

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
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 2012-3(95)**

**БУДІВЛІ ТА КОНСТРУКЦІЇ ІЗ  
ЗАСТОСУВАННЯМ НОВИХ МАТЕРІАЛІВ  
ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

Макіївка 2012

### **Засновник і видавець**

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації КВ № 9643  
видано 02 березня 2005 року Державним комітетом телебачення і радіомовлення України

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.

Друкується за рішенням вченої ради  
Донбаської національної академії будівництва і архітектури  
Протокол № 8 від 27.04.2012

### **Редакційна колегія:**

Горохов Є. В., д. т. н., професор (головний редактор);  
Мушанов В. П., д. т. н., професор (відповідальний редактор);  
Зайченко М. М., д. т. н., професор (відповідальний редактор випуску);  
Рожков В. С., к. т. н., доцент (відповідальний секретар випуску);  
Братчун В. І., д. т. н., проф.;  
Югов А. М., д. т. н. проф.;  
Лук'янов О. В., д. т. н. проф.;  
Бенаї Х. А., д. а., проф.;  
Бумага О. Д., к. т. н., доц.;  
Яркова Н. І., к. е. н. доц.

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

Підписано до друку 28.05.2012 Формат 60x84 1/8. Папір багатофункціональний офісний.  
Друк різнографічний. Умов. друк. арк. 13.75 Тираж 300 прим. Заказ 133-12

### **Адреса редакції і видавця**

Україна, 86123, Донецька область, м. Макіївка, вул. Державіна, 2,  
Донбаська національна академія будівництва і архітектури  
Телефони: (0622) 90-29-38; (0623) 22-20-51, (0623) 22-24-67  
Тел./факс: (0623) 22-06-16, E-mail: vestnik@donnasa.edu.ua,  
[http://donnasa.edu.ua/ru/publishing\\_house/vestnik](http://donnasa.edu.ua/ru/publishing_house/vestnik)

Постановою Президії ВАК України від 27.05.2009 р. № 1-05/2 журнал внесено до переліку  
наукових фахових видань із технічних наук та архітектури

Надруковано у поліграфічному центрі ДонНАБА  
86123, Донецька область, м. Макіївка, вул. Державіна, 2

УДК 624.072.327: 692.44/47: 624.014

**В. Ф. МУЩАНОВ, Ю. Н. ПРЯДКО, И. Н. РУДНЕВА**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАЕКТОРИИ РАЗРУШЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПОКРЫТИЯ,  
ОБРАЗОВАННОГО ЖЕСТКИМИ НИТЯМИ СКВОЗНОГО СЕЧЕНИЯ**

В данной статье описаны результаты численного расчета висячего покрытия, образованного жесткими нитями сквозного сечения. Полученные результаты необходимы для проведения последующего вероятностного расчета напряженно-деформированного состояния с целью определения показателей надежности зафиксированных наиболее нагруженных элементов ферм, внешнего и внутреннего контуров покрытия как системы, состоящей из последовательно соединенных элементов.

**висячее покрытие, изгибно-жесткая нить, показатели надежности, вероятность разрушения**

Одной из важнейших задач в исследовании покрытий над объектами повышенной ответственности является вероятностная оценка их надежности. Основным свойством, определяющим надежность таких конструкций, является безотказность их работы: способность сохранять заранее определенные эксплуатационные качества в течение определенного срока службы. Количественной характеристикой данного свойства является вероятность безотказной работы.

В висячих конструкциях эксплуатационная нагрузка, воспринимаемая пролетной частью, образованной системой изгибно-жестких нитей, передается на внешний и внутренний контуры покрытия. Следовательно, разрушением покрытия следует считать следующие события: разрушение или потеря устойчивости элементов нити, внешнего и внутреннего контуров. Таким образом, висячая система представляет собой последовательное соединение вышеперечисленных элементов [5]. Исходя из этого, вероятность неразрушения покрытия можно записать в следующем виде:

$$1 - P_{\text{sis}} = (1 - P_{\text{ферм}}) \cdot (1 - P_{\text{внеш.контур}}) \cdot (1 - P_{\text{внутр.контур}}), \quad (1)$$

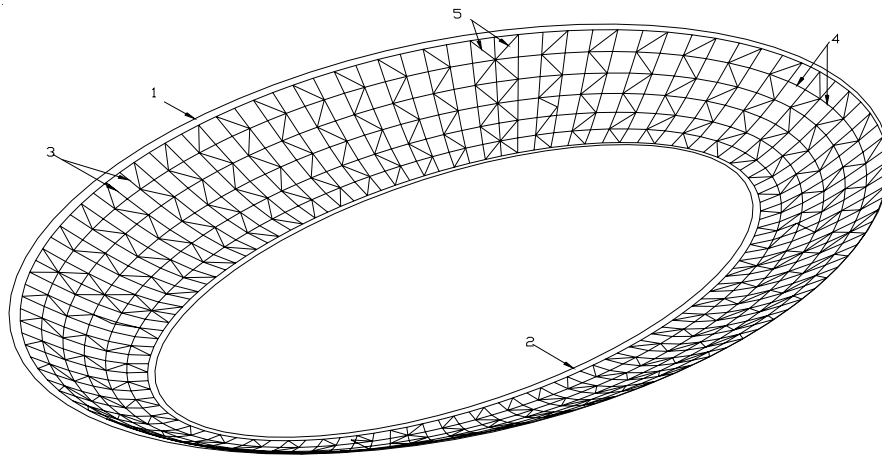
где  $P_{\text{sis}}$ ,  $P_{\text{ферм}}$ ,  $P_{\text{внеш.контур}}$ ,  $P_{\text{внутр.контур}}$  – вероятность разрушения системы покрытия, несущих нитей, внешнего и внутреннего контуров соответственно.

С целью определения наиболее нагруженных элементов ферм, внешнего и внутреннего контуров, необходимых для разработки алгоритма последующего вероятностного расчета, был выполнен численный расчет покрытия в ПК SCAD.

На рис. 1 представлена расчетная схема проекта стационарного покрытия над трибунами центрального стадиона «Шахтер» г. Донецк, конструктивная схема которого выполнена в виде пространственной стержневой системы на эллиптическом плане с осями 246×170 м. Основными несущими элементами конструкции покрытия являются внешний и внутренний опорные контуры, радиальные, кольцевые и диагональные элементы.

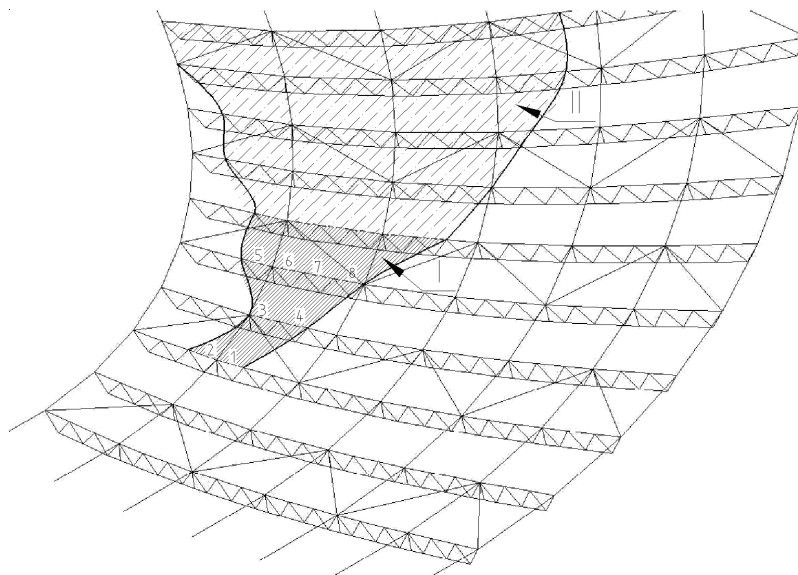
Сечения элементов проектируемого покрытия приняты с учетом результатов предварительных расчетов покрытия и опыта проектирования сооружений такого типа, как односетчатые оболочки [1, 4]. Сечение нити принято с учетом результатов предварительных расчетов покрытия по методикам Кирсанова [2] и Мущанова-Гибаленко [3]. Тип решетки нити – треугольная.

Для проведения численного эксперимента принята расчетная схема со следующими условиями: примыкание внешнего и внутреннего опорных контуров к радиальным ребрам шарнирное, внешний опорный контур в узлах закреплен от смещения по вертикальной оси, кольцевые и радиальные ребра шарнирно соединены между собой, основные загрузки расчетной схемы формировались из равномерно распределенных постоянной и снеговой нагрузок по всему покрытию.



**Рисунок 1** – Конструктивная схема пространственно-стержневого покрытия: 1 – внешний и 2 – внутренний опорные контуры, 3 – радиальные, 4 – кольцевые и 5 – диагональные элементы.

Загружая покрытие максимальной временной равномерно-распределенной нагрузкой, были зафиксированы разрушенные элементы «1», «2» верхнего пояса фермы (рис. 2, 3), расположенной вдоль длинной оси схемы. Далее, не меняя схему нагружения и удаляя поочередно разрушенные элементы, была зафиксирована разрушенная зона покрытия, состоящая из 8-ми элементов и прогнозируемая «клинообразная» зона последующего разрушения покрытия.



**Рисунок 2** – Разрушаемый участок покрытия. Отказ стержней 1–8.  
(I – разрушенная зона покрытия, II – прогнозируемая зона последующего разрушения).

В схеме с разрушенными элементами покрытия зафиксированы максимальные усилия, перемещения узлов и расположение наиболее напряженных элементов внешнего и внутреннего опорных контуров (рис. 3). Наибольшие напряжения во внешнем контуре возникают вдоль длинной оси ( $\sigma = 215$  МПа), во внутреннем – вдоль короткой оси ( $\sigma = 185$  МПа). При этом следует отметить, что в отличие от элементов верхнего пояса ферм, напряжения в контурах не достигли значений нормативного расчетного сопротивления стали  $R = 240$  МПа.

**Вывод:** по результатам выполненных численных расчетов определена траектория разрушения элементов, необходимая для определения показателей надежности висячего покрытия, образованного жесткими нитями сквозного сечения.



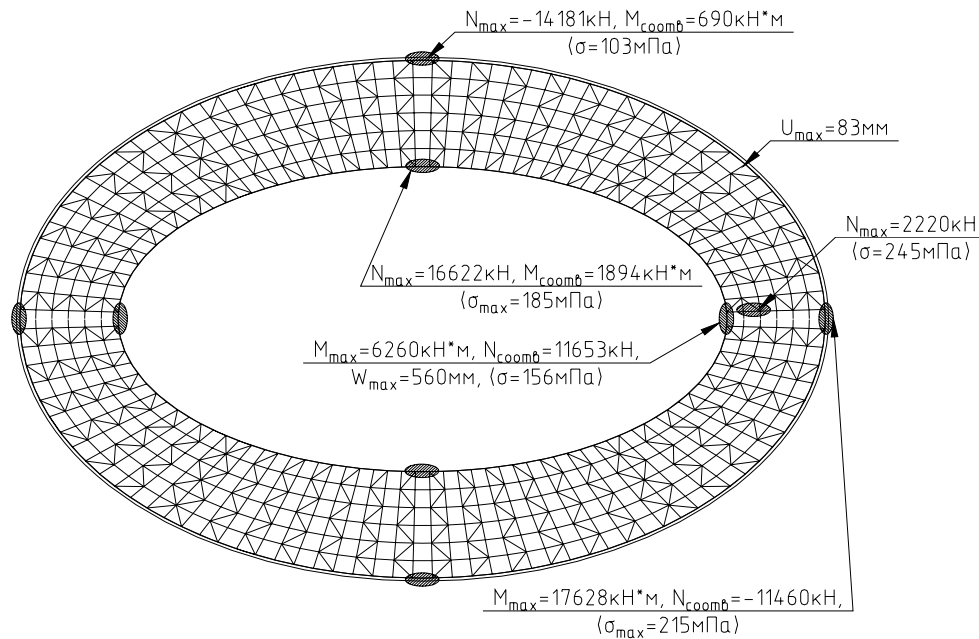


Рисунок 3 – Пространственная схема покрытия с зонами максимальных усилий и деформаций.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еремеев, П. Г. Особенности проектирования уникальных большепролетных зданий и сооружений [Текст] / П. Г. Еремеев // Сучасне промислове та цивільне будівництво. – 2006. – Том 2, № 1. – С. 5–15.
2. Кирсанов, Н. М. Висячие и вантовые конструкции [Текст] : Учебное пособие для строительных специальных вузов / Н. М. Кирсанов. – М. : Стройиздат, 1981. – 158 с.
3. Муцанов, В. Ф. Экспериментальное исследование модели висячей фермы покрытия [Текст] / В. Ф. Муцанов, В. А. Гибаленко // Международная конференция «Теория и практика металлических конструкций» / Донбасская государственная академия строительства и архитектуры. – Макеевка : ДГАСА, 1997. – С. 15–21.
4. Муцанов, В. Ф. Теоретическое исследование закономерностей работы висячей стержневой оболочки с вырезом на эллиптическом плане [Текст] / В. Ф. Муцанов, И. Н. Прядко // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – Макіївка, 2003. – Вип. 2003–3(40) : Матеріали 29 Міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. – С. 49–51.
5. Пичугин, С. Ф. Надежность стальных конструкций производственных зданий [Текст] / С. Ф. Пичугин. – Полтава : ООО «АСМИ», 2009. – 452 с.

Получено 18.04.2012

В. П. МУЦАНОВ, Ю. М. ПРЯДКО, І. М. РУДНЄВА  
 ВИЗНАЧЕННЯ ТРАЄКТОРІЙ РУЙНУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПОКРИТТЯ,  
 УТВОРЕНОГО ЖОРСТКИМИ НИТКАМИ НАСКРІЗНОГО ПЕРЕТИНУ  
 Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У цій статті описані результати чисельного розрахунку висячого покриття, утвореного жорсткими нитками наскрізного перетину. Отримані результати необхідні для проведення подальшого імовірнісного розрахунку напружено-деформованого стану з метою визначення показників надійності зафіксованих найбільш навантажених елементів ферм, зовнішнього і внутрішнього контурів покриття як системи, що складається з послідовно сполучених елементів.

**висяче покриття, вигинисто-жорстка нитка, показники надійності, вірогідність руйнування**

VOLODYMYR MUSHCHANOV, JURIY PRYADKO, IRINA RUDNEVA  
DETERMINATION OF TRAJECTORY DESTRUCTION OF ROOFS ELEMENTS,  
FORMED BY RIGID WIRES OF THROUGH SECTION  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The results of numeral calculation of hanging roof, formed by rigid wires of through section have been described in this article. The obtained results are needed for the following probabilistic calculation of the tense-deformed state with the purpose of determination of reliability the fixed most loaded elements of farms indexes, external and internal contours of roof as system, consisting of the the consistently united elements.

**hanging roof, rigid wire, reliability indexes, probability of destruction**

УДК 69001.7

**В. Н. ЛЕВЧЕНКО, Д. В. ЛЕВЧЕНКО, Е. В. ГРИДИНА, М. И. БАГНО**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **РОЛЬ И МЕСТО ФАКТОРА СНИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

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.

**материалоемкость, эффективность, реконструкция, сбалансированность**

Важнейшим направлением неуклонного подъема народного хозяйства Украины является ускорение его перевода на преимущественно интенсивный путь развития, рациональное использование созданного производственного потенциала, всемерная экономика материальных, трудовых и финансовых ресурсов.

Проблемы снижения материалоемкости строительства входят 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 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. *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. 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.

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. 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, 1989. – 27 с.
2. Левченко, В. Н. Экономия материальных ресурсов в строительной отрасли [Текст] / В. Н. Левченко // Вісник Донбаської держ. академії будівництва і архітектури : збірник наукових праць / М-во освіти і науки України, ДонДАБА. – Макіївка, 1999. – Вип. 99–5(19) : Економіка України і Донецького регіону в контексті ринкових трансформацій. – С. 80–83.
3. Шагин, А. Л. Реконструкция зданий и сооружений [Текст] : Учебное пособие для строительных вузов / А. Л. Шагин. – М. : Высшая школа, 1991. – 352 с.

Получено 05.03.2012

#### В. М. ЛЕВЧЕНКО, Д. В. ЛЕВЧЕНКО, О. В. ГРИДИНА, М. І. БАГНО РОЛЬ І МІСЦЕ ЧИННИКА ЗНИЖЕННЯ МАТЕРІАЛОЄМНОСТІ БУДІВНИЦТВА

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Важливим завданням будівельної галузі є проблема зниження матеріалоемності, яка суттєво впливає на кошторисну вартість будівництва. Основними чинниками при цьому є: трудоемність, матеріалоемність і фондоемність продукції. У статті розглянуті основні шляхи підвищення ефективності капітальних вкладень при зниженні матеріалоемності будівництва.

**матеріалоемність, ефективність, реконструкція, збалансованість**

#### VICTOR LEVCHENKO, DMITRY LEVCHENKO, ELENA GRIDINA, MIKHAIL BAGNO

FACTOR OF ENGINEERING MATERIALCAPACITY DECREASE  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

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, materialcapacity and funding of production. The paper deals with the main principles of efficacy in capital investment at decreasing of materialcapacity in engineering.

**materialcapacity, efficacy, reconstruction, balancy**

УДК 624.138.4

**Е. В. АНДЕРЖАНОВА, Т. В. КОШЕЛЕВА**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **УСИЛЕНИЕ ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЙ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

В статье рассматривается комплексный способ усиления грунтовых оснований фундаментов при строительстве и реконструкции гражданских и промышленных зданий и сооружений в сложных условиях современного городского строительства. Комплексный способ усиления основания обеспечивает уплотнение грунта, его закрепление вяжущими материалами и армирование жесткими элементами. Рассматриваются условия уплотнения и закрепления грунтового массива твердеющими растворами, область применения способа, эффективность использования. Устанавливается влияние на качество упрочнения состава грунта используемой технологии и состава закрепляющих растворов. Даны рекомендации по совершенствованию известного способа упрочнения грунтов, технологии ведения работ, комплекту оборудования, составу твердеющего раствора и области их рационального использования.

**основания фундаментов, строительство, реконструкция, высоконапорная цементация, закрепление грунтов, глубинное упрочнение, технологическая последовательность работ, комплект оборудования, состав твердеющих растворов, экспериментальные исследования, область применения**

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

В настоящее время во всех странах мира имеется стойкая тенденция к росту городов. В связи с неуклонным ростом населения современные города развиваются, расширяются застраиваемые территории, увеличивается плотность застройки, растут объемы коммуникаций и транспортных путей. Благоприятные для застройки территории практически уже использованы, поэтому процесс современного городского строительства все чаще протекает в неблагоприятных инженерно-геологических условиях. К числу наиболее важных и ответственных элементов зданий и сооружений, определяющих выполнение этого условия, входят фундаменты и их грунтовые основания. Строительство и реконструкция фундаментов представляет собой сложный комплекс строительных работ, который часто осложняется наличием неблагоприятных геоморфологических, инженерно-геологических, гидрогеологических и горно-геологических условий. В процессе эксплуатации зданий и сооружений свойства грунтовых оснований и гидрогеологического режима территории часто ухудшаются, что обуславливает необходимость их упрочнения.

