложенное толкование понятия материалоемкости строительства четко определяет также перспективное направление эффективного развития строительства, связанное со снижением трудоемкости и материалоемкости строительства, в частности за счет внедрения научно-технического прогресса. Экономия затрат на создание продукции строительства складывается из экономии живого труда (трудозатрат в сфере строительного производства) и овеществленного (прошлого) труда (материалов, топлива, энергии, амортизации машин и механизмов).

Важнейшим направлением повышения эффективности капитальных вложений и снижения материалоемкости строительства является совершенствование планирования.

За прошедшие годы в научно-исследовательских и проектных институтах Украины и Донбасса выполнены значительные исследования, направленные на разработку технико-экономических принципов снижения материалоемкости строительства как одного из основных критериев повышения экономической эффективности применения строительных материалов и конструкций. Создание этих принципов основывалось на решении ряда частных взаимосвязанных задач. Главными из них являются:

- выявление роли и места фактора снижения материалоемкости строительной продукции в общей проблеме повышения экономической эффективности строительства и капитальных вложений в целом;
- определение методического подхода к измерению показателя материалоемкости, характеризующего в конечном счете суммарные затраты овеществленного труда на создание сопоставимой по потребительским качествам строительной продукции;
- экономическое обоснование важнейших направлений научно-технического прогресса в части совершенствования проектных решений зданий и сооружений, расширения применения прогрессивных материалов и конструкций, эффективного использования отходов промышленности и сельского хозяйства, повышения качества и долговечности строительной продукции как основы снижения материалоемкости в строительстве;

– определение потребности строительства в основных видах материальных ресурсов, разработка балансовых методов выявления рациональных структур их применения и определение экономически целесообразных вариантов использования взаимозаменяемых материалов и конструкций. Все это является основой научного прогнозирования материалоемкости продукции строительства и создания прогрессивных нормативов расхода материальных ресурсов.

Как видно из очень краткого перечня вопросов, проведен большой объем работ по технико-экономическому обоснованию важного направления технического развития строительства.

Основным критерием более эффективного использования материальных ресурсов является сокращение их расхода на равноценную единицу продукции строительства. В качестве обобщающих измерителей снижения материалоемкости могут использоваться:

- снижение суммарной стоимости расходуемых в строительстве первичных материалов;
- сокращение массы ресурсов, расходуемых на 1 млн руб. строительно-монтажных работ (с учетом выхода физических объемов строительной продукции на единицу сметной стоимости).

Снижение материалоемкости строительства в значительной мере находят свое отражение в уменьшении массы строительных конструкций. Этот фактор непосредственно влияет на снижение затрат при транспортировании строительных грузов, возможность увеличения монтажных размеров конструкций и связанное с этим сокращение трудоемкости строительно-монтажных работ.

Все составляющие показателей материалоемкости строительства должны быть оценены с учетом экономической эффективности применения взаимозаменяемых материалов и конструкций. Опыт экономических и исследований и обоснований показывает, что для решения этих задач наиболее рационально провести расчеты сравнительной экономической эффективности и обоснование на их основе решений, обеспечивающих достижение поставленных целей при наименьших затратах. При этом следует подчеркнуть, что строительство является одним из важнейших звеньев в общей системе общественного производства, а его эффективность должна оцениваться с народнохозяйственных позиций.

Народнохозяйственный эффект от внедрения научно-технических достижений в строительстве выражается в совокупной экономии живого труда (непосредственно в сфере строительного производства) и средств производства (сырья, материалов, конструкций, машинной техники, инвентаря и оснастки). Следует подчеркнуть, что строительное производство является одной из стадий общественного производства и поэтому понятие его эффективности не может рассматриваться в отрыве от народнохозяйственной эффективности строительной продукции (здания, сооружения) в целом.

При расчетах сравнительной экономической эффективности учитываются все затраты, которые несет общество на создание и последующую эксплуатацию продукции строительства. Суммы затрат на всех стадиях общественного производства и эксплуатации определяются по формуле приведенных затрат.

Снижение материалоемкости строительства входит в число важнейших заданий строительной отрасли.

Значимость проблемы определяется тем, что строительство является одной из самых материалоемких отраслей народного хозяйства. В строительстве используется более 20 % вырабатываемых в стране черных металлов, около 80 % цемента, более 30 % древесины, 11 % полимеров и синтетических смол.

Материальные ресурсы оказывают определяющее влияние на сметную стоимость строительства: в структуре затрат на производство строительно-монтажных работ затраты на материалы и конструкции составляют 53 %. Строительство потребляет примерно 12 % продукции сферы материального производства по ее стоимости и около 35 % по массе.

Снижение материалоемкости строительства на 1 % должно привести к значительному сокращению стоимости строительно-монтажных работ.

Вот почему снижение материалоемкости строительства является важнейшим фактором повышения его эффективности, главным резервом роста эффективности капитальных вложений в целом и первоочередной задачей, поставленной перед строительной отраслью.

Основной линией экономического развития Украины и Донбасса на ближайшие годы и на длительную перспективу становится всесторонняя интенсификация и повышение эффективности производства. Суть проблемы состоит в том, чтобы на каждую единицу затрат – трудовых, материальных и финансовых – добиться существенного увеличения объема производства и национального дохода. Эффективность капитальных вложений определяется сопоставлением эффекта и затрат.