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

Распространенными способами усиления грунтовых оснований являются поверхностное и глубинное уплотнение и закрепление грунта вяжущими материалами. Работы по усилению грунта в условиях современного городского строительства усложняются стесненными условиями строительной площадки и возможностью повреждения существующих конструкций динамическими воздействиями. Усиление грунтовых оснований выполняют применением конструктивных мероприятий, уплотнения грунта, глубинного закрепления вяжущими материалами или комбинированным воздействием на грунт. В последние годы все большее распространение получают новые более рациональные комбинированные методы улучшения строительных свойств грунтового массива, сочетающие достоинства двух и более технологий преобразования свойств грунтов. Так, совместно используется уплотнение и закрепление грунта; вибропродавливание и виброудавливание и др.

К комбинированным методам усиления оснований зданий и сооружений следует отнести и выделенный в настоящей работе метод высоконапорной цементации. Данный метод включает элементы закрепления грунта вяжущими материалами, вследствие кольматации закрепляющего раствора в поры грунта; уплотнения грунта воздействием высокого напора подачи закрепляющего раствора; армирования грунта элементами повышенной прочности из отвердевшего цементно-песчаного раствора. Метод высоконапорной цементации грунтов применяется для закрепления грунтов разного генезиса как выше, так и ниже уровня грунтовых вод в любое время года.

## ЦЕЛИ

Целью научно-исследовательской работы является исследование и совершенствование методов усиления оснований фундаментов в условиях современного городского строительства.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

При усилении грунтовых оснований методом высоконапорной цементации, в отличие от классического процесса цементации грунтового основания, закрепляющий раствор подается в грунт под большим давлением, обеспечивающим разрыв грунта в определенной зоне массива с образованием пустот в виде полостей разрывов и трещин. В образовавшиеся пустоты проникает закрепляющая смесь на основе цемента, которая впоследствии твердеет. При подаче закрепляющей смеси под давлением происходит дополнительное уплотнение окружающего грунта. После твердения смеси в скважине и трещинах в грунте образуется пространственное тело повышенной прочности.

Достоинствами метода высоконапорной цементации являются: отсутствие динамических воздействий на грунт, что позволяет его использование в условиях тесной городской застройки; высокая прочность и водостойкость закрепленного основания; возможность проведения работ в зимний период выше и ниже уровня грунтовых вод; применение недорогих и недефицитных материалов; возможность использования для проведения работ отечественного оборудования. К числу достоинств рассматриваемого способа следует отнести и широкую область использования: усиление грунтовых оснований зданий и сооружений; выполнение консервации отвалов высокотоксичных, радиоактивных и других отходов без их разработки; выправление таким способом кренов высотных зданий и сооружений. Основным недостатком метода высоконапорной цементации является недостаточный объем рекомендаций по выбору параметров технологического процесса.

Для реализации способа важное значение имеет расчет параметров процесса. В работе приведена методика расчета параметров процесса, разработанная профессором Головкин С. И. [1]. Проведенными теоретическими и экспериментальными исследованиями нами была обоснована возможность и целесообразность применения для закрепления грунта вышеуказанным способом цементно-доломитовых растворов.

По результатам экспериментальных исследований, проведенных в лабораторных условиях, был произведен подбор рецептуры составов, отвечающий технологическим, прочностным, санитарно-гигиеническим и экологическим требованиям. В рекомендуемом составе 50 % дорогостоящего цемента могут быть заменены отходом местных производств, доломитовой пылью электрофильтров и батарейных циклонов. Прочность полученного материала на 28 сутки твердения составляет 18,6 МПа, что отвечает предъявляемым требованиям. Предложенные закрепляющие растворы характеризуются небольшим расходом вяжущего, высокой седиментационной устойчивостью, подвижностью, большой проникающей способностью, устойчивостью к размыванию водой в период твердения, более низкой стоимостью при достаточной прочности.

Разработана технология изготовления и нагнетания раствора в грунт. Осуществлен подбор комплекта необходимого оборудования. Технологическая последовательность работ по глубинному закреплению грунта этим способом следующая: бурение скважины на глубину установки кондуктора; установка кондуктора и цементация; разбуривание цементной пробки и проходка скважины на глубину первого интервала нагнетания; цементация первого интервала при расчетном давлении нагнетания; разбуривание цементной пробки и бурение скважины до проектной глубины расчетными захватками с нагнетанием цементного раствора при расчетном давлении на каждом интервале; бурение контрольных скважин колонковым способом с отбором кернов для контроля качества закрепления массива.

Приготовление смесей осуществляется в лопастных растворосмесителях типа СО-23В; СО-46 А; штучатурных агрегатах СО-57 А; СО-85 А. Нагнетание смесей производится растворонасосами СО-48 Б; СО-49; СО-50 А; СО-167, агрегатами СО-57 А, СО-85 А.

Установлено, что областью рационального использования предложенных способов глубинного упрочнения грунтов являются основания строящихся и реконструируемых зданий и сооружений из мелкозернистых грунтов, макропористых недоуплотненных пылевато-глинистых грунтов, в том числе просадочных.

Разработаны рекомендации по применению результатов проведенного исследования и совершенствованию комплексных способов упрочнения грунтовых оснований в строительном производстве Донбасса при реконструкции зданий и сооружений.

## ВЫВОДЫ

Исследован и усовершенствован рациональный комбинированный способ усиления оснований фундаментов зданий при их строительстве и реконструкции в сложных условиях современных городов. Разработаны технологические параметры предложенного способа, подобраны материалы и комплект оборудования для выполнения работ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головкин, С. И. Теория и практика усиления грунтовых оснований методом высоконапорной цементации [Текст] / С. И. Головкин. – Днепропетровск : Пороги, 2010. – 247 с.
2. Казачек, Т. В. Особенности глубинного закрепления грунтов оснований зданий и сооружений в условиях г. Мариуполя [Текст] / Т. В. Казачек, А. Г. Шарабарин, Р. М. Хабибуллин // Вісник Донбаської держ. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонДАБА. – Макіївка, 2004. – Вип. 2004–3(45) : Матеріали 30 (3 Міжнародної) наукової конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. – С. 111–113.

Получено 12.03.2012

**К. В. АНДЕРЖАНОВА, Т. В. КОШЕЛЄВА**  
**ПОСИЛЕННЯ ОСНОВ ФУНДАМЕНТІВ БУДІВЕЛЬ У СКЛАДНИХ УМОВАХ**  
**СУЧАСНОГО МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА**  
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті розглядається комплексний спосіб посилення грунтових основ фундаментів при будівництві та реконструкції цивільних і промислових будівель та споруд у складних умовах сучасного міського будівництва. Комплексний спосіб посилення основ забезпечує ущільнення ґрунту, його закріплення в'язкими матеріалами та армування жорсткими елементами. Розглядаються умови ущільнення та закріплення ґрунтового масиву твердкими розчинами, сфера застосування способу, ефективність використання. Встановлюється вплив на якість зміцнення складу ґрунту використовуваної технології та складу закріплювальних розчинів. Надано рекомендації щодо вдосконалення відомого способу зміцнення ґрунтів, технології проведення робіт, комплексу обладнання, складу твердого розчину та сфери їх раціонального використання.

**основи фундаментів, будівництво, реконструкція, високонапорна цементация, закріплення ґрунтів, глибинне зміцнення, технологічна послідовність робіт, комплект обладнання, склад твердких розчинів, експериментальне дослідження, сфера застосування**

**EKATERINA ANDERZHANOVA, TATIANA KOSHELEVA**  
**STRENGTHENING OF GROUNDS OF FOUNDATIONS OF BUILDINGS IN THE**  
**DIFFICULT TERMS OF MODERN CITY BUILDING**  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

This article discusses an integrated way to strengthen the soil bases foundations in the construction and reconstruction of civil and industrial buildings in the difficult terms of modern city building. The complex method of strengthening of foundation is provided by the compression of soil, its fixing and re-enforcement hard elements astringent materials. The terms of compression and fixing of the ground array hardenings



solutions, application of method domain, efficiency of the use, are examined. Influence is set on quality of work-hardening of composition of soil of in-use technology and composition of fastenings solutions. The recommendations on perfection of well-known method of work-hardening of soils, technology of conduct of works, complete set of equipment, composition of hardening solution and area of their rational use have been given in this article.

**grounds of foundations, building, reconstruction, high-pressure cementation, fixing of soils, deep work-hardening, technological sequence of works, complete set of equipment, composition of hardening solutions, experimental researches, application domain**

УДК 624.97.042

**В. М. ЛЕВИН, С. В. ШАБЕЛЬНИК**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **РАСЧЕТ СИСТЕМЫ НЕСУЩИХ СТЕН ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ БАШЕННОГО КОПРА С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ СОПРЯЖЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ПЛОСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ**

В статье рассмотрены результаты вариационного расчета подземной части стен башенного копра. Проанализированы особенности сопряжения плоских конечных элементов со стержневыми элементами колонн. Предложен вариант приёма, обеспечивающего корректность полученных результатов.

**башенный копер, стена, конечный элемент, стержень, оболочка, сопряжение, нагрузка, сила, напряжения**

### **ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ**

В современной инженерной практике широкое распространение получили программные комплексы, реализующие метод конечных элементов. Большинство сложных моделей включают в себе различные типы конечных элементов (КЭ), учитывающие особенности напряжённо-деформированного состояния различных конструктивных элементов – линейные, плосконапряжённые, плитные, оболочечные (они перечислены в порядке возрастания размерности конфигурационного пространства). Чем выше размерность указанного пространства (больше степеней свободы учитывается), тем больше возможностей для повышения адекватности модели, однако при этом повышаются трудоёмкость подготовки исходных данных и требования к ресурсам памяти и времени.

Практика эксплуатации указанных комплексов показала, что можно сократить размер задачи и, как следствие, трудоёмкость подготовки исходных данных и требования к возможностям компьютера, если заранее известно, что роль некоторых степеней свободы чрезвычайно мала и может игнорироваться. Например, при расчёте преимущественно плосконапряжённых пластин и пластинчатых систем вместо оболочечных КЭ можно применять специальные КЭ, моделирующие безмоментное состояние. Однако иногда, в частности при сопряжении КЭ смежных стен модели подземной части башенного копра, имеющих сгущение сетки, и приложении сосредоточенных нагрузок в узел стыка, полученная конечноэлементная модель может оказаться некорректной. В настоящей работе анализируются примеры применения некоторых приёмов, восстанавливающих корректность модели в отмеченных ситуациях.

### **АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА**

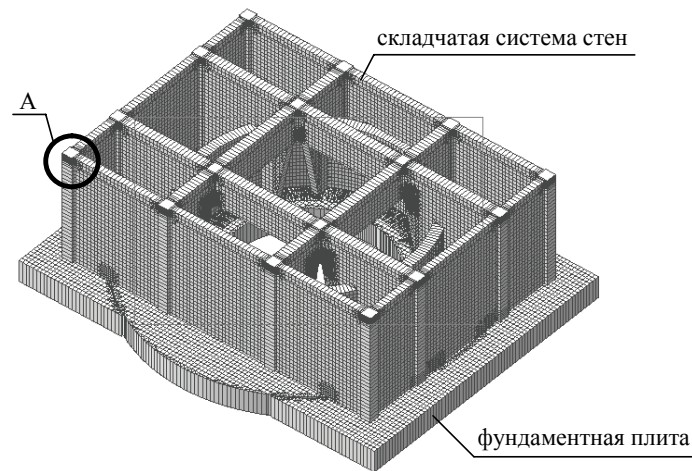
В настоящее время уже разработан ряд рекомендаций по моделированию узлов сопряжения КЭ различных типов, позволяющих обеспечить корректность конечноэлементной модели сооружения [1, 2, 3, 4].

В указанных источниках приведены примеры сопряжения стержневых и оболочечных КЭ (сопряжение колонны с фундаментной плитой или плитой перекрытия). Известно, что в таких узлах в области контакта КЭ в элементах плиты значения напряжений при сгущении сетки принимают некорректные значения. В целом решение данной проблемы заключается во вписывании действительного поперечного сечения колонны в сетку оболочечных элементов плиты. Предложены различные способы учета геометрических размеров сечения, например введение в схему абсолютно жестких тел [1, 3] либо элементов, обладающих некоторой податливостью [4].

Естественно также возникновение проблем при определении напряжений в зоне их сингулярности, например в оболочечных КЭ в местах приложения сосредоточенных сил. Предложенные варианты решения данной проблемы не всегда удобны в применении.

**Целью работы** является разработка возможного варианта практического решения сосредоточенных сил на оболочечные КЭ при расчете подземной части башенного копра.

В качестве объекта исследования принята складчатая система стен подземной части башенного копра, выполненная из монолитного железобетона (рис. 1). Надземная часть копра выполнена из сборных металлических конструкций, нагрузки от нее передаются на стены колоннами, опирающимися в местах пересечения стен. Расчет выполнен в ПК «ЛИРА».



**Рисунок 1** – Расчетная схема подземной части башенного копра.

В рассмотренных источниках преодоление проблемы моделирования зоны сосредоточенных нагрузок осуществляется несколькими путями:

- сгущением сетки КЭ и заменой сосредоточенной силы на распределенную;
- вырезанием фрагмента схемы и поиском точного решения вручную;
- введением в расчетную схему, состоящую из плоских элементов, объемных КЭ.

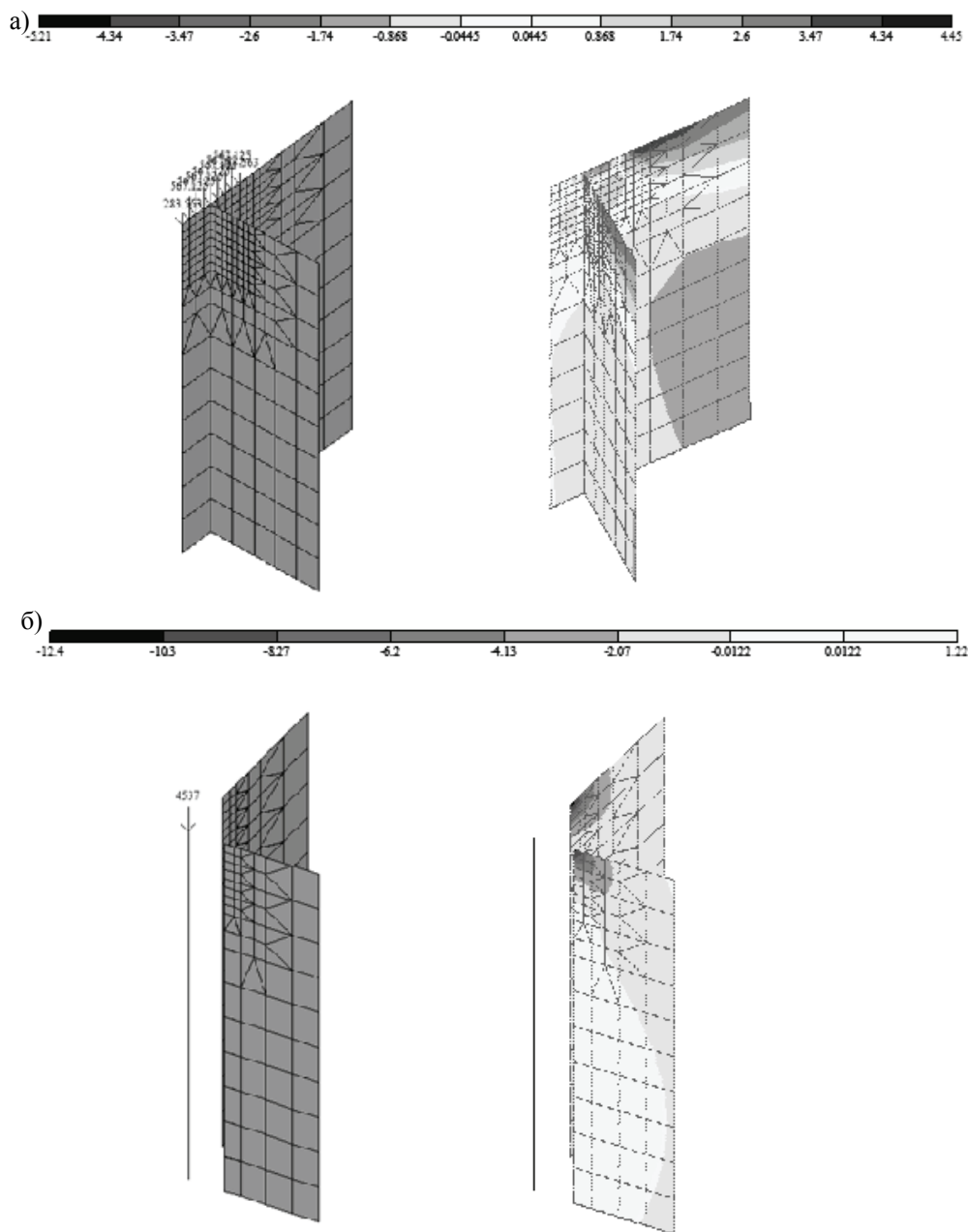
Введение в расчетную схему объемных КЭ является не во всех случаях удобным, поскольку приводит к увеличению объема задачи, что отражается на скорости расчета, а также возникают сложности сопряжения с плоскими КЭ.

Сгущение сетки КЭ и замена сосредоточенной силы на распределенную в рассмотренном в данной работе частном случае привело к результатам, противоречащим точному решению, а именно возникновению горизонтальных растягивающих напряжений высокой интенсивности (рис. 2а) в области приложения распределенной силы. В результатах расчета область концентрации горизонтальных растягивающих напряжений локализована на полосе высотой до 0,5 м и длиной до 1 м.

При таких величинах погрешности напряжений нелинейная постановка расчета становится затруднительной. Возможным решением данной проблемы является введение стержневых КЭ в состав стен в местах приложения сосредоточенных нагрузок (рис. 2б). Такой практический прием устранил зоны растягивающих напряжений на указанном выше участке стен подземной части башенного копра. Совместная работа КЭ стержней и пластин осуществляется путем объединения перемещений групп узлов, находящихся на одной отметке. При такой расчетной схеме растягивающие усилия в области приложения сосредоточенной силы в результате расчета не возникают, что является более логичным для работы таких конструкций.

## ВЫВОДЫ

При создании конечно-элементной модели системы стен подземной части башенного копра при наличии сосредоточенных сил высокой интенсивности, приложенных к оболочечным элементам стен в плоскости пластины, возможно введение стержневых элементов для передачи усилий от



**Рисунок 2** – Горизонтальные напряжения по  $N_x$  во фрагменте А (рис. 1) наружной стены: а – расчетная схема и усилия от распределенной силы, приложенной к пластинам; б – расчетная схема и усилия от сосредоточенной силы, приложенной к стержневому КЭ, введенному в состав стен.

приложенной нагрузки на элементы стен. Однако для оценки степени адекватности такой конечно-элементной модели в различных ситуациях необходим дальнейший численный анализ и сопоставление его результатов с результатами, полученными другими методами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Городецкий, А. С. Компьютерные модели конструкций [Текст] / А. С. Городецкий, И. Д. Евзеров. – К. : Факт, 2005. – 344 с.
2. Расчет и проектирование конструкций зданий из монолитного железобетона [Текст] / А. С. Городецкий, Л. Г. Батрак, Д. А. Городецкий [и др.]. – К. : Факт, 2004. – 106 с.
3. Перельмутер, А. В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа [Текст] / А. В. Перельмутер, В. И. Сливкер. – К. : Сталь, 2002. – 600 с.

4. Семенов, В. А. Метод соединения различных моделей конечных элементов и его приложение к стержням и оболочкам [Текст] / В. А. Семенов, П. Ю. Семенов // Пространственные конструкции : Сборник статей. – М. : Стройиздат, 2007. – Вып. 9. – С. 57–58.
5. Zienkiewicz, O. C. The Finite Element Method. Volume 2: Solid Mechanics [Текст] / O. C. Zienkiewicz, R. L. Taylor. – Fifth edition. – Oxford : Butterworth-Heinemann, 2000. – 459 p. – ISBN 978-0-7506-5055-7.
6. Mitchell, A. R. The finite element method in partial differential equations [Текст] / A. R. Mitchell, R. Wait. – Chichester – New York – Brisbane – Toronto: Wiley, 1977. – 212 p.
7. Descloux, J. Methode des elements finis [Текст] / J. Descloux. – Lausanne : EPFL, 1973. – 89 p.

Получено 02.04.2012

В. М. ЛЕВІН, С. В. ШАБЕЛЬНИК

РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ НЕСУЧИХ СТІН ПІДЗЕМНОЇ ЧАСТИНИ БАШТОВОГО КОПРА З УРАХУВАННЯМ ОСОБЛИВОСТЕЙ СПРЯЖЕННЯ ОКРЕМИХ ПЛОСКИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

В статті розглянуті результати варіаційного розрахунку підземної частини стін баштового копра. Проаналізовано особливості спряження плоских скінченних елементів зі стержньовими елементами колон. Запропоновано варіант способу, який забезпечує коректність результатів.

**баштовий копер, стіна, скінченний елемент, стержень, оболонка, спряження, навантаження, сила, напруження**

VICTOR LEVIN, SERGEY SHABELNIK

CALCULATION OF THE SYSTEM OF BEARING WALLS OF AN UNDERGROUND PART TOWER-TYPE DROP HAMMER TAKING INTO ACCOUNT FEATURES OF COUPLING THE SEPARATE FLAT ELEMENTS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

In this paper the results of variation calculation of an underground part of tower-type drop hammer have been observed. Features of coupling of flat finite elements with rod elements of columns have been analysed. The alternative method providing reasonableness of results has been offered.

**the tower-type drop hammer, the wall, the finite element, a trunk, a coverage, coupling, load, force, tension**

УДК 624.014

**Е. В. ГОРОХОВ, А. М. ЮГОВ, Р. И. ИГНАТЕНКО**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ И СТЕПЕНИ ИХ ВЛИЯНИЯ НА ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО МЕТОДА МОНТАЖА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ БАШЕННЫХ ОПОР ЛЭП**

В статье систематизированы факторы, влияющие на выбор метода монтажа металлических опор ЛЭП, приведена классификация типов существующих опор ЛЭП и методов их монтажа.

**металлические опоры ЛЭП, конструктивный тип опоры, рациональный метод монтажа**

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Многие существующие линии ЛЭП на территории Украины нуждаются в капитальном ремонте, планируется прокладка новых линий. При этом выбранный метод монтажа оказывает существенное влияние на общую трудоемкость. В настоящее время область применения различных методов монтажа, факторы, оказывающие существенное влияние на выбор метода монтажа, недостаточно четко определены.

### **АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

В настоящее время в Украине эксплуатируется более 1 млн км высоковольтных линий электропередачи, большинство из которых построены в конце 30-х – начале 60-х годов прошлого века и были рассчитаны на 40–50 лет эксплуатации. Согласно официальным данным НЭК «УкрЭнерго» в срочной реконструкции и ремонтах нуждается 72 % ВЛ 220 кВ и 23 % ВЛ 330 кВ. Кроме того, до 2030 г. за счет строительства, реконструкции и технического перевооружения электросетей напряжением 22–750 кВ предлагается ввести в эксплуатацию около 10 тыс. км ВЛ электропередачи. Для выдачи мощности энергоблоков атомных электростанций необходимо выполнить ряд работ по сооружению воздушных линий. В частности, планируется сооружение магистрали 330 кВ Ровенская АЭС – Луцк – Северная – Тернополь – Каменец-Подольский, реконструкцию одноцепной ВЛ 110 кВ «Севастополь-Алупка» с целью увеличения ее пропускной способности и устройство двухцепной ВЛ в районе южного берега Крыма. Реконструкция ВЛ 110 кВ «ПС Зоря – ПС Гаспра» по существующей трассе действующих ВЛ – 110 кВ «ПС Зоря – ПС Алупка» и «ПС Алупка – ПС Гаспра». Запланировано сооружение ряда подстанций и воздушных линий напряжением 330 кВ для питания энергоемких регионов Украины. В отечественной литературе упор делается на максимальную унификацию типов конструкций опор для удешевления заводского изготовления и минимизации затрат на индивидуальное проектирование. Рекомендуемые методы монтажа описываются без учета многих значимых факторов [3; 9].

### **ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Определение ряда факторов и степени их влияния на рациональный выбор метода монтажа металлических башенных опор ЛЭП.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для анализа степени влияния отдельных факторов на выбор рационального метода монтажа были произведены численные экспериментальные исследования на моделях пикетов различных видов.

## ЗАДАЧИ РАБОТЫ

- систематизация существующих методов монтажа металлических решетчатых башенных опор ЛЭП;
- определение факторов, оказывающих влияние на выбор метода монтажа;
- определение границ применимости отдельных методов монтажа;
- определение степени влияния факторов на выбор метода монтажа.

## КЛАССИФИЦИРУЮТ ВИДЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОПОРЫ ЛЭП ПО РАЗЛИЧНЫМ ПРИЗНАКАМ:

По эксплуатационному назначению: промежуточные (П), анкерные (А), угловые (У), концевые (К) и специальные (С).

По функциям:

- транспозиционные – для изменения порядка расположения проводов на опорах (для изменения порядка расположения фаз);
- ответвляемые – для устройства ответвлений от магистральной линии;
- перекрестные – для пересечения ВЛ двух направлений;
- противоветровые – для усиления механической прочности ВЛ;
- переходные – для переходов ВЛ через естественные препятствия и искусственные сооружения и др.;
- повышенные; пониженные.

По числу проводов (цепей): одноцепные; двухцепные; многоцепные.

По конструкции опоры делят на свободностоящие и с оттяжками. Оба типа опор могут быть одно-стоечными и порталными. К свободностоящим опорам относят также А – образные опоры и опоры с подкосами. Свободностоящие опоры рассчитаны на передачу действующих на них нагрузок непосредственно через стойки на грунт или фундамент. Стойки опор с оттяжками передают на грунт или фундамент только вертикальные нагрузки; поперечные и продольные (относительно оси ВЛ) нагрузки передаются на грунт оттяжками, закрепленными за анкерные плиты.

## СПОСОБЫ МОНТАЖА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОПОР ЛЭП МОЖНО РАЗДЕЛИТЬ НА СЛЕДУЮЩИЕ ГРУППЫ:

Монтаж предварительно собранной опоры (на предприятии-изготовителе или непосредственно на пикете):

- подъем с помощью кранов;
- подъем с помощью вертолета;
- с помощью монтажной мачты;
- с помощью «падающей» мачты и шевров;
- выжиманием;
- скольжением.

Монтаж методом наращивания:

- монтаж самоходными стреловыми кранами;
- монтаж приставными кранами;
- монтаж самоподъемными кранами;
- монтаж самоподъемными порталами;
- монтаж с помощью башенно-стрелового оборудования самоходных кранов;

Монтаж методом подрачивания.

Монтаж поэлементно в проектном положении: с помощью кондукторов; бескондукторный.

При выборе рационального метода монтажа нужно учитывать различные конструктивные, технологические, экономические и даже социальные аспекты. Обычно попытка добиться лучших результатов в одном аспекте приводит к конфликту с другими аспектами. Поэтому нельзя, просто оптимизируя каждый аспект, получить оптимальное решение по выбору метода монтажа. Следует рассматривать проблему выбора интегрированным образом, достигая наибольшего суммарного экономического эффекта.

## ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА МЕТОДА МОНТАЖА ОПОР ЛЭП:

**Адаптивность.** В развитых странах уже давно отказались от массового применения типовых проектов опор ЛЭП. Каждая линия должна строиться с учетом всех нюансов рельефа, климата, социальной значимости и т. п. Современные требования к проектированию воздушных линий электропередачи приводят к тому, что становится экономически нецелесообразно применять унифицированные конструкции опор с их последующей привязкой к местности. Более обоснованным представляется подход к индивидуальному проектированию отдельных участков линии, которые отличаются либо технологическими требованиями, либо величиной внешних, в первую очередь, климатических нагрузок.

Уже на стадии проектирования можно рассматривать большое количество альтернативных вариантов строительства и закладывать в окончательный проект оптимальные решения. Это автоматически влечет за собой увеличение количества возможных вариантов методов монтажа.

**Надежность.** Под надежностью понимается свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения включает безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. Правильность и качество сборки в большой степени обуславливают дальнейшую эксплуатацию. Для решетчатых металлических опор срок эксплуатации составляет в среднем 40 лет.

**Транспортабельность.** Транспортные работы на строительстве ВЛ сопряжены с рядом трудностей, которые вызваны большой протяженностью фронта работ, бездорожьем, относительно невысокой прочностью укрупненных элементов конструкций, негабаритностью грузов. Так как с доставки материалов и конструкций начинаются основные работы по сооружению ВЛ, их транспортировка имеет первостепенное значение для организации работ на трассе. Особое внимание ей уделяют в подготовительный период.

**Землеотвод.** Этот показатель в последние годы приобретает все большее значение по причине постоянного роста цен на землю. Оптимизация обеспечивается за счет меньшего количества опор при равном отводе на одну опору. Сокращаются затраты и на временный землеотвод. Стоимость землеотвода для ЛЭП определяется с учетом расчетных величин площади отвода самой опоры, размера трассы ВЛ и оценочной стоимости земли.

По данным Государственного Комитета по земельным ресурсам официальная стоимость в среднем по Украине составляет 1 602,5 долларов США за 10 000 м<sup>2</sup>. Площадь землеотвода считается в соответствии с требованиями ДБН В.2.5-16-99. Также следует учитывать особенности местности, по которой проходит трасса.

## КОНЦЕПЦИЯ ПОЭТАПНОГО АНАЛИЗА РАЦИОНАЛЬНОГО ВЫБОРА МЕТОДА МОНТАЖА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ БАШЕННЫХ ОПОР ЛЭП

Факторы, влияющие на выбор метода монтажа (рис. 1):

Параметры единичной опоры:

Линейные размеры: база опоры; общая высота опоры; база и расчалки.

Вес: в сборе; укрупненных элементов; отдельных элементов.

Тип стыков элементов: сварка; заклепки; болтовое; смешанное.

Тип фундамента: монолит; сборный железобетонный.

Конструктивный тип опоры.

Способ монтажа:

Необходимая техника: грузоподъемность; высота подъема; количество монтируемых единиц; доступность / стоимость техники.

Землеотвод: город; сельхозназначения; обычные условия.

Условия пикета: вид рельефа; стесненность.

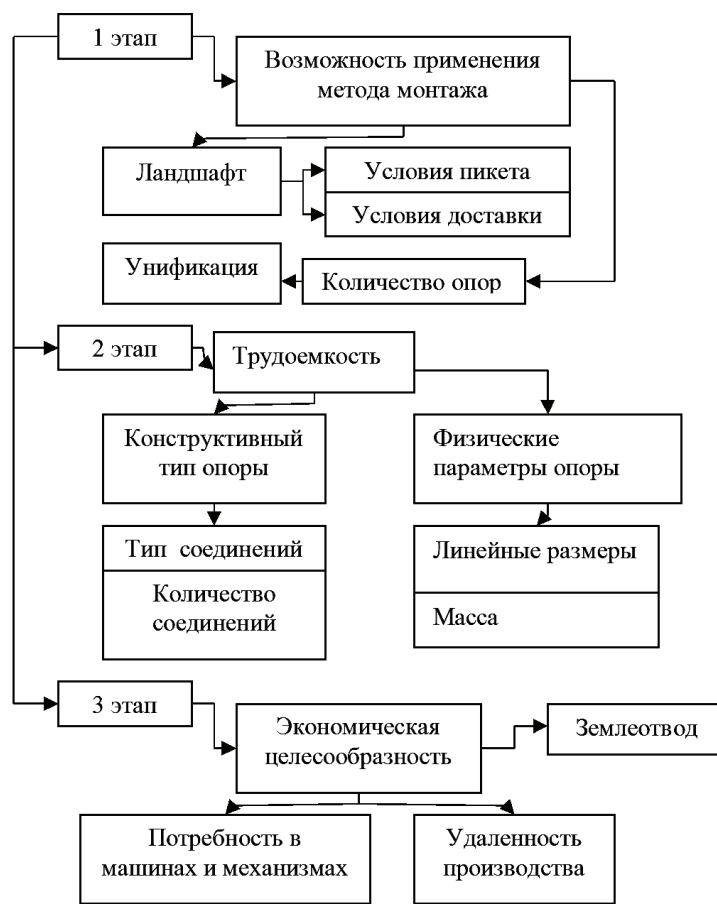
Монтажные нагрузки и воздействия при монтаже: в сборе; укрупненными блоками.

Сохранение формы при монтаже: с применением кондукторов; без кондукторов.

Другие: количество опор линии; единичная опора; сроки монтажа; стоимость работ; удаленность производства опор; сложность сборки.

Одним из значимых, но наименее описанных факторов является тип местности, по которой проходит ВЛ или возводится единичная опора. Существует несколько способов классификации типов местности.





**Рисунок 1** – Поэтапный выбор рационального метода монтажа металлических башенных опор ЛЭП.

В соответствии с ПУЭ 2006 тип местности определяют с учетом расчетного направления ветра. Очевидно, что основным критерием при определении типа местности по ПУЭ является ветровая нагрузка. При выборе метода монтажа этого может оказаться недостаточно.

Классификация типа местности по проходимости: свойства местности, облегчающие или ограничивающие передвижение различных видов техники, определяют условия проходимости.

В данной классификации не учитываются локальные условия пикета с учетом специфики технологических процессов возведения опор ЛЭП. Существуют также виды классификации типа местности: геодезическая, геологическая. Ни одна из существующих классификаций в достаточной степени не содержит полного перечня необходимых факторов.

## ВЫВОД

Учет совокупности факторов и их взаимосвязи при выборе метода монтажа металлических башенных опор ЛЭП позволяет принять обоснованно-рациональное решение, сократив до возможного минимума затраты труда и материальных ресурсов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паливно-енергетичний комплекс України в контексті глобальних енергетичних перетворень [Текст] / А. К. Шидловський, Б. С. Стогній, М. М. Кулик [та ін.]. – К. : Українські енциклопедичні знання, 2004. – 468 с.
2. Основные направления обеспечения надежного и безопасного функционирования объединенной энергетической системы Украины [Текст] / А. Баталов, В. Лучников, А. Кириленко [и др.] // Энергетическая политика Украины. – 2006. – № 3–4(67–68). – С. 16–19.
3. Стальные многогранные опоры для распределительных электрических сетей: возможности и перспективы [Текст] / В. Н. Вариводов, С. Е. Казаков, В. В. Кулик, В. М. Ударов // Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. – 2005. – № 2. – С. 37–42.

4. Правила устройства электроустановок [Текст] / Минэнерго СССР. – 4-е изд. – М. : Энергоатомиздат, 1965. – 464 с. – (Нормативный документ Минэнерго СССР).
5. Правила улаштування електроустановок. Глава 2.5 «Повітряні лінії електропередачі напругою вище 1 кВ до 750 кВ» [Текст]. – Офіц. вид. – К. : ГРІФРЕ : М-во палива та енергетики України, 2006. – III, 125 с. – (Нормативний документ Мінпаливенерго України).
6. Расчет и проектирование пространственных металлических конструкций [Текст] : учеб. пособие для студ. строит. профиля, магистрантов, аспирантов, а также послевуз. подготов. и переподготов. / Е. В. Горохов, В. Ф. Муцанов, Я. В. Назим, И. В. Роменский ; под общ. ред. Е. В. Горохова ; Донбас. нац. акад. стр-ва и архитектуры. – Макеевка : [ДонНАСА], 2012. – 561 с. – ISBN 978-617-599-012-4
7. Назим, Я. В. Питання визначення ожеледно-вітрових навантажень на повітряні лінії електропередавання в умовах складного рельєфу [Текст] / Я. В. Назим, О. О. Лещенко // Металеві конструкції. – 2010. – Том 16, № 4. – С. 259–271.
8. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции [Текст]. – Взамен СНиП III-15-76; СН 383-67; СНиП III-16-80; СН 420-71; СНиП III-18-75; СНиП III-17-78; СНиП III-19-76; СН 393-78 ; введ. 1988-07-01. – М. : ФГУП ЦПП, 2007. – 192 с.
9. ДБН В.2.6-163:2010. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу [Текст]. – Чинні від 2011-12-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 220 с.
10. Аэродинамика электросетевых конструкций [Текст] : Монография / [Е. В. Горохов, М. И. Казакевич, С. Н. Шаповалов, Я. В. Назим]; под ред. Е. В. Горохова, М. И. Казакевича. – Донецк : [б. и.], 2000. – 336 с.
11. Крюков, К. П. Конструкции и механический расчет линий электропередач [Текст] / К. П. Крюков, Б. П. Новгородцев. – Л. : Энергия, Ленинградское отделение, 1979. – 312 с.
12. ДБН В.2.5-16-99. Інженерне обладнання споруд, зовнішніх мереж. Визначення розмірів земельних ділянок для об'єктів електричних мереж [Текст]. – На заміну СН 465-74 ; введ. 1999-08-01. – Київ : Держбуд України, 1999. – 21 с.

Получено 23.03.2012

Є. В. ГОРОХОВ, А. М. ЮГОВ, Р. І. ІГНАТЕНКО  
ВИЗНАЧЕННЯ ЧИННИКІВ І СТУПЕНЯ ЇХ ВПЛИВУ НА ВИБІР  
РАЦІОНАЛЬНОГО МЕТОДУ МОНТАЖУ МЕТАЛЕВИХ БАШТОВИХ ОПОР  
ЛЕП

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті систематизовані чинники, що впливають на вибір методу монтажу металевих опор ЛЕП, наведена класифікація типів існуючих опор ЛЕП і методів їх монтажу.