Каковы же роль и место фактора снижения материалоемкости строительства в общей проблеме повышения эффективности капитальных вложений?

При определении эффективности капитальных вложений анализируются факторы, влияющие на ее величину: трудоемкость, материалоемкость продукции, фондоемкость продукции.

Таким образом, материалоемкость продукции является одним из факторов эффективности капитальных вложений. Ее уменьшение высвобождает в народном хозяйстве дополнительные ресурсы средств производства, и прежде всего предметов труда, тогда как рост вызывает увеличение затрат этих ресурсов. Весьма важно в связи с этим уменьшить вес (массу) продукции отраслей материального производства. Как правило, большой вес изделий отнюдь не свидетельствует об их высоких технических качествах. Наоборот, признаком более высокого технического совершенства конструктивных решений справедливо считается выпуск более легких изделий. В равной мере это относится также ко всем строящимся зданиям и сооружениям.

Основными путями повышения эффективности капитальных вложений при снижении материалоемкости строительства являются [1, 2, 5]:

1. *Совершенствование отраслевой структуры капитальных вложений.* От правильного решения структурных проблем во многом зависят темпы экономического роста. Обеспечение эффективной структуры производства означает прежде всего преимущественное развитие наиболее прогрессивных отраслей. Это, в конечном итоге, значительно повышает производительность труда, снижает себестоимость продукции и сокращает затраты материальных ресурсов на создание новых основных фондов.

2. *Совершенствование воспроизводственной структуры капитальных вложений.* Как показывает практика, такой путь особенно эффективен. Он позволяет повысить выпуск продукции, как правило, без расширения производственных площадей, с меньшими затратами и в более короткие сроки по сравнению с новым строительством. При реконструкции предприятий в ряде отраслей удельные капитальные вложения уменьшаются по сравнению с новым строительством на 8...10 %, существенно сокращаются сроки окупаемости вложенных средств, а дополнительную продукцию предприятие может произвести при сравнительно меньшем росте численности рабочих.

Необходимо полнее и глубже использовать преимущества реконструкции и технического перевооружения действующих предприятий.

3. *Совершенствование межотраслевых связей.* Непременным условием повышения эффективности капитальных вложений служит совершенствование межотраслевых и внутриотраслевых связей производства. Они служат средством обеспечения ввода в действие технологически связанных между собой объектов, а также предприятий-поставщиков и предприятий-потребителей их продукции в установленной последовательности и в запланированные сроки. От этого зависят полнота и своевременность освоения новых мощностей.

4. *Совершенствование планирования капитального строительства.* Качественно новым этапом совершенствования планирования управления народным хозяйством является разработка перспективных планов (прогнозов). При этом принимаются во внимание результаты анализа выполнения соответствующих планов за предыдущий период, изучаются дополнительные потребности, рассматриваются возможности и масштабы использования новых достижений науки и техники, выявленных ресурсов и резервов. В строительстве подобного рода поправки вызываются, например, уточнением заданий в результате ускорения ввода в действие и освоения производственных мощностей, улучшением проектных решений, пересмотром норм проектирования, сметных норм, цен и т. п. К сожалению, сейчас в Украине такое планирование практически не ведется.

Развитие научной обоснованности планов – означает усиление экономических методов руководства хозяйством. Ключевой проблемой научного обоснования долгосрочных и текущих планов служит достижение сбалансированности между производством и обеспечением его рабочей силой, сырьем, материалами, энергией и другими ресурсами.

5. *Ускорение научно-технического прогресса.* Оно направлено на обеспечение кардинального повышения производительности труда на основе широкого и ускоренного внедрения в практику достижений науки, техники, передового опыта.

Эти задачи в полной мере относятся и к строительству, обеспечивающему дальнейший рост и качественное совершенствование основных фондов, быстрейший ввод в действие и освоение новых производственных мощностей во всех отраслях народного хозяйства. Продукция строительства – подготовленные к вводу в эксплуатацию, вновь построенные или реконструированные здания и сооружения для всех отраслей народного хозяйства – должна в полной мере отвечать требованиям научно-технического прогресса в этих отраслях, соответствовать лучшим современным образцам и удовлетворять как текущие, так и перспективные потребности народного хозяйства [4]. Программно-целевой подход к решению проблемы снижения материалоемкости строительства определяется

системой технических, организационных и экономических мероприятий, характеризующих научно-технический прогресс в отраслях народного хозяйства, для которых создается продукция строительства [3].

В строительной науке нет единого мнения по вопросу определения понятия материалоемкости строительства, что затрудняет выработку единой технической и экономической политики по проблеме снижения материалоемкости строительства.

В «Методических указаниях по разработке государственных планов экономического и социального развития России» материалоемкость определяется как отношение всей совокупности текущих материальных затрат в стоимостном выражении (без амортизации) к объему совокупного общественного продукта [4, 6].

В данной связи нельзя не согласиться с точкой зрения ряда экономистов, которые предлагают судить о материалоемкости строительства, как о показателе доли материальных затрат в стоимости продукции строительства.