**металеві опори ЛЕП, конструктивний тип опори, раціональний метод монтажу**

YEVGEN GOROKHOV, ANATOLIY YUGOV, ROMAN IGNATENKO  
EVALUATION OF FACTORS AND THEIR SEVERITY ON CHOOSING A RATIONAL  
METHOD OF ERECTING POWER TRANSMISSION LINE METALLIC TOWERS  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The factors affecting a choice of a method of erecting power transmission line metallic towers have been systematized in the paper and the classification of the types of the power transmission line towers available and the method of their erection have been given.

**power transmission line metallic towers, constructive type of a tower, rational method of erecting**

УДК 528.48

**А. С. ЧИРВА, Т. В. МОРОЗОВА, С. С. МАЛИКОВ**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ЛАЗЕРНОГО УКАЗАТЕЛЯ НАПРАВЛЕНИЙ**

Выполнено исследование точности лазерных визиров при работе в различных условиях, исследовано влияние перефокусировки зрительной трубы на размер лазерного пятна. Проведен сравнительный анализ результатов нивелирования выполненного лазерным прибором и точным нивелиром. Полученные результаты позволяют рекомендовать использование лазерных визиров разного назначения для решения различных задач.

**лазерный указатель направлений, коллиматор, перефокусировка лазерного визира, геометрическое нивелирование, средняя квадратическая погрешность**

**ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Для решения различных задач в изысканиях, при строительстве сооружений линейного типа, монтаже рядов колонн, трубопроводов широкое применение находят лазерные указатели направлений (ЛУН-9, УНЛ-01, SLB-110 и др.), обладающие определенными достоинствами по сравнению с оптическими геодезическими приборами и отличающиеся невысокой стоимостью по сравнению с электронными тахеометрами. Обладая малой расходимостью (3'–8'), лазерный луч с помощью коллиматора уменьшается до 30", что позволяет уменьшать величину лазерного пятна на малых расстояниях до 1–2 мм. С увеличением расстояния величина пятна лазерного луча увеличивается, появляется размытость краев вследствие колебаний луча, что снижает точность наведения на марку или фиксацию отсчета.

**АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Геометрическая форма лазерного луча до и после прохождения оптической системы характеризуется местоположением перетяжки, ее размером  $w_0$  и конфокальным параметром  $R_z$ . Когда эти характеристики известны, диаметр пятна лазерного луча в любом его сечении определяется по формуле [1]:

$$w_z = w_0 \sqrt{1 + \left( \frac{2z}{R_z} \right)^2}, \quad (1)$$

где  $z$  – расстояние от перетяжки до определяемого сечения лазерного луча.

С изменением фокусировки коллиматора происходит изменение конфокального параметра, положения перетяжки и ее размера. Точность визирования и определения положения точек относительно лазерного луча зависит от величины пятна и стабильности его положения в пространстве. При прохождении лазерного луча в атмосфере, в зависимости от конкретных условий, помимо рефракции возникают различные флуктуационные явления, затрудняющие четкую фиксацию центра лазерного луча [2]. Исследования показали, что при частоте 25 Гц амплитуда флуктуаций угла прихода (визирования) составляет 2,2–2,5". Оптимальный выбор времени наблюдений позволяет повысить точность измерения зенитных расстояний до 1", что позволит измерять превышения тригонометрическим нивелированием на расстояниях до 10 км с ошибкой до 50 мм [3]. Однако вопрос влияния рефракции на расстояниях до 300 м в литературе освещен недостаточно.

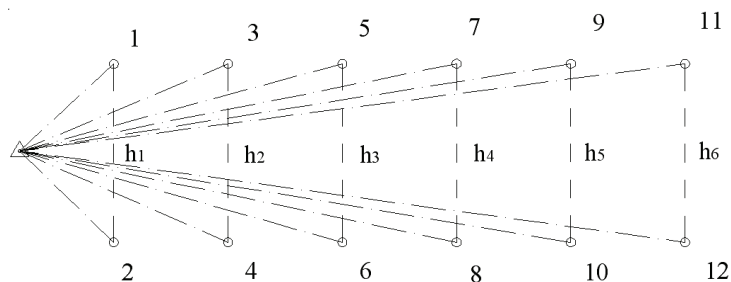
## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для исследования точности лазерных визиров ЛУН-9 и УНЛ-01 нами выполнялись наблюдения в закрытом помещении (160 м) и на открытой площадке (при длине линий до 300 м). Исследования ошибок перефокусировки производились через 20 м по выбранным направлениям. Лазерный прибор устанавливался в начале линии и через каждые 20 м определялся размер лазерного пятна при перефокусировке наведением на экран и при постоянной фокусировке. Результаты исследований приведены в таблице 1. Для определения точности нивелирования с помощью лазерного луча перпендикулярно базисной линии по обе стороны на расстояниях 5–6 м выполнялось нивелирование методом «вперед». Для контроля между пикетами осуществлялось геометрическое нивелирование нивелиром Ni-007.

**Таблица 1** – Размер лазерного пятна в зависимости от расстояний до определяемых точек

Z, м	Диаметр пятна луча, мм		Z, м	Диаметр пятна луча, мм	
	при перефокусировке на расст. $z_i$	при постоянной фокусировке на $z = 280$ м		при перефокусировке на расст. $z_i$	при постоянной фокусировке на $z = 280$ м
0	–	–	160	15	20
20	2	–	180	18	20
40	4	20	200	18	22
60	6	22	220	18	20
80	8	20	240	18	20
100	10	22	260	21	22
120	12	21	280	22	22
140	14	22	–	–	–

На рис. 1 приведена схема нивелирования точек лазерным указателем направлений.



**Рисунок 1** – Схема нивелирования точек лазерным прибором.

Геометрическое нивелирование выполнялось со средней квадратической погрешностью  $m_n = \pm 0,7$  мм. Средняя квадратическая погрешность определения превышений с помощью лазерного визира определялась по формуле:

$$m'_n = \sqrt{\frac{\Delta h^2}{n}}, \quad (2)$$

где  $n$  – количество превышений.

В таблице 2 приведены результаты нивелирования.

Так как точность нивелирования лазерным прибором определена относительно геометрического нивелирования, необходимо учитывать ошибку  $m_n$ , тогда:

$$m_n = \sqrt{m_n^2 + m'_n{}^2}. \quad (3)$$

Исследования проводились при пасмурной погоде в летнее время с 16 до 18 часов. При увеличении расстояния от лазерного визира до рейки более 240 м появляется вторичное светлое пятно в центре, что облегчает нивелирование, особенно в темное время суток.

Таблица 2 – Результаты нивелирования точек лазерным прибором и нивелиром Ni-007

Расст. Z, м	Превышение (лазер. прибор) $h_{лн}$ мм	Превышение (Ni-007) $h_{нн}$ мм	$\Delta h = h_{л} - h_{н}$	$\Delta h^2$	Примечание
0					$m'_л = \pm 8,00$ $m_л = \pm 8,07$
20	-0104	-0110	+6	36	
40	-0100	-0115	+15	225	
60	-0152	-0166	+14	196	
80	-0144	-0148	+4	16	
100	-0089	-0091	+2	4	
120	+0018	+0020	-2	4	
140	+0001	+0005	-4	16	
160	-0157	-0152	-5	25	
180	-0035	-0045	+10	100	
200	+0077	+0081	-4	16	
220	-0029	-0023	-6	36	
240	+0020	+0012	+8	64	
260	-0070	-0060	-10	100	
			$\Sigma$	840	

При исследовании стабильности лазерного луча в закрытом помещении были обнаружены значительные колебания вследствие действия поперечных воздушных потоков, приводящих к размытию пятна, увеличению его размера и смещениям по горизонтали до 10–20 мм в зависимости от расстояния до воздействующих помех. На стабильность лазерного луча, как правило, оказывают значительное воздействие локальные тепловые конвекционные потоки, вследствие которых лазерный луч начинает колебаться, пятно теряет четкость и происходит постепенное смещение луча, амплитуда которого носит переменный характер.

Полученные результаты исследований позволяют сделать следующие **выводы**:

- при увеличении расстояний более 180 м диаметр пятна луча лазерного прибора при фокусировке изменяется незначительно, поэтому рекомендуется устанавливать постоянную фокусировку на предельное расстояние;
- использование лазерного визира для нивелирования позволяет определять превышения с помощью подвижной шкалы с ошибкой  $\pm 8,1$  мм;
- при удалении рейки от лазерного визира более 100 м затрудняется фокусировка луча до минимального размера, особенно в дневное время; требуется применение двухсторонней связи или дополнительной оптической системы с увеличением до 20 $\times$ ;
- в закрытых помещениях точность визирования снижается из-за влияния конвекционных потоков, особенно действующих перпендикулярно лазерному лучу;
- полученные результаты позволяют рекомендовать использование лазерных визиров разного назначения для решения различных инженерных задач на расстояниях до 150 м. При планировочных работах можно использовать лазерные визиры на расстояниях 250–300 м.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Парамонова, Е. Г. О фокусировке луча в лазерном визире ЛВ-5 [Текст] / Е. Г. Парамонова // Труды МИИЗ. – 1976. – Вып. 85. – С. 68–74.
2. Перепечкин, А. А. Автоматическая лазерная установка для измерения осадок и деформаций сооружений [Текст] / А. А. Перепечкин // Вопросы геодезии : Труды ВАГО. – Волгоград, 1974. – Вып. 1. – С. 102–104.
3. Иванов, Ю. Л. Применение лазеров в научных исследованиях [Текст] / Ю. Л. Иванов. – Ленинград : Знание, 1985. – 86 с.
4. Сушков, А. С. Исследование флуктуаций лазерного излучения при прохождении его через атмосферу [Текст] / А. С. Сушков // Реферативный сборник. Серия геодезическая. – М. : ЦНИИГАиК, 1975. – № 36. – С. 21–25.
5. Плотников, В. С. Геодезические приборы [Текст] / В. С. Плотников. – М. : Недра, 1987. – 396 с.
6. Драгунов, Е. Я. Применение лазерных геодезических приборов в строительстве [Текст] / Е. Я. Драгунов, В. Ф. Черников // Энергетич. стр-во за рубежом. – 1989. – № 3. – С. 25–29.

Получено 19.03.2012

О. С. ЧИРВА, Т. В. МОРОЗОВА, С. С. МАЛИКОВ  
ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ЛАЗЕРНОГО ПОКАЖЧИКА НАПРЯМІВ  
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Виконано дослідження точності лазерних візирів при роботі в різних умовах, досліджено вплив перефокусування зорової труби на розмір лазерної плями. Проведено порівняльний аналіз результатів нівелювання виконаного лазерним приладом і точним нівеліром. Отримані результати дозволяють рекомендувати використання лазерних візирів різного призначення для розв'язання різноманітних задач. **лазерний показчик напрямків, коліматор, перефокусування лазерного візира, геометричне нівелювання, середня квадратична похибка**

ALEXANDER CHIRVA, TATYANA MOROZOVA, SERGEI MALIKOV  
INVESTIGATION OF THE ACCURACY OF THE LASER POINTER DIRECTIONS  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The accuracy of the laser beam when operating under different conditions, the effect of refocusing the telescope the size of the laser spot have been investigated . A comparative analysis of results has been performed by a laser leveling device and preciseleveling. The obtained results allow to recommend the use of the laser beam for different purposes for different tasks.

**laser pointer directions, collimator, refocusing laser beam, the geometric leveling, the mean square error**

УДК 624.953

**В. Ф. МУЩАНОВ, С. Г. КУЗНЕЦОВ, А. В. ЗУБЕНКО, И. В. МОСКАЛЕНКО, С. Б. ПЧЕЛЬНИКОВ,  
Э. А. ЛОЗИНСКИЙ, В. Н. ВАСЫЛЕВ**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДЛЯ ПОКРЫТИЙ РАЗЛИЧНОЙ КРИВИЗНЫ И СТЕНКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕЗЕРВУАРОВ**

На примере вертикального цилиндрического резервуара (ВЦР) проведен анализ влияния различных форм кровли на его аэродинамические характеристики, а также изучены аэродинамические характеристики при групповом расположении. На основании экспериментальных данных, полученных в аэродинамической трубе МАТ-1 ДонНАСА, построены графики для аэродинамических коэффициентов применительно к трем типам кровли (сферической, провисающей, плоской), а также для вертикальной стенки отдельно стоящего резервуара и группы резервуаров показан профиль распределения аэродинамических коэффициентов в плане.

**аэродинамический коэффициент, покрытие, вертикальный цилиндрический резервуар**

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

Ветровое воздействие и аэродинамическое поведение вертикальных цилиндрических резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов интенсивно изучалось в работах ЦНИИСК им. Кучеренко [8], Р. А. MacDonald et. [1, 2], Holroyd [3].

В данной статье на примере вертикального цилиндрического резервуара (ВЦР) проведен анализ влияния различных форм кровли на его аэродинамические характеристики, а также изучены аэродинамические характеристики при групповом расположении ВЦР.

**Целью данной статьи** является изучение аэродинамических характеристик вертикальных цилиндрических резервуаров с различными формами кровли сначала для отдельно стоящего резервуара. А затем изучение характеристик для группы из четырех таких объектов. При решении данной задачи были рассмотрены модели резервуаров объемом 20 тыс. м<sup>3</sup>.

### **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ**

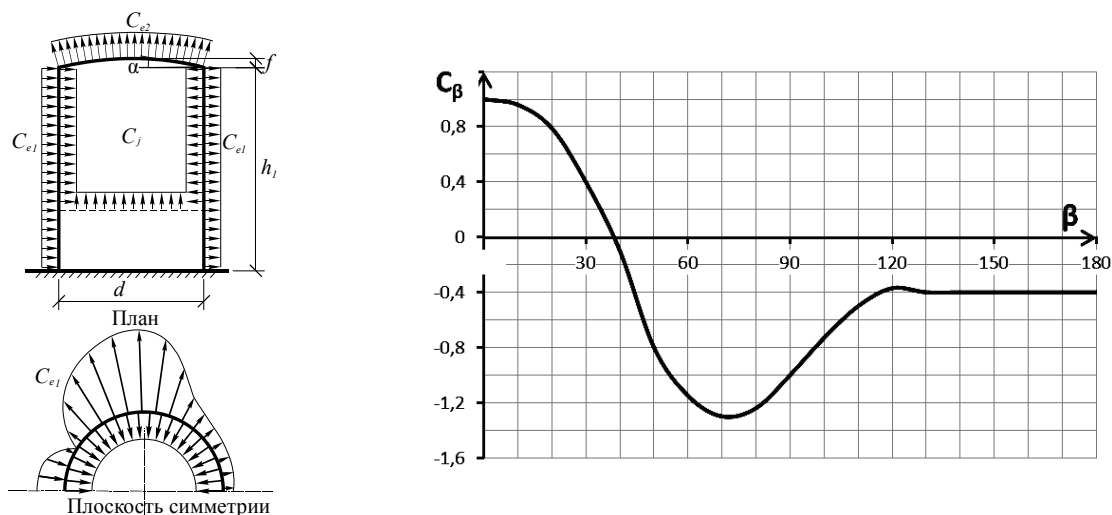
В связи с отсутствием регламентированных нормами значений аэродинамических коэффициентов для резервуаров с провисающим типом кровли, как отдельно стоящего, так и для группы объектов, была поставлена задача о необходимости их определения.

В нормативных документах [1, 2] приводятся значения аэродинамических коэффициентов для отдельно стоящего сооружения с круговой цилиндрической поверхностью и сферической формой кровли. На рис. 1 показаны нормативные схемы распределения аэродинамических коэффициентов.

### **ПЛАН ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА**

Объект исследования – вертикальный цилиндрический резервуар объемом 20 тыс. м<sup>3</sup> с несколькими вариантами кровли (плоской, сферической, провисающей).

1. Изготовление модели.
2. Составление программы испытаний.
3. Установка датчиков в определенных местах.

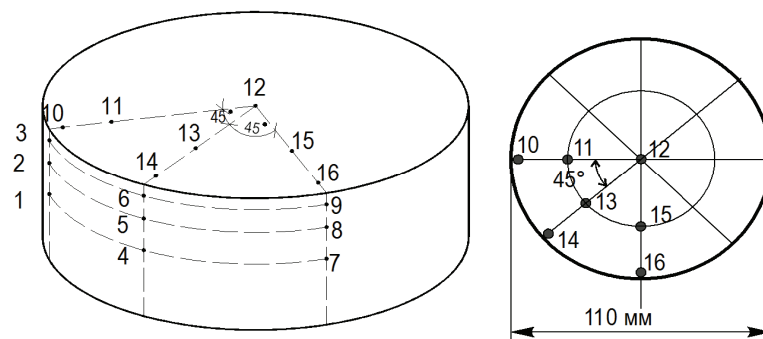


**Рисунок 1** – Схема вертикального цилиндрического резервуара с нормативной эпюрой аэродинамических коэффициентов.

4. Снятие и аналитическая обработка данных.

5. Тестирование результатов по известным классическим примерам.

План экспериментальных исследований модели резервуара М 1:400 в аэродинамической трубе МАТ-1 ДонНАСА предусматривает определение коэффициентов ветрового давления ( $C_{pi}$ ) в 16 опорных точках на резервуаре (рис. 2). В процессе исследований определяется зависимость  $C_{pi} = f(\beta)$  в диапазоне  $\beta = 0...360^\circ$  с шагом  $\Delta\beta = 10^\circ$ . Исследования выполнены при числе Рейнольдса  $Re \approx 1,89 \cdot 10^5$ .



**Рисунок 2** – Схема расстановки дренажных точек.

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Масштабные испытания моделей в аэродинамической трубе с пограничным слоем один из способов определения воздействий, которые ветер оказывает на здания и сооружения. Испытания моделей обычно осуществляются на масштабных моделях (в диапазоне от 1:100 до 1:1 000), чтобы получить надежное моделирование турбулентности и адекватную репрезентацию окружающей подстилающей поверхности. Проектные ветровые нагрузки обычно определяются измерением колебаний ветровых нагрузок у основания, с использованием высокочастотного передатчика силы или одновременным измерением колебаний поверхностного давления на всей поверхности здания многоточечным сканированием.



Характеристики МАТ-1: рабочая часть закрытого типа – длина 4,8 м; ширина 1,0 м; высота 0,7 м; диаметр поворотного круга 0,9 м; максимальная скорость потока 20 м/с; 1 вентилятор мощностью 8 кВт, 220 В. Назначение: испытание отдельных зданий или сооружений в масштабах 1:100–1:1 000; элементов конструкций; отработка методик экспериментов; поверка и градуировка приборов и датчиков.

Схема выбранной аэродинамической компоновки МАТ-1 и размеры основных ее элементов показаны на рис. 3.

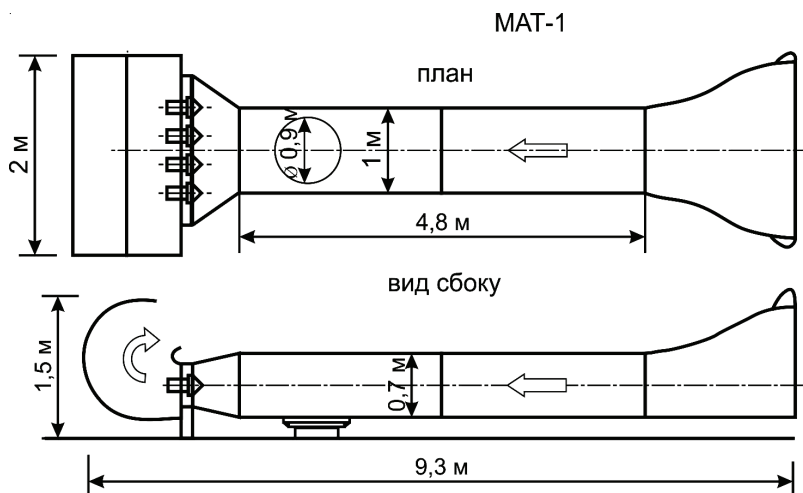


Рисунок 3 – Схема аэродинамической компоновки МАТ-1.

Выбор масштаба моделирования связан с выполнением требований так называемого «миделевого сечения», когда максимальная площадь проекции модели на плоскость, перпендикулярную воздушному потоку, не должна превышать 10 % рабочего сечения аэродинамической трубы, которое для трубы МАТ-1 ДонНАСА составляет прямоугольник размером 700×1 000 мм, а площадь «миделевого сечения» 700 000 мм<sup>2</sup>. Исходя из указанного, масштаб модели был принят равным 1:400 при максимальной площади проекции на вертикальную плоскость 20 000 мм<sup>2</sup> или 2,9 %.

### МОДЕЛЬ

Модель сооружения выполнена из пластиковой трубы диаметром 110 мм и высотой 55 мм. Поверхность кровли разбита радиальными лучами на отдельные сектора, которые по радиальным лучам были покрыты дренажными точками (рис. 4) [4].

Расстановка дренажных точек на модели показана на рис. 4.

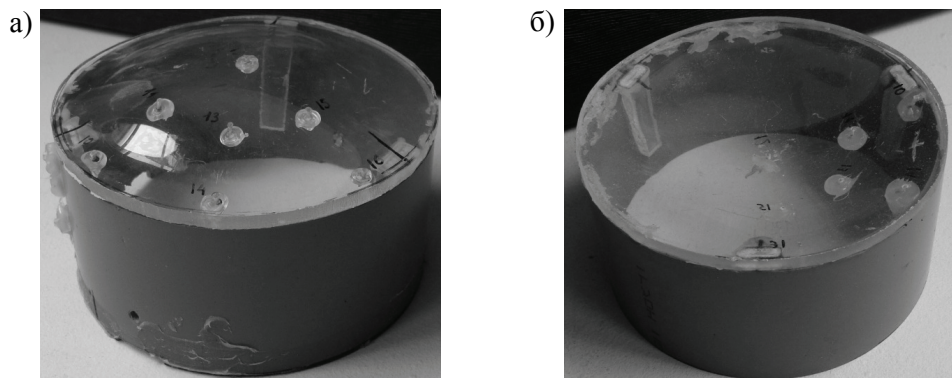


Рисунок 4 – Расстановка дренажных точек на модели: а) с выпуклой кровлей; б) с провисающей кровлей.

При постановке модельного эксперимента выполнялось основное условие достоверности его результатов – обеспечение постоянства отношений одноименных физических величин для модели и натуре (геометрическое подобие обеспечивалось строгим соблюдением масштаба моделирования, кинематическое подобие выполнялось подобием скоростных спектров модели и натуре).

Для измерения средних локальных аэродинамических коэффициентов на поверхности кровли выбраны для измерения точки с просверленными в них отверстиями  $\varnothing = 1$  мм, в которые были вставлены иглы  $\varnothing = 0,6$  мм и были вклеены поливинилхлоридные трубки. С верхней стороны модели трубки были заделаны заподлицо (в одном уровне с поверхностью модели) с ее поверхностью, а свободные концы трубок пропускались через отверстие в поворотном круге и выводились к измерительному столику, где завершались датчиками малого давления фирмы MOTOROLA.

С помощью датчиков малого давления, подключенных к системе SCADA, и программного комплекса OWEN в ЭВМ фиксировалось давление в паскалях как полное (с помощью установленной там трубки Пито), так и локальное (в дренажной точке).

Проводимое масштабное аэродинамическое исследование (рис. 5) состояло из нескольких этапов, и последовательно определялись ветровые коэффициенты для таких конфигураций модели резервуара:

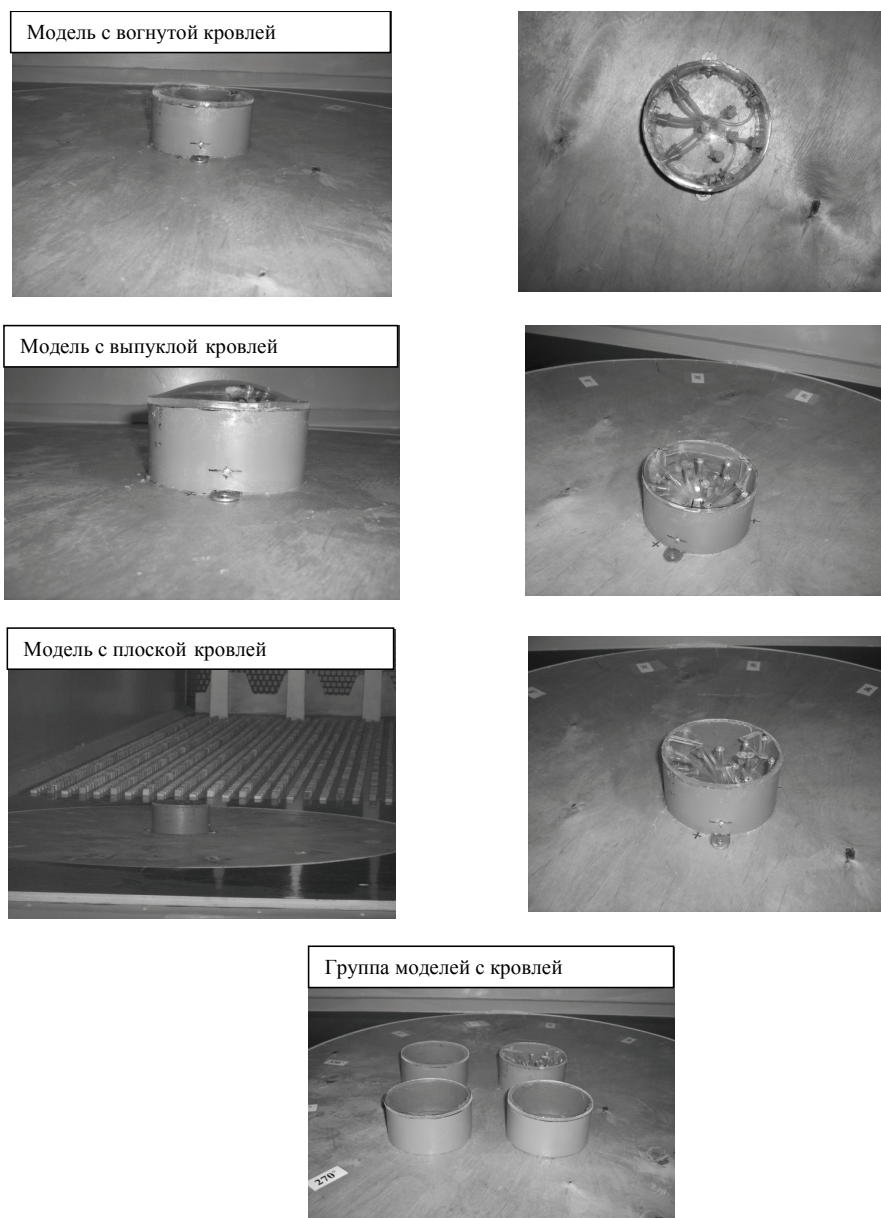


Рисунок 5 – Этапы проведения эксперимента.

1. Модель с вогнутой кровлей.
2. Модель с выпуклой кровлей.
3. Модель с плоской кровлей.
4. Группа моделей с плоской кровлей.

В результате были обдuty резервуар с вогнутой, выпуклой и затем плоской кровлями в одиночной и групповых постановках. Измерены давления в дренажных точках, расположенных на поверхностях кровли объектов.

На рис. 6 показаны основные размеры расположения для группы резервуаров в нефтепарке.

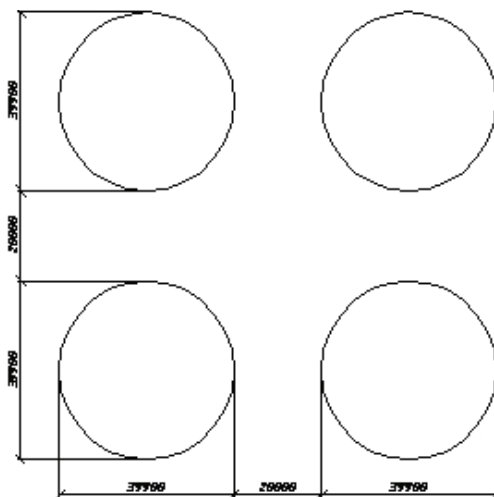


Рисунок 6 – Общая схема расположения группы резервуаров.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

В результате получены аэродинамические коэффициенты. Распределение аэродинамических коэффициентов на поверхности покрытия показано на рис. 7.

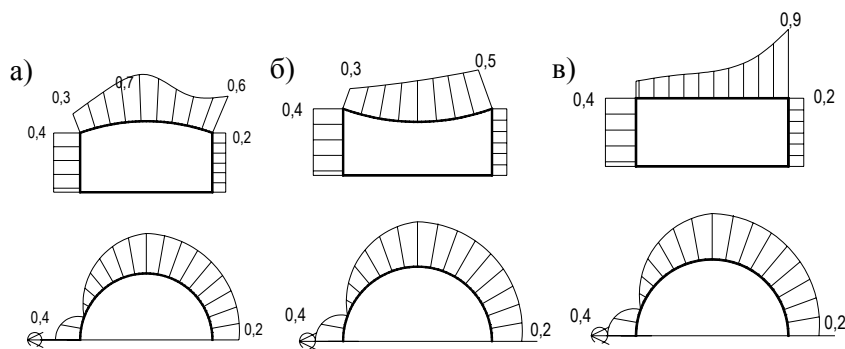
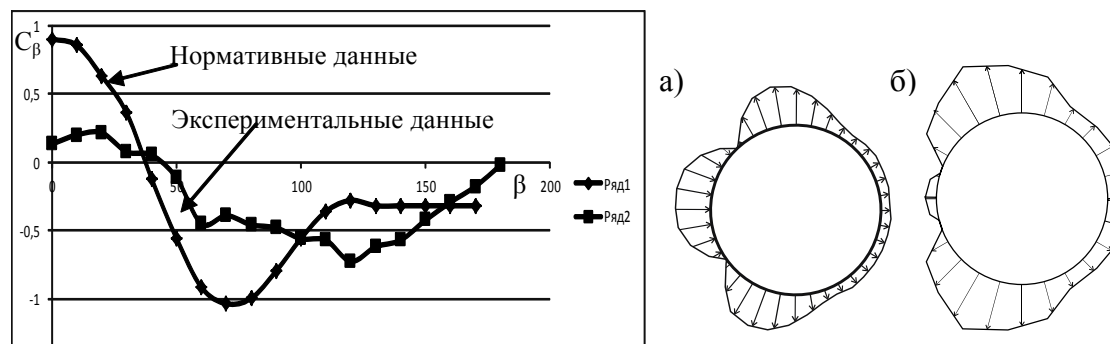


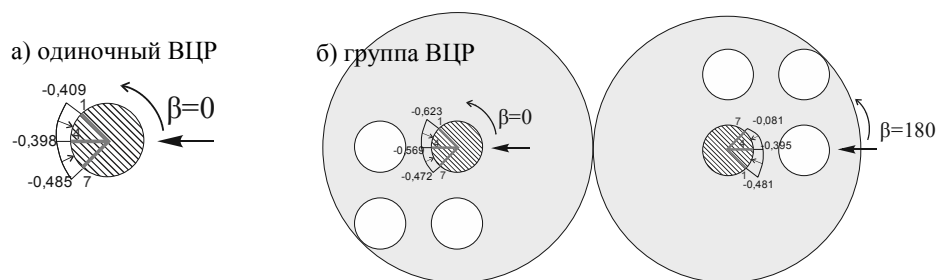
Рисунок 7 – Распределение аэродинамических коэффициентов на поверхности покрытия: а) сферическая кровля; б) провисающая кровля; в) плоская кровля.

Согласно [7], наличие отсоса на подавляющей части поверхности покрытия, оказывающего разгружающее воздействие на покрытие, позволяет не учитывать ветровую нагрузку при выполнении прочностных расчетов.

Анализируя полученные экспериментально данные для группы резервуаров, можно отметить, что в группе резервуаров наблюдается увеличение отрицательного давления во внутренней зоне группы.



**Рисунок 8** – Сравнение распределения аэродинамических коэффициентов на поверхности стенки ВЦР по нормам [1] и экспериментальным данным.



**Рисунок 9** – Сравнение распределения аэродинамических коэффициентов на поверхности стенки ВЦР экспериментальным данным для группы и отдельно стоящего ВЦР.

### КОНТРОЛЬНЫЙ ПРИМЕР СРАВНЕНИЯ РАСЧЕТА ПО ДБН, СНИП

В общем случае ветровые нагрузки определяются по ДБН В.1.2-2:2006 «Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования» в зависимости от ветрового района с соответствующими коэффициентами формы здания или сооружения.

При этом предельное расчетное значение ветровой нагрузки определяется по формуле

$$w_m = \gamma_{fm} \cdot w_0 \cdot c, \quad (1)$$

где  $\gamma_{fm}$  – коэффициент надежности по предельному значению ветровой нагрузки (табл. 9.1 [1]);  
 $w_0$  – характеристическое значение ветровой нагрузки, принимаемое в зависимости от района строительства объекта или согласно приложению Е (п. 9.65 [1]);  
 $C = C_{aer} \cdot C_h \cdot C_{alt} \cdot C_{rel} \cdot C_{dir} \cdot C_d$  – коэффициент, принимаемый по п. 9.0 [1],  
 $C_{aer}$  – аэродинамический коэффициент, определяемый по приложению И [1] в зависимости от формы сооружения;  
 $c_h$  – коэффициент высоты сооружения, учитывающий увеличение ветровой нагрузки в зависимости от высоты конструкции и типа окружающей местности, определяемый по рис. 9.2 [1];  
 $c_{alt}$  – коэффициент географической высоты, принимаемый согласно п. 9.10;  
 $c_{rel}$  – коэффициент рельефа строительной площадки;  
 $c_{dir}$  – коэффициент направления, учитывающий неравномерность ветровой нагрузки по направлению ветра;  
 $c_d$  – коэффициент динамичности, учитывающий пульсационную составляющую ветровой нагрузки.

Аэродинамический коэффициент  $C_{e1}$  находится по формуле:

$$C_{aer} = C_{e1} = k_1 C_\beta, \quad (2)$$

где  $k_1$  – соотношение высоты здания к его диаметру, определяется по таблице приложения И [1], схема 12б;

$C_\beta$  – значение, зависящее от угла  $\beta$ , находится по графику приложения И [1]

при  $C_\beta > 0 = 1,0$ ;

при активном давлении коэффициент давления равняется:

$$C_{e1} = 1 \cdot 1 = 1,$$

при пассивном давлении коэффициент давления равняется:

$$C_{e1} = 0,9 \cdot (-0,4) = -0,36.$$

Коэффициенты приведены при  $Re > 4 \times 10^5$ .

Для покрытия  $C_{e2} = -0,58$ .

Без кровли  $C_i = -0,7$ .

Коэффициент высоты сооружения  $C_h$  учитывает увеличение ветровой нагрузки в зависимости от высоты здания и типа окружающей местности. Определяется  $C_h = 2,25$  по таблице 9.9 [1].

Рассматриваемое здание относится к III типу – пригородные и промышленные зоны, протяженные лесные массивы. Коэффициент географической высоты  $C_{alt}$  учитывает высоту  $H$  размещения здания над уровнем моря и определяется по формуле:

$$C_{alt} = 1 \quad (H > 0,5 \text{ км}). \quad (3)$$

Коэффициент рельефа  $C_{rel}$  учитывает микрорельеф местности вблизи площадки, на которой расположен объект, и равен  $C_{rel} = 1$ .

Коэффициент  $C_{dir}$  учитывает неравномерность ветровой нагрузки по направлению ветра и принимается  $C_{dir} = 1$ .

Коэффициент динамичности учитывает влияние пульсационной составляющей ветровой нагрузки и пространственную корреляцию ветрового давления на сооружения. Для зданий, для которых период собственных колебаний основной (нижней) формы превышает 0,25 сек., значение  $C_d = 0,95$  определяется по графику п. 9.13 [1] как для зданий со стальным каркасом. Высота здания составляет 18 м, диаметр – 40 м (табл.).

**Таблица** – Основные аэродинамические характеристики для рассмотренных резервуаров

Давление	Аэродинамический коэффициент	Предельное расчетное значение нормативной ветровой нагрузки $W_m$ , Па
Активное	$C_{акт} = 1 \cdot 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,95 = 2,14$	$W_{m \text{ акт}} = 1 \cdot 500 \cdot 2,14 = 1070 \text{ Па}$
Пассивное	$C_{пас} = -0,36 \cdot 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,95 = -4,81$	$W_{m \text{ пас}} = 1 \cdot 500 \cdot (-4,81) = 2405 \text{ Па}$
На кровлю выпуклой формы	$C_{кровл} = -0,58 \cdot 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,95 = -1,24$	$W_{m \text{ кровл}} = 1 \cdot 500 \cdot (-1,24) = 620 \text{ Па}$
Без кровли	$C_{без \text{ кровли}} = -0,7 \cdot 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,95 = -1,49$	$W_{m \text{ без \text{ кровл}}} = 1 \cdot 500 \cdot (-1,49) = 745 \text{ Па}$

## ВЫВОДЫ

В результате проведенного научного исследования по экспериментальному определению в метеорологической аэродинамической трубе МАТ-1 методами физического моделирования влияния ветрового воздействия на модели резервуаров с различной структурой покрытия можно сделать изложенные ниже заключения:

- физическое моделирование проведено в соответствии с аэродинамическими и геометрическими критериями подобия, а именно – число Рейнольдса составило  $Re \approx 0,67 \cdot 10^5$ , скорость воздушного потока около 10 м/с, макет резервуара изготовлен в масштабе М1:400, измерительные приборы прошли проверку в соответствии со стандартами Украины.

- в результате работы были получены значения ветрового воздействия на резервуары с учетом их аэродинамических характеристик и уточнены параметры ветрового воздействия на различные типы кровли.

- построенные графики коэффициентов давления в измеряемых точках на поверхностях резервуаров частично совпадают с нормативными значениями ДБН [1]. Видно, что с наветренной стороны создается область повышенного давления, а с подветренной – область разрежения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.1.2-2:2006. Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования [Текст]. – Взамен СНиП СНиП 2.01.07-85, кроме раздела 10 ; введ. 2007-01-01. – К. : Минстрой Украины, 2006. – 78 с.