Все многообразие тенденций материалоемкости строительства не может быть охвачено только одним измерителем – стоимостным, натуральным или смешанным. Поэтому измерение только одного показателя – стоимостного или натурального, взятого изолированно, вне общей системы показателей использования материальных ресурсов строительства, еще не характеризует всей совокупности процессов формирования материалоемкости строительства.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, повышение эффективности строительства и эффективности капитальных вложений в целом находятся в прямой зависимости от снижения материалоемкости строительства.

Прогнозирование влияния научно-технического прогресса на снижение материалоемкости строительства и реализация этих прогнозов в практике проектирования и строительства является важной научной и практической задачей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апарин, И. Л. Экономика индустриализации строительства [Текст] / И. Л. Апарин // Экономика строительства. – 1985. – № 3. – С. 16–21.
2. Левченко, В. Н. Экономика материальных ресурсов в строительной отрасли [Текст] / В. Н. Левченко // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. – 1999. – Вип. 99-5(19) Економіка України і Донецького регіону в контексті ринкових трансформацій. – С. 80–83.
3. Методы прогнозирования и перспективного планирования межотраслевого строительного комплекса [Текст] / НИИЭС экономики и управления стр-вом. – М. : НИИЭС экономики и управления стр-вом, – 2001. – 206 с.
4. Методические указания по определению прогрессивных удельных показателей материалоемкости проектируемых объектов строительства [Текст] / ЦНИИ экономики и управления стр-вом ; [Исполнители Т. Л. Зиначева и др.]. – М. : ЦНИИЭУС, 1999. – 27 с.
5. Ивашенко, Л. М. Направления снижения материалоемкости строительства [Текст] / Л. М. Ивашенко // Развитие экономических методов управления научно-техническим прогрессом в области строительства : сб. науч. тр. / НИИЭС экономики и управления стро-вом; [науч. ред. Э. С. Паперно, В. С. Клебанер]. – М. : НИИЭС экономики и управления стро-вом, 1995. – С. 16–27.
6. Шагин, А. Л. Реконструкция зданий и сооружений [Текст] : учебное пособие для строительных вузов / А. Л. Шагин. – М. : Высшая школа, 1991. – 352 с.

Получена 20.05.2020

**В. М. ЛЕВЧЕНКО, В. М. ЗАВЯЛОВ, М. О. НЕВГЕНЬ, О. О. ЧИПИЖКО**  
**РОЛЬ ЕКОНОМІЇ МАТЕРІАЛЬНИХ РЕСУРСІВ В БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ**  
**ДОО ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»**

**Анотація.** Прогнозування впливу досягнень науково-технічного прогресу на матеріалоемність будівництва – одна з проблем, вірне рішення якої дозволяє здійснювати збалансовану ув'язку виробництва та споживання основних видів матеріальних ресурсів. Для оптимального рішення всього комплексу задач необхідна розробка і впровадження методів їх збалансованої взаємозв'язки, а також техніко-економічного обґрунтування прийнятих рішень. Важливим завданням будівельної галузі є проблема зниження матеріалоемності, яка суттєво впливає на кошторисну вартість будівництва. Основними

чинниками при цьому є: трудоемність, матеріалоемність і фондоємність продукції. У статті розглянуті основні шляхи підвищення ефективності капітальних вкладень при зниженні матеріалоемності будівництва.

**Ключові слова:** матеріалоемність, ефективність, реконструкція, збалансованість.

VIKTOR LEVCHENKO, VYACHESLAV ZAVIALOV, NIKOLAI NEVGEN,  
ALEKSANDR CHIPIZHKO  
THE ROLE OF MATERIAL RESOURCES ECONOMY IN CONSTRUCTION  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The predicting of the impact of scientific and technological progress on the materials consumption in construction is one of the major problems for present days. Its correct solution allows to balance the coordination between production and consumption of the main types of material resources. For the optimal solution of all complex problems it is necessary to develop and implement methods for their balanced interdependences as well as a taking into account the feasibility of made decisions. The main principle of the construction industry is the problem of material capacity decrease effecting significantly on cost estimate of civil engineering. The main factors are the labour content, material capacity and funding of production. The paper deals with the main principles of efficacy in capital investment at decreasing of material capacity in engineering.

**Key words:** material capacity, efficacy, reconstruction, balance.

**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.

**Завялов Вячеслав Николаевич** – 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.

**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.

**Чипижко Александр Александрович** – магистрант 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.

**Завялов В'ячеслав Миколайович** – 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.

**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.

**Чипіжко Олександр Олександрович** – магістрант 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 the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

**Zavialov Vyacheslav** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Reinforced Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and 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.

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

UDC 624.151.2

**NIKOLAI VATIN, RENAT NURMUKHMETOV**

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

**FIBERGLASS MICRO PILE REINFORCING SOFT CLAYS**

**Abstract.** Influence of reinforcing FRP elements on the soft clays is investigated. Fiberglass helical pile was designed and produced by Composite Group LLC. Pile is made with pultruded fiber reinforced polymer pipe and cast iron screw what increases installation speed and life period due to corrosion absence. This type of micro pile is lighter compared to steel screw piles. Scale laboratory tests were performed imitating vertical elements installed at soft water saturated clays. Reduction of the weak clays' settlements due to implemented reinforcing elements is described. Results of performed laboratory tests are provided. Experiments have shown that after 30 days vertical reinforcing bars reduce the deformations. Also reinforcement reduces the speed of foundation settlements grow during first two days due to long term consolidation.

**Key words:** fiberglass, composite pile, helical pile, FRP pile, micro pile, screw pile, water saturated clayey soil, soft clay.

**1. INTRODUCTION**

**Figure 1** – Fiberglass reinforcing element.



**Figure 2** – Cast iron screw.

New type of fiberglass screw micropile is designed and developed by Composite Group LLC [1]. It is a helical pile produced with the cast iron screw and fiberglass pultruded pipe (fig. 1 and 2).

Structure is newly developed and does not have calculation methods for several details. Such as delamination researched by Sirimanna [2] who was testing epoxy injected between the concrete core and fiberglass pipe. A. Sprince and L. Pakrastinsh [3] were analyzing helical piles' bearing capacity. Mohajerani and Zyka [4] reviewed composite piles application at marine environment and compared them to the wooden piles. Popov has investigated vertical reinforcement at clays [5]. Researchers Pando [6] and Valez [7] incorporated improvements those allowed to reduce the gap between investigations and full scale production. Valez [7] tested the work of fiberglass and carbon piles at

the soft stabilized and non-stabilized soils. His results have shown better adhesion and bearing capacity compared to the steel piles. However proposed structure is not enough investigated.

Special attention is required for the piles used at the soft soils those are widely presented in the areas located at the rivers' delta. Subject is open and requires further investigation. Goal is to forecast the settlements and the settlements' speed of the composite piles at soft clays. Method to be similar as A. B. Ponomarev investigates argillite like clays [8] and Mirsayapov soft clays [9].



## 2. METHOD

Two sets of scaled tests were performed at the laboratory by using models of similar reinforcing elements. Tests were made at the laboratory within 30 days. Main loading equipment used was uniaxial odometer. First set considered two samples with four reinforcing plastic elements 5 mm diameter and 100 mm length (cross section area is 1.31 %) and one sample without reinforcement. Total pressure applied to the samples was 200 kPa. Second set was made under 300 kPa for the samples with four and eight reinforcing bars ( $\mu = 2.62\%$ ) imitating FRP micro pile (fig. 3).

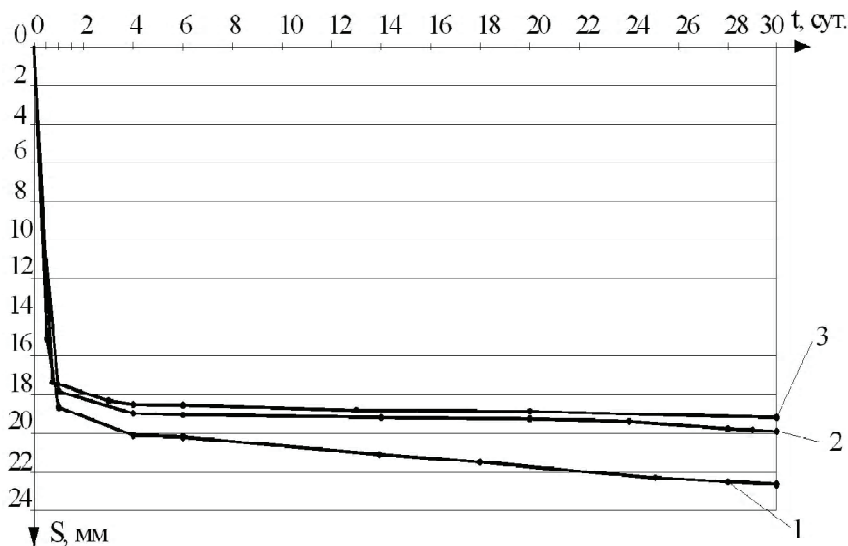


**Figure 3** – Two types of samples after load is removed.

## 3. RESULTS

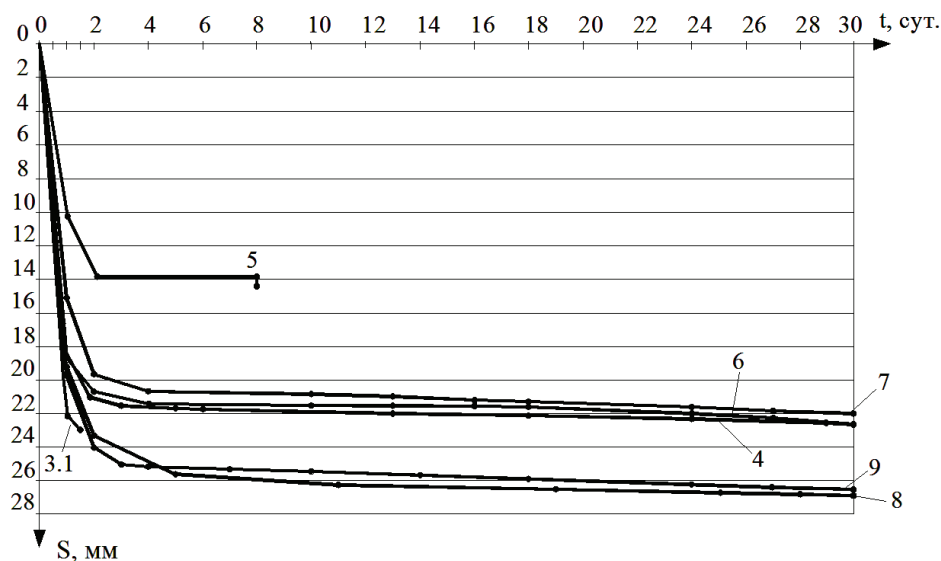
Results are presented at the below consolidation graphs  $S(t)$  (fig. 4 and 5).