2. Eurocod 1: Action on Structures – Part 1–4 : General Actions – Wind Actions [Текст]. – Brussels : CEN TC 250, 2002. – 155 p.
3. Горохов, Е. В. Экспериментальные методы определения ветровых нагрузок на здания и сооружения [Текст] / Е. В. Горохов, С. Г. Кузнецов. – Донецк : Норд-Пресс, 2009. – 169 с.
4. ВБН В 2.2-58.2-94. Резервуари вертикальні сталеві для зберігання нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа [Текст]. – Вводяться вперше ; введ. 1994-10-01. – Київ : Держкомнафтогаз, 1994. – 95 с.
5. СНиП II-23-81\*. Стальные конструкции [Текст]. – Взамен СНиП II-В.3-72; СНиП II-И.9-62; СН 376-67 ; введ. 1982-01-01. – М. : ФГУП ЦПП, 2005. – 90 с.
6. Лессиг, Е. Н. Листовые металлические конструкции [Текст] / Е. Н. Лессиг, А. Ф. Лилеев, А. Г. Соколов. – М. : Изд-во лит. по строит., 1970. – 488 с.
7. Мембранные конструкции зданий и сооружений [Текст] : Справочное пособие. В 2-х ч. Ч. 2 / Под ред. В. И. Трофимова и П. Г. Еремеева; ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. – М. : Стройиздат, 1990. – 198 с.
8. Руководство по расчету зданий и сооружений на воздействие ветра [Текст] / Центр. науч. -исслед. ин-т строит. конструкций им. В. А. Кучеренко. – М. : Стройиздат, 1978. – 216 с.

Получено 18.04.2012

В. П. МУЩАНОВ, С. Г. КУЗНЕЦОВ, Г. В. ЗУБЕНКО, І. В. МОСКАЛЕНКО,  
С. Б. ПЧЕЛЬНИКОВ, Е. О. ЛОЗИНСЬКИЙ, В. М. ВАСИЛЕВ  
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ  
КОЕФІЦІЄНТІВ ДЛЯ ПОКРИТТІВ РІЗНОЇ КРИВИЗНИ І СТІНКИ ВЕРТИ-  
КАЛЬНИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ РЕЗЕРВУАРІВ  
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

На прикладі вертикального циліндричного резервуара (ВЦР) проведено аналіз впливу різних форм покрівлі на його аеродинамічні характеристики, а також вивчено аеродинамічні характеристики ВЦР при груповому розташуванні. На підставі експериментальних даних, отриманих в аеродинамічній трубі МАТ-1 ДонНАБА, побудовано графіки для аеродинамічного коефіцієнта для трьох типів покрівлі (сферичної, провисаючої, плоскої), а також для вертикальної стінки для резервуара, що окремо стоїть, і групи резервуарів показано профіль розподілу аеродинамічних коефіцієнтів в плані.

**аеродинамічний коефіцієнт, покриття, вертикальний циліндричний резервуар**

VOLODYMYR MUSHCHANOV, SERGEY KUZNETSOV, GANNA ZUBENKO, IVAN  
MOSKALENKO, SERGIY PCHELNIKOV, EDUARD LOZINSKIY, VOLODYMYR  
VASYLEV  
EXPERIMENTAL DETERMINATION OF AERODYNAMIC COEFFICIENTS FOR  
COVERAGES OF DIFFERENT CURVATURE OF OIL STORAGE TANKS  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

On the example of vertical cylindrical tank (VCT) the analysis of influence of different forms of roof has been conducted on its aerodynamic descriptions, and also aerodynamic descriptions at a group location have been studied. On the basis of the experimental data obtained in a wind-channel MAT-1 DonNACEA, charts have been built for aerodynamic coefficients as it applies to three types of roof (spherical, sagging, flat), and also for a vertical wall separately standing and groups of reservoirs the profile of distribution of aerodynamic coefficients has been shown in a plan.

**aerodynamic coefficient, coverage, vertical cylindrical tank**

УДК 634.012.45

**Д. А. ШРАМКО, А. В. ИХНО**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **СТРОИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА КУБ-3V**

Статья посвящена строительной системе, в которой каркас является полносборным. Это универсальная конструктивная система сборно-монолитного безригельного каркаса, состоящая из вертикальных колонн и плоских панелей перекрытия. В статье рассматриваются области применения данной системы, преимущества и недостатки перед аналогичными системами.

### **сборный безригельный каркас**

Сборно-монолитные конструктивные системы серии «КУБ», предназначенные для гражданского и промышленного строительства, основаны на применении железобетонных безригельных каркасов.

Еще в 1986 году эта система была утверждена Госстроем и рекомендована для применения в регионах со слабой домостроительной базой. Были возведены десятки объектов различного назначения во многих городах СССР и в различных странах мира – Анголе, Мозамбике, Монголии. В конце 90-х годов система безригельного каркаса стала широко применяться во многих странах СНГ.

В этой системе возводятся как малоэтажные здания, так и здания высотой более 20 этажей. На базе системы КУБ-3V построено более 2,5 млн кв. м жилых, социальных и коммерческих зданий. Надежность конструктивных решений системы подтверждена результатами статических и динамических испытаний.

## **ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ КУБ-3V**

На сегодняшний день конструктивная строительная система безригельного каркаса «КУБ 3V» – это единственная на рынке строительная система, в которой каркас является полносборным. Применяемая в этой системе заводская технология изготовления элементов зданий максимально переносит затраты труда строителей в цеховые условия, тем самым значительно уменьшая на строительной площадке риски как природных, так и человеческих факторов, а также в значительной мере сокращает сроки строительства.

Система разработана для возведения зданий как в обычных условиях, так и в условиях повышенной сейсмической активности и может использоваться для строительства практически всего спектра сооружений: жилых и общественных зданий, складских комплексов, многоярусных стоянок автотранспорта и т. д.

От традиционных сборно-каркасных систем строительную систему «КУБ-3V» отличает, прежде всего, отсутствие ригелей (роль которых выполняют плиты перекрытия), а также использование многоярусных колонн без выступающих частей. В основе системы безригельного каркаса «КУБ 3V» заключен оригинальный узел сопряжения двух основных элементов – панели и колонны с использованием закладной детали – стальной обечайки, соединенной с арматурными каркасами, располагающимися в теле панели.

Минимальное количество вертикальных элементов каркаса представляет возможность свободной планировки помещений. Перегородки могут быть расположены в любом месте архитектурного плана как во время проектирования и строительства, так и во время эксплуатации здания. Внешние стены выполняют только ограждающие функции и вместе с внутренними перегородками могут быть изготовлены из любых неконструкционных строительных материалов. Эти стены, являясь по характеру



своей работы ненесущими, не участвуют в работе железобетонного каркаса и могут быть удалены, перенесены, отремонтированы или реконструированы в любой момент.

Одним из основных преимуществ унифицированного безригельного каркаса системы «КУБ 3V», по сравнению с традиционными технологиями возведения многоэтажных зданий, является ее экономичность: пониженный показатель расхода бетона и стали дает общее снижение стоимости строительства на 5–7 %, даже с учетом затрат заводской технологии изготовления элементов, данные приведены в таблице. Показатели расхода основных материалов при строительстве 9-этажного дома с использованием системы КУБ.

**Таблица** – Показатели расхода основных материалов при строительстве 9-этажного дома с использованием системы КУБ и других аналогичных систем, представленных на рынке

Показатели	Монолит	135 серия жилого дома	КУБ-3V
Расход стали на 1 кв. м (при средней стоимости 1 т в Сочи – 40 000 руб. = 10 320 грн.)	27 кг / кв. м 1 080 руб. = 279 грн.	48 кг / кв. м 1 920 руб. = 496 грн.	18 кг / кв. м 720 руб. = 186 грн.
Расход стали на 1 кв. м (при средней стоимости 1 куб. м в Сочи – 4 000 руб. = 1 032 грн.)	0,28 куб. м / кв. м 1 120 руб. = 289 грн.	0,8 куб. м / кв. м 3 200 руб. = 826 грн.	0,2 куб. м / кв. м 800 руб. = 206 грн.
Толщина перекрытия	20 см	16 см	16 см
Шаг колонн	6,3×6,3 м	6×3 м	6×6 м
Обеспечение планировочных возможностей	Свободная планировка	Фиксированная планировка	Свободная планировка
Трудозатраты для сборки перекрытия	21 чел. / час	1,1 чел. / час	0,7 чел. / час
Скорость монтажа 12-ти этажного здания	6 месяцев	3 месяца	3 месяца
Потребность в технологической оснастке	Оснастка для монтажа, БСУ, бетононасоса	Оснастка для монтажа	Оснастка для монтажа

Это подтверждается расчетами и практикой применения системы более чем в 30 регионах России и СНГ – Москве, Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде, Нальчике, Владивостоке, Новосибирске, Красноярске, Кемерово, Симферополе, Киеве, Волгограде, Ростове-на-Дону, Перми и других городах. Число ее сторонников и объемы освоения ежегодно растут.

Объединяя преимущества каркасно-монолитной и полносборной схем, эта строительная система является наиболее эффективной с точки зрения стоимости, планировочных возможностей, скорости возведения, трудозатрат, архитектурных решений и возможности индустриального освоения.

Конструкции КУБ-3V разработаны для строительства зданий от 2 до 25 этажей и выше в I–IV климатических районах. Возможно также использование КУБ-3V при строительстве зданий высотой до 16 этажей и в районах с сейсмичностью до 9 баллов.

Конструкции серии КУБ (каркас универсальный безригельный) рассмотрены НТС Госкомархитектуры при Госстрое СССР и письмом № ИП-7-3691 от 19.09.1986 года рекомендованы к применению, утверждены и рекомендованы к применению ЦНИИСК им. Кучеренко ГОССТРОЯ СССР (заключение от 15.03.1990).

Прочность, надежность и устойчивость зданий из каркаса «КУБ-3V» подтверждены многочисленными испытаниями, проведенными лабораторией динамических испытаний ЦНИИЭП жилища под руководством Г. Н. Ашкинадзе.

#### ПРЕИМУЩЕСТВА СТРОИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ БЕЗРИГЕЛЬНОГО КАРКАСА «КУБ 3V»

1. Уровень индустриализации.
2. Скорость монтажа.
3. Требуемый уровень подготовки специалистов.
4. Расходы материалов.
5. Степень заводской готовности элементов и их качество.
6. Надежность каркаса.
7. Разнообразие и свобода архитектурных решений.
8. Степень жесткости каркаса.
9. Количество монолитного бетона в процессе монтажа.



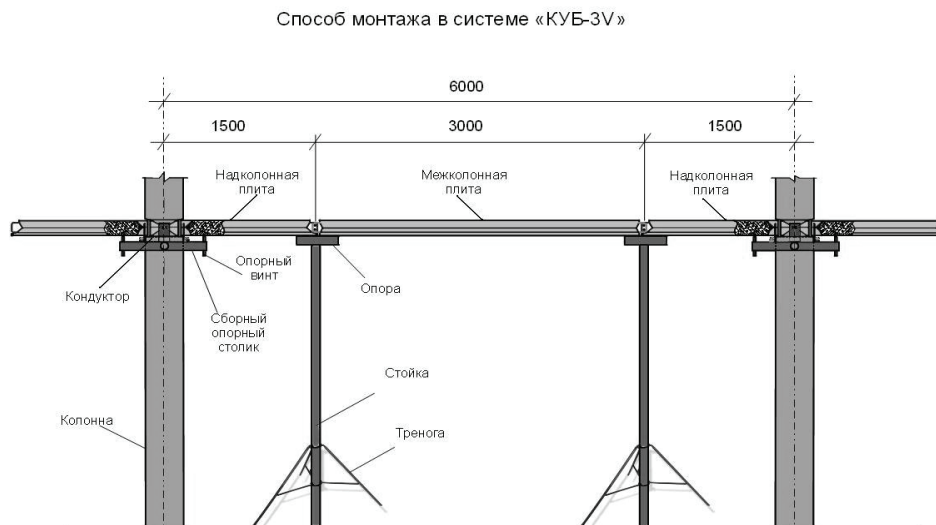
10. Требуемый уровень контроля в процессе строительства.
11. Количество требуемых монтажников.
12. Количество и виды требуемого дополнительного оборудования для монтажа.
13. Простота монтажа.

Применение сборного опорного столика и кондуктора обеспечивает безопасность производства работ при монтаже надколонной плиты, так как нет надобности прыгать по плите, которая еще висит на стропах под монтажным краном и ломая выставлять плиту в проектное положение (фото 1).



**Фото 1** – Монтаж надколонной плиты.

Способ монтажа в системе «КУБ 3V» смотрите рисунок 1.



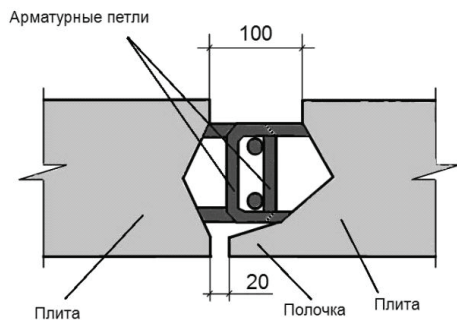
**Фиг. 2**

**Рисунок 1** – Способ монтажа в системе «КУБ 3V».

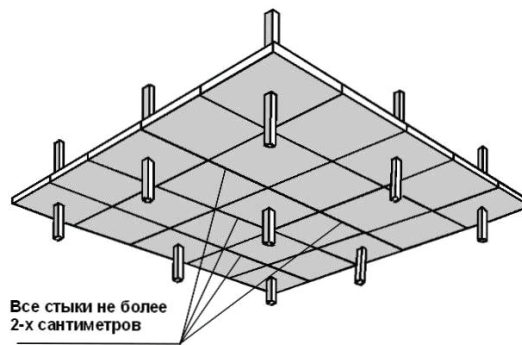
### НЕДОСТАТКИ СИСТЕМЫ КУБ-3V

Разработчики системы КУБ-3V сделали стык с расстоянием между плитами верхней части 100 мм, а в нижней части вдоль всего ребра была образована полочка (рис. 2), которая служит опалубкой при замоноливании стыка бетоном, поэтому расстояние между смежными плитами в нижней части составляет 20 мм.

Прорисованное (сидя за кульманом) расстояние между всеми смежными плитами в 20 мм (рис. 3) практически нигде не выдерживалось, в результате плиты в одном месте «наезжали» друг на друга, в другом «разбегались» и приходилось в одном месте рубить бетон, в другом устанавливать опалубку.

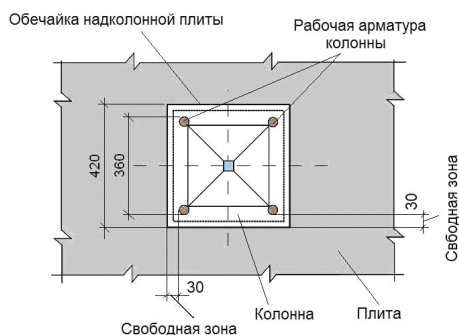


**Рисунок 2** – Оформление стыка между смежными плитами.

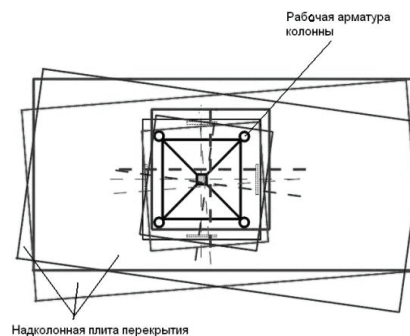


**Рисунок 3** – Схема расположения плиты с колонной.

Причина несостыковки была в том, что практически невозможно установить надколонную плиту строго в проектное положение. Разработанный узел стыка плиты с колонной, где обечайка надколонной плиты имеет свободное расстояние в 30 мм до рабочей арматуры с каждой стороны колонны, давала возможность плите перемещаться на это расстояние и поворачиваться в горизонтальном направлении (рис. 4 и 5).



**Рисунок 4** – Узел стыка плиты с колонной.



**Рисунок 5** – Пример разворота надплочной плиты.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Строительная система КУБ-3V [Электронный ресурс] / ООО «СИСТЕМА СТРОЙ» // Современная технология каркасного безригельного домостроения. – Режим доступа : <http://www.stroy.r52.ru/ru/3/>.
2. СНиП 3.09.01-85. Производство сборных железобетонных конструкций и изделий [Текст]. – Взамен СН 324-72, СН 483-76, СН 488-76, СН 156-79 ; введ. 1986-01-01. – М. : Госстрой России, 1985. – 25 с.
3. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции [Текст]. – Взамен СНиП II-21-75 и СН 511-78 ; введ. 1986-01-01. – М. : Госстрой СССР, 1989. – 75 с.
4. ДСТУ Б В.2.6-2-95. Конструкції будинків і споруд. Вироби бетонні і залізобетонні. Загальні технічні умови [Текст]. – На заміну ГОСТ 13015.0-83\*, ГОСТ 13015.1-81\*, ГОСТ 13015.2-81\*, ГОСТ 13015.3-81\*, ГОСТ 13015.4-84 ; введ. 1999-07-01. – К. : Держкоммістобудування України, 1996. – 22 с.
5. ДБН А.3.1-7-96. Виробництво бетонних і залізобетонних виробів [Текст]. – На заміну СНиП 3.09.01-85 ; введ. 1997-07-01. – К. : Держкоммістобудування України, 1997. – 53 с.
6. ДБН Д.2.2-7-99. Сборник 7. Бетонные и железобетонные конструкции сборные [Текст]. – Взамен СНУ-93 Сборник 7 ; введ. 2000-01-01. – К. : Госстрой Украины, 2000. – 97 с.
7. ДБН Д.2.2-6-99. Сборник 6. Бетонные и железобетонные конструкции монолитные [Текст]. – Взамен СНУ-93 Сборник 6 ; введ. 2000-01-01. – К. : Госстрой Украины, 2000. – 70 с.

Получено 01.04.2012

Д. О. ШРАМКО, Г. В. ІХНО

БУДІВЕЛЬНА СИСТЕМА КУБ-3V

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Стаття присвячується будівельній системі, у якій каркас є повнозбірним. Це універсальна конструктивна система збірно-монолітного безригельного каркаса, складається з вертикальних колон та плоских панелей перекриття. У статті розглядаються сфера використання цієї системи, недоліки та переваги перед аналогічними системами.

**збірний безригельний каркас**

DENIS SHRAMKO, ANNA IHNO

BUILDING SYSTEM KUB-3V

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The article is devoted to the building system in which the carcass is prefabricated. TUniversal construction system of precast with cast-in-place jointless ossature without girders and joints consisting of vertical columns and flat slabs. The application of this system, the advantages and disadvantages toother systems are discussed in this article.