Graphs reflect reduced settlements' speed. Deformations are stabilized faster at more dense reinforced samples.



**Figure 4** – Settlements values depending on number of reinforcing elements under pressure  $P = 200$  kPa: 1 – soil is not reinforced,  $\mu = 0\%$ ; 2, 3 – soil is reinforced by 4 rods,  $\mu = 1.31\%$ .

Experiments have shown that after 30 days vertical reinforcing bars reduce the deformations for 15...20 % at samples with 2.62 % reinforcement. Hence Young modulus is increased what proofs the benefits of composite reinforcement application.



**Figure 5** – Settlements values depending on number of reinforcing elements under pressure  $P = 300$  kPa: 8, 9 – reinforced by 4 rods,  $\mu = 1.31$  %, 4–7 – reinforced by 8 rods,  $\mu = 2.62$  %.

Reinforcement reduces the speed of deformations grow during first two days. Long term consolidation negatively influences on the construction schedule and requires additional monitoring measures.

#### 4. CONCLUSION

Performed tests clarifies method with regard to the soft clays considered within earlier research [10].

Approach of considering piles as a vertical reinforcement elements in general is applicable as well as described by Maltseva [11], [12].

More full-scale field research is still needed to develop sufficient guidelines. And durability tests emulating water saturated conditions should be carried out to assess the effectiveness of epoxies, and, lastly, reinforcing arrangements should be tested to prevent lateral deflection.

#### REFERENCES

1. Composite Group LLC [Электронный ресурс] / Composite Group LLC. – [2010]. – Электр. дан. – Официальная страница. – Режим доступа : <http://www.composite-group.ru/>.
2. Behaviour of fibre composite pile under axial compression load [Текст] / E. J. Guades, C. S. Sirimanna, T. Aravinthan [et. al.] // Incorporating Sustainable Practice in Mechanics of Structures and Materials : proceedings of the 21st Australian Conference on the Mechanics of Structures and Materials. – 2011. – С. 457–462. – DOI: 10.1201/b10571-81.
3. Sprince, A. Helical pile behaviour and load transfer mechanism in different soils [Текст] / A. Sprince, L. Pakrastinsh // 10<sup>th</sup> International Conference Modern Building Materials, Structures and Techniques. – 2010. С. 1174–1180. – DOI: 10.2478/v10137-009-0012-2.
4. Zyka, K. Composite piles: A review [Текст] / K. Zyka, A. Mohajerani // Construction and Building Materials. – 2016. – 107. P. 394–410. – DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.01.013
5. Popov, A. O. Settlement calculation of clay bed reinforced with vertical elements [Текст] / A. O. Popov // Magazine of Civil Engineering. – 2015. – № 4(56). – DOI: 10.5862/MCE.56.3.
6. A laboratory and field study of composite pile for bridge substructures [Текст] : report / M. A. Pando, C. D. Ealy, G. M. Filz [et. al.] ; Virginia Transportation Research Council. – Charlottesville, VA : US Department of Transportation, – 2006. – 383 p. – No FHWA-HRT-04-043.
7. Giraldo, Valez J. Axial and lateral load transfer of fibre-reinforced polymer (FRP) piles in soft clay [Текст] / Valez J. Giraldo, M. T. Rayhani // International Journal of Geotechnical Engineering. – 2017. – № 2(11). – P. 149–155. – DOI:10.1080/19386362.2016.1198109.
8. Ponomarev, A. B. On the Stress-Strain State and Load-Bearing Strength of Argillite-Like Clays and Sandstones [Текст] / A. B. Ponomarev, E. N. Sychkina // Soil Mechanics and Foundation Engineering. – 2018. – № 3(55). – P. 141–145. – DOI:10.1007/s11204-018-9517-1.
9. Mirsayapov, I. T. Clayey soils rheological model under triaxial regime loading [Текст] / I. T. Mirsayapov, I. V. Koroleva // Geotechnical Engineering for Infrastructure and Development : Proceedings of the XVI European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ECSMGE. – 2015. – (6). P. 3249–3254.

10. Nurmukhametov, R. R. Deformability of water saturated clay reinforced by vertical elements [Текст] / R. R. Nurmukhametov // Alfabuild. – 2019. – № 11(4). P. 54–69. – DOI: 10.6084/m9.figshare.11637849.
11. The Method of Calculating the Settlement of Weak Ground Strengthened with the Reinforced Sandy Piles [Текст] / T. Maltseva, A. Nabokov, Y. Novikov [et. al.] // MATEC Web of Conferences. – 2016. – (73). – DOI: 10.1051/mateconf/20167301015.
12. Maltseva, T. Modelling a Reinforced Sandy Pile Rheology when Reacting with Water-saturated Ground [Текст] / T. Maltseva, T. Saltanova, A. Chernykh // Procedia Engineering. 2016. – (165). – P. 839–844. – DOI:10.1016/j.proeng.2016.11.782.

Получена 20.05.2020

## Н. И. ВАТИН, Р. Р. НУРМУХАМЕТОВ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫЕ СВАИ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

Санкт-Петербургский политехнический университет, Санкт-Петербург, Россия

**Аннотация.** Исследовано влияние армирующих стеклопластиковых элементов на слабые водонасыщенные глинистые грунты. ООО «Композит Групп» была спроектирована и изготовлена стеклопластиковая винтовая свая. Свая состоит из стеклопластиковой трубы, изготовленной методом пултрузии, с чугунным винтовым наконечником, что увеличивает срок службы из-за отсутствия коррозии. Этот тип свай легче по сравнению со стальными винтовыми сваями. Масштабные лабораторные испытания проводились с имитацией вертикальных элементов, установленных на слабых водонасыщенных глинах. Описывается уменьшение осадочных деформаций слабых глинистых грунтов за счет внедренных армирующих элементов. Приведены результаты проведенных лабораторных исследований. Эксперименты показали, что через 30 дней вертикальные армирующие элементы снижают деформации. Также армирующие элементы снижают скорость роста осадки фундаментов в первые два дня за счет длительного упрочнения.

**Ключевые слова:** стекловолокно, композитная свая, винтовая свая, стеклопластиковая свая, водонасыщенный глинистый грунт.

## М. І. ВАТІН, Р. Р. НУРМУХАМЕТОВ СКЛОПЛАСТИКОВІ ПАЛІ ДЛЯ ПОСИЛЕННЯ ВОДОНАСИЧЕНИХ ГЛИНИСТИХ ҐРУНТІВ

Санкт-Петербурзький політехнічний університет, Санкт-Петербург, Росія

**Аноатація.** Досліджено вплив армуючих склопластикових елементів на слабкі водонасичені глинисті ґрунти. ТОВ «Композит Груп» була спроектована і виготовлена склопластикові гвинтова паля. Паля складається з склопластикової труби, виготовленої методом пултрузії, з чавунним гвинтовим наконечником, що збільшує термін служби через відсутність корозії. Цей тип палі легше в порівнянні зі сталевими гвинтовими палями. Масштабні лабораторні випробування проводилися з імітацією вертикальних елементів, встановлених на слабких водонасичених глинах. Описується зменшення осадочних деформацій слабких глинистих ґрунтів за рахунок впроваджених армуючих елементів. Наведено результати проведених лабораторних досліджень. Експерименти показали, що через 30 днів вертикальні армуючі елементи знижують деформації. Також армуючі елементи знижують швидкість росту осідання фундаментів в перші два дні за рахунок тривалого зміцнення.

**Ключові слова:** скловолокно, композитна паля, гвинтова паля, склопластикові паля, водонасичений глинистий ґрунт.

**Ватин Николай Иванович** – доктор технических наук, профессор Высшей школы промышленного, гражданского и дорожного строительства Санкт-Петербургского политехнического университета. Научные интересы: энергоэффективные системы, удаленное обучение.

**Нурмухаметов Ренат Рустамович** – соискатель Санкт-Петербургского политехнического университета. Научные интересы: композитная свая, слабые водонасыщенные грунты.

**Ватін Микола Іванович** – доктор технічних наук, професор Вищої школи промислового, цивільного і дорожнього будівництва Санкт-Петербурзького політехнічного університету. Наукові інтереси: енергоефективні системи, віддалене навчання.

**Нурмухаметов Ренат Рустамович** – здобувач Санкт-Петербурзького політехнічного університету. Наукові інтереси: композитна паля, слабкі водонасичені ґрунти.

**Vatin Nikolay** – D. Sc. (Eng.), Professor at Institute of Civil Engineering of Saint Petersburg Polytechnic University. Scientific interests include energy efficiency, remote education systems.

**Nurmukhametov Renat** – Ph. D. student, Institute of Civil Engineering of Saint Petersburg Polytechnic University. Scientific interests: composite pile, soft soils.