**carcass is pretabri cated**

УДК 624.04.046

**В. Ф. МУЩАНОВ, А. Н. ОРЖЕХОВСКИЙ**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

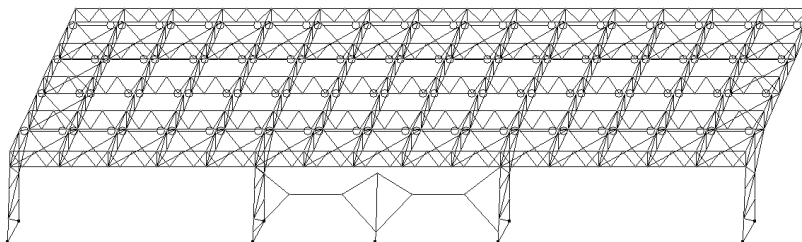
## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАЕКТОРИИ РАЗРУШЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ НАД ТРИБУНАМИ СТАДИОНА НА ПРИМЕРЕ СТАДИОНА «МЕТАЛЛУРГ» В ГОРОДЕ ДОНЕЦК**

В статье предложены алгоритм упрощенного анализа живучести уникальных конструкции путем определения траектории разрушения. Предложен упрощенный алгоритм определения вероятности отказа уникальных конструкций. Приведен тестовый пример определения вероятности отказа стационарного покрытия над трибунами стадиона «Металлург» в городе Донецк.

**надежность, живучесть, уникальные сооружения, стационарные покрытия над трибунами стадионов**

Нынешние строительные нормы (в частности ДБН В 1.2-14-2009) не в полной мере учитывают надежность уникальных конструкций, таких как стационарные покрытия над трибунами стадионов. Поэтому предлагается упрощенный способ численного определения надежности для отдельно взятой конструкции. Рассмотрим данный метод на примере конструкций над трибунами стадиона «Металлург» в городе Донецке.

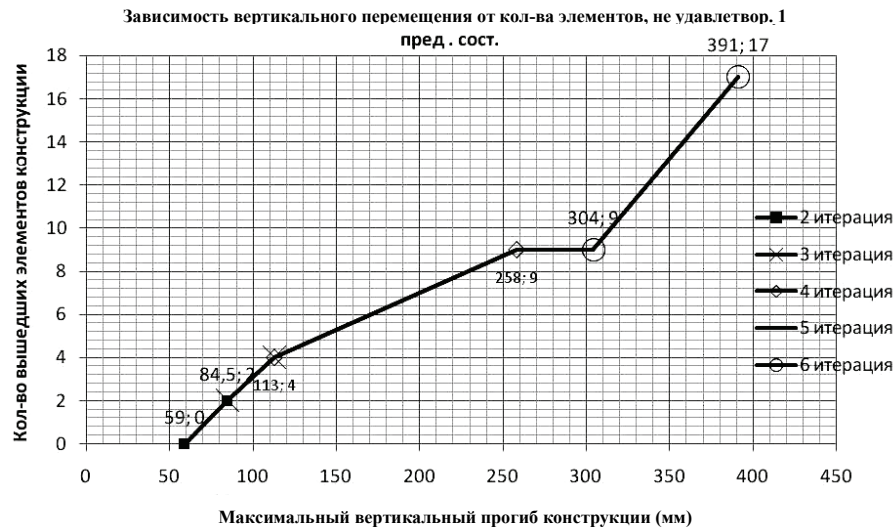
Для этого сначала определяем траекторию разрушения конструкций. Траектория разрушения конструкции – это вычисленная на основе методов строительной механики совокупность элементов конструкции, которые будут переставать удовлетворять заданным условиям (1 предельное состояние, 2 предельное состояние) при изменении параметров системы, с фиксацией порядкового номера выхода элементов.



**Рисунок 1** – Расчетная схема конструкции.

В нашем случае для пространственного каркаса рамно-консольного покрытия над трибунами стадиона переменным параметром системы примем временную вертикальную (снеговую) нагрузку и будем ее поэтапно увеличивать (шаг  $1 \text{ кН/м}^2$ ). Выбор именно вертикальной нагрузки обуславливается тем, что при статическом расчете конструкции именно этот вид нагрузки создавал максимальные напряжения в элементах. В нашем случае определяющим принимается условия первого предельного состояния. Те элементы, которые не удовлетворяют условиям прочности, исключаются из расчетной схемы, и затем снова повторяется цикл. При стабилизации системы производится повторное догружение конструкции. Расчет прекращается на 11 итерации в виду достижения прогибом величины, равной расстоянию до уровня стропильных конструкций (5 м).

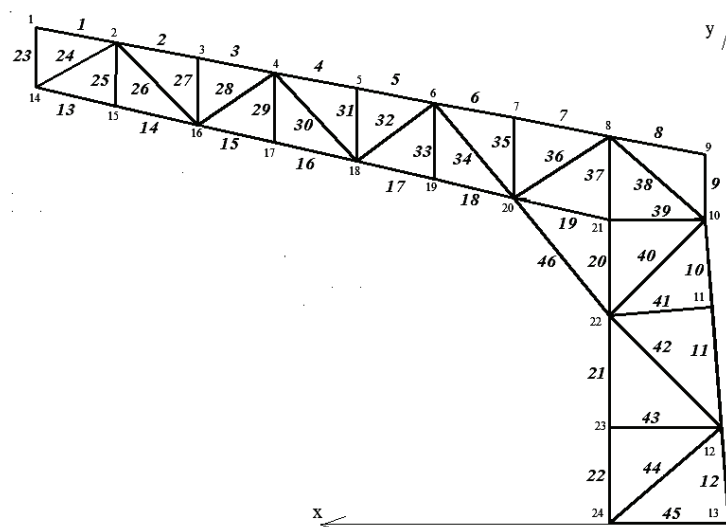
© В. Ф. Мущанов, А. Н. Оржеховский, 2012



**Рисунок 2** – Зависимость вертикального перемещения от кол-ва элементов не удовлетвор., 1 пред. сост. (6 итераций из 12).

Таким образом, формируется траектория разрушения конструкции. Проведя анализ траектории разрушения, легко определить наиболее ответственные элементы. И именно надежность именно этих элементов будет определять надежность конструкции в целом.

Далее для упрощения задачи рассчитаем надежность пространственной конструкции, рассмотрев два наиболее важных элемента конструкции несущей рамы – 2 и 3 итераций. В качестве переменной величины принимаем толщину верхней полки коробчатого сечения, из которого они выполнены. На расчетной схеме (рис. 3) эти элементы имеют номера 38 и 46. Оба элемента выполнены из профиля «Молодечно» с поперечными размерами 140×8 и 160×120×8. Будем считать, что толщина верхней полки сечения изменяется по закону нормального распределения. Отклонение от нормативного значения, согласно техническим требованиям проката, составляет 0,5 мм. Математическое ожидание отклонения толщины принимаем:  $\mu \approx 0,3$  мм (исходя из возможности экономии стали). Среднеквадратическую ошибку (стандарт) определяем по формуле:  $\sigma = \mu\sqrt{\pi/2} = 0,3/\sqrt{3,14/2} = 0,376$  (мм). Имея выборку отклонений толщины полки, насчитываем массив вариантов поперечных сечений указанных элементов и для каждого из них вычисляем напряжения в сечении.



**Рисунок 3** – Расчетная схема несущей консольной рамы покрытия над трибунами стадиона.

Этот расчет производим по алгоритму на основе пространственного метода «конечных элементов», составленному в программном комплексе MathCAD. Зная отклонения напряжений, определяем математическое ожидание:  $\mu_{46} = 0,0903575$  (МПа),  $\mu_{38} = 0,08572$  (МПа), и среднеквадратическую ошибку (стандарт)  $\sigma_{46} = 0,08244$  (МПа),  $\sigma_{38} = 0,06352$  (МПа).

Далее вычисляем вероятность отказа конструкции (обусловленная отказом выбранных элементов) с использованием формулы:

$$P_f = P(g < 0) = \frac{1}{\hat{g}\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{g-\bar{g}}{\hat{g}}\right)^2} dg = \frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\beta} e^{-\frac{g^2}{2}} dg = \frac{1}{2} - \Phi(\beta), \quad (1)$$

где  $\Phi(\beta)$  – интеграл вероятности Гаусса;

$g$  – число стандартов, укладывающееся в диапазоне от  $g = 0$  до  $g = \bar{g}$ ;

$\beta$  – характеристика безопасности;

$$\beta = \frac{\bar{g}}{\hat{g}} = \frac{\bar{R} - \bar{Q}}{\sqrt{\bar{R}^2 + \bar{Q}^2}},$$

где  $\bar{g} = \bar{R} - \bar{Q}$ ;

$\bar{\cdot}$ ,  $\hat{\cdot}$  – математическое ожидание, стандарт величины;

$\bar{R}$  и  $\bar{Q}$  – две взаимно независимые случайные величины.

Второй случайной величиной предлагается принять  $R_y$  – расчетное сопротивление стали на сжатие (предел текучести). Исходя из требований ДБН В.2.6-163:2010, в частности пункта 1.3.2, будем считать, что обеспеченность значения расчетного сопротивления (предела текучести стали) составляет 0,998. Следовательно, максимальное отклонение расчетного сопротивления не должно превышать 0,2 %. Для стали С275, при толщине проката до 10 мм, расчетное сопротивление  $R_y$  составляет 275 МПа, отклонение в значении расчетного сопротивления не должно превышать 0,55 МПа. Принимаем математическое ожидание ошибки  $\mu = 0,3$  МПа, тогда среднеквадратическая ошибка равна:  $\sigma = \mu\sqrt{\pi/2} = 0,3\sqrt{3,14/2} = 0,376$ .

$$\bar{g} = \bar{R} - \bar{Q} = 0,3 - 0,088 = 0,212;$$

$$\hat{g} = \sqrt{\bar{R}^2 + \bar{Q}^2} = \sqrt{0,376^2 + 0,073^2} = 0,073;$$

$$\beta = \frac{\bar{g}}{\hat{g}} = \frac{\bar{R} - \bar{Q}}{\sqrt{\bar{R}^2 + \bar{Q}^2}} = \frac{0,212}{0,073} = 2,904;$$

$$P_f(g) = \frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\beta} e^{-\frac{g^2}{2}} dg = \frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 3,14}} \cdot 1,249 = 0,001595.$$

## ВЫВОДЫ

1. Разработана методика упрощенной оценки живучести стержневых пространственных систем рамно-консольного типа, основанная на использовании метода конечных элементов.

2. Предложен алгоритм оценки надежности несущих конструкций покрытий рамно-консольного типа над трибунами стадионов.

3. Выполнен тестовый пример расчета показателей надежности конструкций стационарного покрытия над трибунами стадиона «Металлург» в городе Донецк с учетом одной варьируемой величины (толщины полки сечения элементов).

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.6-163:2010. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу [Текст]. – Чинні від 2011-12-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 202 с.
2. Хог, Э. Анализ чувствительности при проектировании конструкций [Текст] : Пер. с англ. / Э. Хог, К. Чой, В. Комков. – М. : Мир, 1988. – 428 с.
3. ДБН В 1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ [Текст]. – Уведено вперше зі скасуванням в Україні ГОСТ 27751, СТ СЭВ 3972-83, СТ СЭВ 3973-83, СТ СЭВ 4417-83, СТ СЭВ 4868-84 ; чинні з 2009-12-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 49 с.

Получено 02.04.2012

**В. П. МУЩАНОВ, А. М. ОРЖЕХОВСЬКИЙ**  
**ВИЗНАЧЕННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУЙНУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ НАД**  
**ТРИБУНАМИ СТАДІОНУ НА ПРИКЛАДІ СТАДІОНУ «МЕТАЛУРГ» В МІСТІ**  
**ДОНЕЦЬК**

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті запропоновано алгоритм спрощеного аналізу живучості унікальних конструкцій шляхом визначення траєкторії руйнування. Запропоновано спрощений алгоритм визначення ймовірності відмови унікальних конструкцій. Наведено тестовий приклад визначення ймовірності відмови стаціонарного покриття над трибунами стадіону «Металург» в місті Донецьк.

**надійність, живучість, унікальні споруди, стаціонарні покриття над трибунами стадіонів**

**VOLODYMYR MUSCHANOV, ANATOLIY ORZHEHOVSKY**  
**DETERMINATION OF THE TRAJECTORY OF THE DESTRUCTION OF**  
**STRUCTURES OVER THE STADIUM AS AN EXAMPLE OF THE STADIUM**  
**«METALLURG» IN DONETSK**

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

An algorithm simplified the analysis of survivability by identifying the unique design of the trajectory of destruction and a simplified algorithm for determining the probability of failure of unique design have been proposed in the paper. A test example of determining the probability of failure of a stationary cover over the stands of the stadium «Metallurg» in the city of Donetsk has been given.

**reliability, durability, unique buildings, covering over the stands of stadiums**

УДК 692.45.042

**В. Ф. МУЩАНОВ, А. Г. ВАРДАНЯН**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ НДС ПРОВИСАЮЩЕГО МЕМБРАННОГО ПОКРЫТИЯ НА ОВАЛЬНОМ ПЛАНЕ НА ОСНОВЕ УТОЧНЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПОРНОГО КОНТУРА**

Статья посвящена выбору способа моделирования наружного опорного контура при определении параметров напряженно-деформированного состояния мембранного покрытия. Проведен обзор способов решения задачи. На примере стационарного крытого стадиона «Олимпийский» с размерами в плане по главным осям колонн составляют  $224 \times 183$  м выполнено численное исследование влияния способа моделирования опорного контура на основные показатели напряженно-деформированного состояния провисающего мембранного покрытия при различных схемах загрузки.

**мембранное покрытие, опорный контур, напряженно-деформируемое состояние, моделирование, схема**

### **ЦЕЛЬ**

Исследование особенностей НДС провисающего мембранного покрытия на основе работы уточненного наружного опорного контура.

Несмотря на широкое применение сжато-изогнутых стержней, расчет таких конструкций производится приближенными методами. При этом не учитывается действительное напряженно-деформированное состояние и истинные запасы прочности. В связи с этим исследование направлено на изучение действительного НДС наружного опорного контура мембранного покрытия.

### **ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**

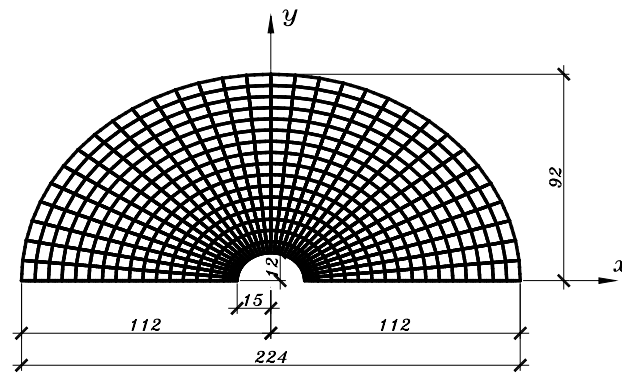
Для решения поставленной цели сформулированы следующие задачи исследования:

1. Определение параметров проектирования покрытий в виде провисающей мембранной оболочки на примере стационарного покрытия крытого стадиона на эллиптическом плане.
2. Создание расчетных пространственных схем провисающего мембранного покрытия сооружения на эллиптическом плане с учетом вариаций расчетных схем опорного контура.
3. Анализ влияния особенностей моделирования опорного контура на напряженно-деформированное состояние основных элементов провисающего мембранного покрытия на эллиптическом плане при различных схемах загрузки.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОКРЫТИЙ В ВИДЕ ПРОВИСАЮЩЕЙ МЕМБРАННОЙ ОБОЛОЧКИ НА ПРИМЕРЕ СТАЦИОНАРНОГО ПОКРЫТИЯ СТАДИОНА НА ЭЛЛИПТИЧЕСКОМ ПЛАНЕ**

Объектом исследования является пространственная мембранная оболочка положительной гауссовой кривизны стадиона «Олимпийский» [1, 2]. Сооружение решено в виде единой пространственной большепролетной конструкции. Размеры в плане по главным осям колонн составляют  $224 \times 183$  м (рис. 1). Висячая растянутая тонкая стальная оболочка, ужесточенная стабилизирующими фермами и связями с наружным контурным кольцом, замкнута в центральной части покрытия внутренним эллиптической формы плоским кольцом размером  $30 \times 24$  м.





**Рисунок 1** – Параметры исследуемого провисающего мембранного покрытия.

### СОЗДАНИЕ РАСЧЕТНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОВИСАЮЩЕГО МЕМБРАННОГО ПОКРЫТИЯ СТАДИОНА НА ЭЛЛИПТИЧЕСКОМ ПЛАНЕ С УЧЕТОМ ВАРИАЦИЙ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ ОПОРНОГО КОНТУРА

Расчет выполнялся при помощи программного комплекса SCAD версии 11.3 [3] в геометрически нелинейной постановке на восприятие нагрузок от собственного веса конструкции висячего покрытия и снеговой нагрузки.

Итак, для проведения численного эксперимента рассматриваются 2 расчетные схемы опорного кольца провисающего мембранного покрытия стадиона на эллиптическом плане: 1) моделирование уточненного опорного контура в виде коробчатого сечения размером 5 000×1 750 мм (рис. 2а); 2) аппроксимированный опорный контур в виде стержневого элемента (рис. 2б).



**Рисунок 2** – Вариантное моделирование опорного контура: а) коробчатое моделирование опорного контура; б) стержневое моделирование опорного контура

Покрытие рассчитывалось в геометрически нелинейной постановке шаговым методом с учетом невязки. Т.к. для пластинчатых элементов не рекомендуется назначать соотношение сторон более 1,0/1,5 (идеальным является квадрат), размеры мембранных элементов были подобраны таким образом, что максимальное соотношение сторон составляло 1,0/1,5 [4].

### АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПОРНОГО КОНТУРА НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОВИСАЮЩЕГО МЕМБРАННОГО ПОКРЫТИЯ НА ЭЛЛИПТИЧЕСКОМ ПЛАНЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ ЗАГРУЖЕНИЯ

В результате выполненного численного эксперимента можно проанализировать напряженно-деформированное состояние элементов провисающего мембранного покрытия стадиона (табл. 1). Если рассматривать половинное нагружение по большей полуоси (x) и по малой полуоси (y), то максимальные значения НДС наблюдаются при нагружении временной снеговой нагрузкой по большей полуоси (x) покрытия.

**Таблица 1** – Сравнение характеристик НДС постели мембранного покрытия в пролетной части в зависимости от схемы моделирования опорного контура

Критерии	При использовании расчетной схемы в виде			
	Коробчатого опорного контура		Стержневого опорного контура	
	Полное нагружение	Половинное нагружение	Полное нагружение	Половинное нагружение
$W_u$ , мм	575,41	-561,12	-373,93	-540,28
$\sigma_{рад.}^{мембр}$ , МПа	225,75	220,43	141,89	128,3
$\sigma_{козыр.}^{мембр}$ , МПа	230,2	218,72	133,9	130,55

Для сопоставимости результатов расчета НДС опорного контура необходимо выполнить простейший расчет [5] определения напряжений для стержневого варианта моделирования опорного контура.