---

## СОДЕРЖАНИЕ

ШЕБАНОВ В. Л., ПРЯДКО Н. В. Усиление железобетонной балки композитными материалами	5
ЧЕРНЫШЕВА Т. А., БУРЦЕВА А. А., ГЛАЗУНОВА Ж. А. Обеспечение нормированных условий естественного освещения в помещениях детского дошкольного учреждения в г. Керчи	9
ТАШКИНОВ Ю. А., СКЛОНЧАК В. Н., АКСЁНОВ И. С. Изучение термодинамики отверждения портландцемента с применением технологии DATA MINING	16
СТУПИНА А. Э., ЗАГОРУЙКО Т. И. Психологические предпосылки формирования лофта	21
САМСОНЕНКО С. Н., ГАЛЬЦОВА К. И. Терморезистивные датчики из поликристаллических алмазных материалов	25
ЗАГОРУЙКО Т. И., АНДРЕЕВА С. А. Последние мировые тренды в проектировании медицинских учреждений	29
ЛЕВЧЕНКО Л. Г., БЫВАЛИНА А. С. Проблемные вопросы по устойчивости опасных производственных объектов при проектировании, строительстве, приемке в эксплуатацию и при их эксплуатации	33
ЧАЙКА Л. В., ФЕДОРОВ А. В. Анализ эколого-санитарных возможностей п. г. т. Седово как курортной территории Донецкой Народной Республики	40
МАЛЮТИНА Т. П., ВОЛОЩУК И. Е., ЖЕВАНОВ В. В. Задание вычислительного алгоритма построения поверхности вращения методами БН-исчисления	45
БАЛАКАЙ А. А., ЦЫГАНОВ М. В., АЛЕЙНИК Д. В., ДМИТРЕНКО Е. А. Зависимость несущей способности наклонных сечений на действие поперечной силы от изменения длины проекции наклонного сечения	50
ВИНОГРАДОВА Т. Н., ГРЕЧКО А. А. О расчете балочных железобетонных конструкций на действие кратковременных динамических нагрузок	56
МОСКАЛЬ М. В., ГЛАДКАЯ Е. Д. Место сметного нормирования в системе экспертизы и управления на рынке жилой недвижимости	62
ГОРОХОВ Е. В., ВАСЫЛЕВ В. Н., МИРОНОВ А. Н., ЩЕРБИНА А. С. Напряженно-деформированное состояние металлической эллипсной балки	65
АЛЕКСАНДРОВ В. Д., ФРОЛОВА С. А., САДОМОВА А. В. Параметры квазиравновесной и неравновесно-взрывной кристаллизации	71
ДЕМИДОВ А. И., МЕХ Д. И., ПАРАСЮК К. В. Устойчивость трехпролётных стержней	75
КАРАМАНЕШТ Н. М., МАЛАШЕНКО Т. И., СОБОЛЬ О. В. Альтернативная энергетика как путь решения глобальных экологических проблем	82
РОЖКОВ В. С., ДЁМИНОВ П. Е., ВАСИЛЬЕВА Ю. В. Доочистка сточных вод на дробленном антраците в системах с эрлифтным биореактором	87
КАНДАЕВ А. В., ГУБАРЬ В. Н. Сравнительный анализ водостойкости реставрационных растворов	91
ПШЕНИЧНЫХ О. А., МИКЛАШЕВИЧ Н. В. Устойчивость модифицированного щебеночно-мастичного асфальтобетона к образованию колеи	96
ЛЕВЧЕНКО В. Н., ЗАВЯЛОВ В. Н., НЕВГЕНЬ Н. А., ЧИПИЖКО А. А. Роль экономии материальных ресурсов в строительной отрасли	101

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

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

## ЗМІСТ

ШЕБАНОВ В. Л., ПРЯДКО М. В. Посилення залізобетонної балки композитними матеріалами	5
ЧЕРНИШЕВА Т. О., БУРЦЕВА А. А., ГЛАЗУНОВА Ж. О. Забезпечення нормованих умов природного освітлення в приміщеннях дитячого дошкільного закладу у м. Керчі	9
ТАШКІНОВ Ю. А., СОЛОНЧАК В. М., АКСЬОНОВ І. С. Дослідження термодинаміки затвердіння портландцементу із застосуванням технології DATA MINING	16
СТУПІНА А. Е., ЗАГОРУЙКО Т. І. Психологічні передумови формування лофта	21
САМСОНЕНКО С. М., ГАЛЬЦОВА К. І. Терморезистивні датчики з полікристалічних алмазних матеріалів	25
ЗАГОРУЙКО Т. І., АНДРЕЄВА С. А. Останні світові тенденції в дизайні медичних установ	29
ЛЕВЧЕНКО Л. Г., БИВАЛІНА А. С. Проблемні питання щодо стійкості небезпечних виробничих об'єктів при проектуванні, будівництві, прийманні в експлуатацію і при їх експлуатації	33
ЧАЙКА Л. В., ФЕДОРОВ О. В. Аналіз еколого-санітарних можливостей с. м. т. Седово як курортної території Донецької Народної Республіки	40
МАЛЮТИНА Т. П., ВОЛОЩУК І. Є., ЖЕВАНОВ В. В. Завдання обчислювального алгоритму побудови поверхні обертання методами БН-обчислення	45
БАЛАКАЙ О. А., ЦИГАНОВ М. В., АЛЕЙНИК Д. В., ДМИТРЕНКО Є. А. Залежність несучої здатності похилих перерізів на дію поперечної сили від зміни довжини проекції похилого перерізу	50
ВІНОГРАДОВА Т. М., ГРЕЧКО А. О. Про розрахунок балкових залізобетонних конструкцій на дію короточасних динамічних навантажень	56
МОСКАЛЬ М. В., ГЛАДКА О. Д. Місце кошторисного нормування в системі експертизи і управління на ринку житлової нерухомості	62
ГОРОХОВ Є. В., ВАСИЛЄВ В. М., МИРОНОВ А. М., ЩЕРБИНА А. С. Напружено-деформований стан металевої еліпсної балки	65
АЛЕКСАНДРОВ В. Д., ФРОЛОВА С. О., САДОМОВА А. В. Параметри квазірівноважної та нерівноважно-вибухової кристалізації	71
ДЕМИДОВ О. І., МЄХ Д. І., ПАРАСЮК К. В. Стійкість трьохпрольотних стержнів	75
КАРАМАНЕШТ Н. М., МАЛАШЕНКО Т. І., СОБОЛЬ О. В. Альтернативна енергетика як шлях вирішення глобальних екологічних проблем	82
РОЖКОВ В. С., ДЕМІНОВ П. Є., ВАСИЛЬЄВА Ю. В. Доочищення стічних вод на подрібненому антрациті в системах з ерліфтним біореактором	87
КАНДАЄВ А. В., ГУБАР В. М. Порівняльний аналіз водостійкості реставраційних розчинів	91
ПШЕНИЧНИХ О. О., МІКЛАШЕВИЧ Н. В. Стійкість модифікованого щебенево-мастикового асфальтобетону до утворення колії	96
ЛЕВЧЕНКО В. М., ЗАВЯЛОВ В. М., НЕВГЕНЬ М. О., ЧИПІЖКО О. О. Роль економії матеріальних ресурсів в будівельній галузі	101
ВАТИН М. І., НУРМУХАМЕТОВ Р. Р. Склопластикові палі для посилення водонасичених глинистих ґрунтів	107

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

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

ISSN 2519-2817 online

## CONTENTS

SHEBANOV VALERY, PRYADKO NIKOLAY. Reinforcing Concrete Beam with Composite Materials	5
CHERNYSHEVA TAMARA, BURTSEVA ALINA, GLAZUNOVA ZHANNA. Providing Normalized conditions of natural lighting in the Premises of a Kindergarten in Kerch	9
TASHKINOV JURIY, SKLONCHAK VLADIMIR, AKSENOV IGOR. Research of Thermodynamics of Portland Cement Curing using DATA MINING Technology	16
STUPINA ANGELINA, ZAGORUIKO TAMARA. Psychological Prerequisites for the Formation of a Loft	21
SAMSONENKO SERGEY, GALTSOVA KRISTINA. Thermistor Sensors Made of Polycrystalline Diamond Materials	25
ZAGORUIKO TAMARA, ANDREEVA SOFIA. The Latest Global Trends in the Design of Medical Institutions	29
LEVCHENKO LYUBOV, BYVALINA ALINA. Problems of Nutrition on Non-Maintenance Virological Facilities During the Project, Work, Employment in the Field of Operation and Operation	33
CHAIKA LYUDMILA, FEDOROV ALEXANDER. Analysis of Ecological and Sanitary Possibilities of Sedovo Village as a Resort Territory of the Donetsk People's Republic	40
MALYUTINA TATYANA, VOLOSHCHUK ILYA, ZHEVANOV VASILY. The Computational Algorithm for Constructing a Surface of Revolution by the Methods of BN-Calculus	45
BALAKAY ALEXANDER, TSYGANOV MAXIM, ALEJNIK DMITRY, DMITRENKO EVGENIY. The Dependence of the Bearing Capacity of Inclined Sections on the Action of the Shear Force on the Change in the Length of the Projection of the Inclined Section	50
VINOGRADOVA TAMARA, GRECHKO ANDREY. On the Calculation of Reinforced Concrete Beam Structures on the Effect of Short-Term Dynamic Loads	56
MOSKAL MIKHAILO, GLADKAIA ELENA. The Place of Estimated Regulation in the System of Examination and Management in the Residential Real Estate Market	62
HOROKHOV EVGENIY, VASYLEV VOLODYMYR, MIRONOV ANDREY, SHCHERBINA ANASTASIIA. Tensely-Deformed State of Metallic Ellipse Beam	65
ALEKSANDROV VALERIY, FROLOVA SVETLANA, SADOVA ANASTASIYA. Parameters of Quasi-Impotent and Irregular-Vibration Crystallization	71
DEMIDOV ALEXANDER, MEH DMITRY, PARASYUK KYRYL. Stability Of Three-Flight Bars	75
KARAMANESHT NADEZHDA, MALASHENKO TATIANA, SOBOLOV OKSANA. Alternative Energy as a Way to Solve Global Environmental Problems	82
ROZHKOV VITALII, DYOMINOV PAVEL, VASILYEVA YULIA. Wastewater Treatment on Crushed Anthracite in Systems with Airlift Bioreactor	87
KANDAEV ANTON, GUBAR VICTOR. Comparative Analysis of the Water Resistance of Restoration Solutions	91
PSHENICHNYKH OLEG, MIKLASHEVICH NINA. Resistance of Modified Breakstone to Mastic Asphalt Concrete to Wheel Track Rutting	96
LEVCHENKO VIKTOR, ZAVIALOV VYACHESLAV, NEVGEN NIKOLAI, CHIPIZHKO ALEKSANDR. The Role of Material Resources Economy in Construction	101
VATIN NIKOLAI, NURMUKHAMETOV RENAT. Fiberglass Micro Pile Reinforcing Soft Clays	107

The articles published in journal «Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture» are indexed by:

- the Russian Information and Analytical System – Russian Science Citation Index (RSCI)
- the electronic-library system IPRbooks
- the search engine Google Scholar.