**Таблица 2** – Сравнение напряжений в опорном контуре

Моделирование опорного контура	Схема нагружения равномерно распределенной временной снеговой нагрузкой		
	По всему покрытию $\sigma_N + \sigma_M = \sigma$ (МПа)	Симметрично большей оси $x$ $\sigma_N + \sigma_M = \sigma$ (МПа)	Симметрично меньшей оси $y$ $\sigma_N + \sigma_M = \sigma$ (МПа)
Коробчатое сечение	$127,36 + 96,96 = -30,4$	$90,106 + 54,33 = -35,78$	$-74,63 + 44,33 = -30,3$
Стержневое сечение	$79,51 + 13,03 = -66,48$	$70,73 + 11,85 = -58,88$	$-61,28 + 11,47 = -49,81$

Из таблицы 2 видно, что максимальные напряжения в контуре наблюдаются при нагружении временной снеговой нагрузкой по всему покрытию и симметрично большей оси  $x$  для одного и другого вариантов моделирования опорного контура. Разница составляет 54,3 % при первой схеме нагружения и 39,2 % при 2-м и 3-м нагружении.

## ВЫВОДЫ

1. Зафиксированные результаты свидетельствуют о том, что две схемы моделирования наружного опорного контура приводят к существенным различиям результатов в величинах показателей НДС как пролетной части мембранного покрытия, так и опорного контура.

2. Анализируя две расчетные схемы, можно сделать вывод, что для подобных масштабных сооружений моделирование опорного контура необходимо выполнять с тщательным отображением действительных геометрических характеристик поперечного сечения.

3. Характерной особенностью анализируемого овального покрытия при соотношении осей 1:1,2 является также то, что максимальные перемещения и напряжения наблюдаются при полном равномерном нагружении временной снеговой нагрузкой и половинном нагружении симметрично относительно большей полуоси покрытия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дыховичный, Ю. А. Большепролетные конструкции сооружений Олимпиады-80 в Москве [Текст] / Ю. А. Дыховичный. – М. : Стройиздат, 1982. – 277 с.
2. ДБН В.1.2-2:2006. Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования [Текст]. – Взамен СНиП СНиП 2.01.07-85, кроме раздела 10 ; введ. 2007-01-01. – К. : Минстрой Украины, 2006. – 78 с.
3. Перельмутер, А. В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа [Текст] / А. В. Перельмутер, В. И. Сливкер. – К. : ВВП «Компас», 2001. – 448 с.
4. SCAD для пользователя [Текст] / В. С. Карпиловский, Э. З. Криксунов, А. В. Перельмутер [и др.]. – К. : ВВП «Компас», 2000. – 332 с.
5. ДБН В.2.6-163:2010. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу [Текст]. – Чинні від 2011-12-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 220 с.

Получено 18.04.2012

В. П. МУЩАНОВ, А. Г. ВАРДАНЯН

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ НДС ПРОВИСЛОГО МЕМБРАННОГО  
ПОКРИТТЯ НА ОВАЛЬНОМУ ПЛАНІ НА ОСНОВІ УТОЧНЕНОГО МОДЕЛЮ-  
ВАННЯ ОПОРНОГО КОНТУРА

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Стаття присвячена вибору способу моделювання зовнішнього опорного контура при визначенні параметрів напружено-деформованого стану мембранного покриття. Проведено огляд способів розв'язання задачі. На прикладі стаціонарного критого стадіону «Олімпійський» з розмірами в плані по головним осях колон складають 224×183 м виконано чисельне дослідження впливу способу моделювання опорного контура на основні показники напружено-деформованого стану провислого мембранного покриття при різних схемах навантаження.

**мембранне покриття, опорний контур, напружено-деформований стан, моделювання, схема**

VOLODYMYR MUSHCHANOV, ARUSYAK VARDANYAN

RESEARCH OF FEATURES VAT OF SAGGING DIAPHRAGM COVERAGE ON AN  
OVAL PLAN ON THE BASIS OF THE SPECIFIED DESIGN OF SUPPORTING  
CONTOUR

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The article is devoted to the choice of the method of design of outward supporting contour at determination of parameters of the tense-deformed state of diaphragm coverage. The review of methods of decision of task has been conducted. On the example of the stationary covered stadium «Olympic» with sizes in a plan on the main axes of columns make 224×183 m numeral research of influence of method of design of supporting contour has been executed on the basic indexes of stress – strain – of the deformed state of sagging diaphragm coating with different schemes of upload.

**diaphragm coverage, supporting contour, tensely – deformed state, design, chart**

УДК 628.2

**В. И. НЕЗДОЙМИНОВ, Н. И. ГРИГОРЕНКО**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ВАКУУМНОЙ КАНАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ОКИСЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ**

Рассмотрена возможность использования трубопроводов системы вакуумной канализации для снижения органических загрязнений. Представлен ряд экспериментов, подтверждающих эту возможность.

**трубопровод канализации, растворенный кислород, биопленка, окисляемость органических веществ**

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

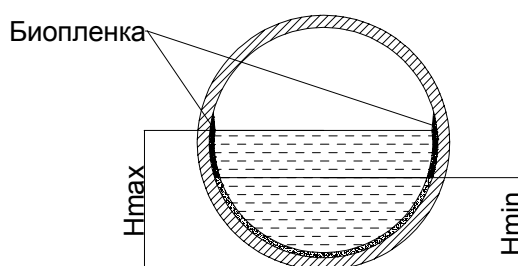
Биологическая очистка сточных вод основана на применении биоценоза гидробионтов, в состав которого входят как простейшие организмы флоры так и фауны, связанных между собой в единый комплекс сложными взаимоотношениями. Основной процесс, протекающий при биологической очистке сточных вод, – это биологическое окисление загрязняющих примесей, для чего микроорганизмам в аэробных условиях необходим растворённый в воде кислород. Традиционные сооружения аэробной биологической очистки предполагают отведение значительных по размерам земельных участков, они достаточно энергоемкие, т. к. требуется насыщение рабочего объема аэротенков воздухом. При увеличении селитебной зоны городов, мощности производства предприятия или ухудшения качества сточных вод сооружения биологической очистки перегружены, а это влечет за собой сброс в водоемы или городскую канализацию очищенной воды ненадлежащего качества.

Почему же для очистки сточных вод не использовать огромные объемы подводящих к очистным сооружениям систем трубопроводов канализации? Могли бы они служить своего рода сооружениями биологической очистки с помощью прикрепленной к стенкам биомассы?

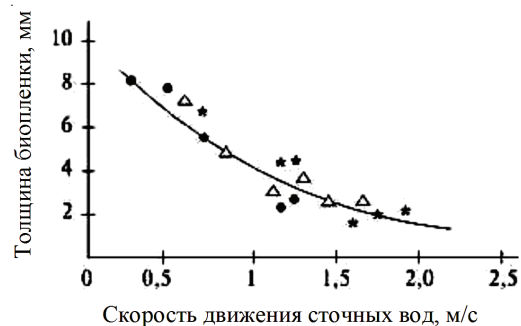
### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Микроорганизмы, находящиеся в сточной воде, достаточно быстро размножаются за счет наличия в ней питательных веществ. Изначально, поток сточной жидкости в трубопроводе создает определенные сложности для их развития, поэтому, чтобы выжить, микроорганизмы ищут твердую поверхность, на которую можно «прикрепиться», а затем образовать на ней колонию. Дальнейшее размножение протекает достаточно быстро, образуется так называемая «биопленка». Наличие постоянного питания, приносимого с потоком жидкости, в сочетании с благоприятными температурными условиями создают идеальный микроклимат для быстрого роста. Одними из основных микроорганизмов, образующих биопленку, являются аэробные и анаэробные бактерии. По данным исследований трубопроводов самотечной канализации [3], обрастание их внутренней поверхности происходит в течение 70–75 дней при средней скорости движения сточной жидкости  $v_{mid} = 0,32–1,85$  м/с и температуре стоков  $t = 17–21$  °С. Причем максимальная толщина слоя биопленки возникает в месте колебания уровней воды (рис. 1).

Кроме того, были проведены исследования зависимости толщины биообрастания от скорости движения сточных вод. Эта зависимость представлена на рис. 2.



**Рисунок 1** – Формирование биопленки на внутренней поверхности трубопровода самотечной канализации.



**Рисунок 2** – Зависимости толщины биообрастания от скорости движения сточных вод для трубопроводов различных диаметров: ● – 300 мм; Δ – 500 мм, \* – 1 000 мм.

Прикрепление и развитие колоний микроорганизмов интенсивнее происходит на металлических и асбестоцементных трубопроводах, но этому процессу также подвержены и пластиковые трубы. В самотечных системах канализации, где нет достаточного количества кислорода для жизнедеятельности аэробных бактерий, чаще происходят анаэробные процессы с выделением метана, сероводорода и др. газов, неблагоприятно влияющих на материал трубопровода. Кроме того, небольшие скорости движения сточной жидкости приводят к постепенному увеличению донных отложений и уменьшению пропускной способности.

В последнее время широкое применение стали находить альтернативные системы канализации [1, 4], одна из которых – система вакуумной канализации.

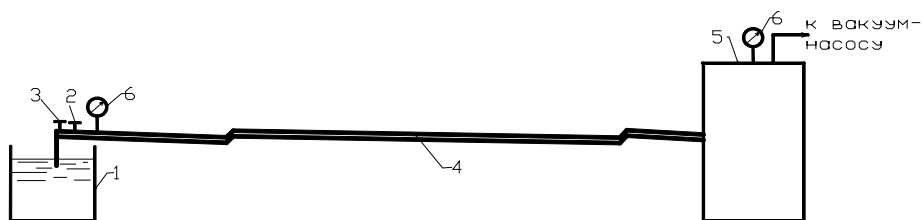
**Целью работы** является изучение возможности использования систем вакуумной канализации для снижения концентрации органических загрязнений.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Вакуумная сеть канализации представляет собой закрытую систему трубопроводов малого диаметра (до 250 мм), в которой поддерживается отрицательное давление до 6 м вод. ст. и ряд устройств, для впуска сточной жидкости и воздуха. Стоки транспортируются за счет разницы атмосферного и вакуумметрического давлений и расширения воздуха как движущей силы процесса. При этом по трубопроводу идет водовоздушная смесь. Скорость движения этой смеси достаточно велика, для модели вакуумной системы из трубопроводов диаметром 25 мм она составляет до 2 м/с [2].

Основной особенностью вакуумной системы канализации помимо уменьшения стоимости и времени строительства (из-за использования малых диаметров трубопроводов и их прокладки на минимально допустимой глубине [2]) является периодичность ее действия. Чаще всего вакуумную канализацию устраивают для коттеджных и дачных поселков, баз отдыха и детских летних лагерей. Т. е. можно сказать, что обрастание трубопроводов изнутри вполне вероятно, несмотря на высокие скорости и гладкую поверхность пластиковых трубопроводов, из которых выполнена вакуумная сеть. Кроме того, максимальная скорость движения сточных вод может быть снижена до оптимальной, необходимой для возникновения на стенках трубопровода биопленки достаточной толщины. Согласно рис. 2, скорость, необходимая для обрастания внутренней поверхности слоем биомассы 2–4 мм для трубопровода диаметром 300 мм, находится в пределах 1,0–1,5 м/с.

Как известно, растворимость газа в воде прямо пропорциональна парциальному давлению этого газа над поверхностью жидкости. Согласно этому закону при вакуумметрическом давлении содержание растворенного кислорода должно уменьшаться. Но, как было сказано ранее, в системе вакуумной канализации происходит впуск воздуха, который затем активно перемешивается со сточной жидкостью. Для определения взаимного влияния отрицательного давления в трубопроводе и перемешивания с воздухом был проведен ряд экспериментов, для которых в лабораторных условиях была создана модель вакуумной системы канализации. Модель состоит из сборной мерной емкости, (BBBY), сети в виде пластмассового трубопровода диаметром 25 мм и длиной 30 м, ресивера и вакуумного насоса. Модель представлена на рис. 3. Вакуум в системе составляет 4 м вод.ст.



**Рисунок 3** – Схема лабораторной модели системы вакуумной канализации: 1 – мерная емкость; 2 – регулирующий вентиль; 3 – кран впуска воздуха; 4 – вакуумный трубопровод; 5 – бак-ресивер; 6 – вакуумметры.

Первоначально опыт проводился на водопроводной воде, в которую предварительно был добавлен сульфит натрия, который связывает растворенные в воде газы. Этот реагент, при введении его в воду, окисляется растворенным в воде кислородом до сульфата натрия согласно реакции (1):



После введения реагента концентрация растворенного кислорода снизилась до 4 мг/л при температуре воды 17,6 °С.

Результаты показали, что за время прохождения одного цикла (под циклом понимается этап прохождения жидкости от мерной емкости 1 (рис. 3) до бака-ресивера 5, время прохождения составляет 15 секунд) концентрация растворенного кислорода увеличилась в среднем до 7,6 мг/л при температуре воды 17,9 °С. Удельный расход воздуха при этом составил 1,2 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>·час.

Но делать вывод о возможности насыщения кислородом сточной жидкости только на основании опытов с водопроводной водой нецелесообразно, поэтому был также проведен ряд экспериментов на смоделированной воде с активным илом в количестве 1 г/л и субстратом (сахарозой) с концентрацией 30 мг/л. Целью опыта была проверка насыщения жидкости кислородом в условиях системы вакуумной канализации с параллельным его потреблением микроорганизмами в процессе окисления органического вещества. Метод исследования – определение уменьшения субстрата по значению перманганатной окисляемости смоделированной жидкости до и после 15-ти минутного пребывания в вакуумном трубопроводе, а также дальнейшее определение скорости окисления органического вещества.

Результаты опытов представлены в таблице.

**Таблица** – Окисляемость смоделированной сточной жидкости в условиях эксперимента

Проба	Перманганатная окисляемость, мгО <sup>2</sup> /л				Средняя перманганатная окисляемость, мгО <sup>2</sup> /л
	80	79	77	79	79
Активный ил с сахарозой до системы вакуумной канализации	80	79	77	79	79
Активный ил с сахарозой после системы вакуумной канализации	68	69	69	68	68,5

Согласно полученным данным была рассчитана удельная скорость окисления по формуле (2):

$$\rho = \frac{XPK_1 - XPK_2}{t \cdot a_i (1-s)}, \text{ мг/г·час} \quad (2)$$

где  $\rho$  – удельная скорость окисления, мг/г·час;  
 $XPK_1, XPK_2$  – перманганатная окисляемость до и после пребывания в системе вакуумной канализации, мг/л;  
 $t$  – время окисления, час;  
 $a_i$  – концентрация активного ила, г/л;  
 $s$  – зольность активного ила.

## ВЫВОДЫ

Согласно расчету удельная скорость окисления  $\rho$  составляет 58,5 мг/г·час. Из чего можно сделать вывод, что в вакуумной системе канализации возможны биологические процессы, которые снижают содержание органических веществ и насыщают воду кислородом. Следовательно, сеть вакуумной канализации может быть использована в качестве сооружения предочистки или даже как основное сооружение биологической очистки.

Для изучения снижения органических загрязнений с помощью прикрепленной к стенкам биомассы планируются дальнейшие исследования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Manual. Alternative Wastewater Collection Systems [Текст] / William C. Bowne, Richard C. Naret, Richard J. Otis ; U.S. Environmental Protection Agency. – Washington, DC, 1991. – 207 p.
2. Григоренко, Н. И. Исследование параметров основных элементов гидropневматической вакуумной системы канализации в лабораторных условиях [Текст] / Н. И. Григоренко // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – Макіївка, 2011. – Вип. 2011–3(89) : Матеріали Х Міжнародної наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів. – С. 110–112.
3. Петевотян, Р. А. Процесс самоочищения сточных вод в сетях водоотведения [Текст] / Р. А. Петевотян, В. М. Мкртчян // Водочистка. – 2009. – № 3. – С. 55–56.
4. Олійник, О. Я. До розрахунку кисневого режиму при очистці стічних вод [Текст] / О. Я. Олійник, Г. С. Маслун // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки : Науково-технічний збірник. Випуск 14 / Міністерство освіти і науки України, Київський національний університет будівництва і архітектури; головний редактор А. М. Турай. – К. : КНУБА, 2010. – С. 76–102.
5. Basham, Steve. An Overview of Alternative Wastewater Systems [Текст] / Steve Basham // Waterproof. – 2001. – No. 21. – P. 24–25.

Получено 18.04.2012

В. І. НЕЗДОЙМІНОВ, Н. І. ГРИГОРЕНКО  
ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ВАКУУМНОЇ  
КАНАЛІЗАЦІЇ ДЛЯ ОКИСЛЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ЗАБРУДНЕНЬ  
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Розглянуто можливість використання трубопроводів системи вакуумної каналізації для зниження органічних забруднень. Представлений ряд експериментів, які підтверджують цю можливість.  
**трубопровід каналізації, розчинений кисень, біоплівка, окислюваність органічних речовин**

VIKTOR NEZDOIMINOV, NADEZHDA GRIGORENKO  
STUDY THE POSSIBILITY OF USING VACUUM SEWER SYSTEMS FOR THE  
OXIDATION OF ORGANIC CONTAMINANTS  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

This article considers the possibility of using vacuum sewer system pipelines to reduce the organic contaminants. A series of experiments confirming this possibility have been presented  
**sewer pipes, dissolved oxygen, biofilm oxidation of organic matter**

**УДК 628.3****А. Я. НАЙМАНОВ, Е. В. ЯКОВЕНКО**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА В УКРАИНЕ**

В статье рассмотрено состояние проблемы поверхностного стока в Украине и факторы влияющие на интенсивность загрязненности. В последние годы все более пристальное внимание уделяется проблемам загрязненности водных объектов. Одной из главных причин их загрязнения является вступление в них сточных вод разнообразного происхождения, что отводятся из урбанизированной территории (производственных, хозяйственно-бытовых, ливневых). Перед сбросом в водные объекты дождевые и талые воды, как правило, должны быть очищены до такой степени, чтобы не вызвать сверхнормативного загрязнения воды в водоемах. Иногда экономически оправданно накопление поверхностного стока с целью его использования для водоснабжения или орошения.

**поверхностный сток, талые, дождевые и поливомоечные воды, расход стока, сточные воды, ливневая канализация**

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Снизилась мощность промышленных производств, в том числе и локальных очистных сооружений, среднегодовые объемы ливневого стока не изменились, а объем очищаемого стока снизился; повсеместно осуществляется несанкционированный сброс в ливневую канализацию неочищенных сточных вод предприятий.

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

Одной из основных причин загрязнения поверхностных водных объектов является поступление в них сточных вод как из сосредоточенных контролируемых сбросов, так и из диффузных источников, отводимых из застроенных территорий.

### **ЦЕЛЬ**

Необходимо предусматривать мероприятия по очистке талых, ливневых и поливомоечных вод перед их выпуском в водоём, так как без обезвреживания поверхностного стока достичь необходимого качества воды в водоёмах в пределах городской территории только за счет удовлетворительной очистки промышленных и бытовых сточных вод не представляется возможным.

### **ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**

Установлено, что в урбанизированных зонах с развитым агропромышленным сектором с поверхностным стоком в водные объекты поступает более 80 % загрязняющих веществ. Контроль за отведением загрязненного поверхностного стока регламентируется Государственным стандартом Украины ДСТУ 3013-95 «Правила контроля за отведением дождевых и снеговых сточных вод с территорий городов и промышленных предприятий» [1].

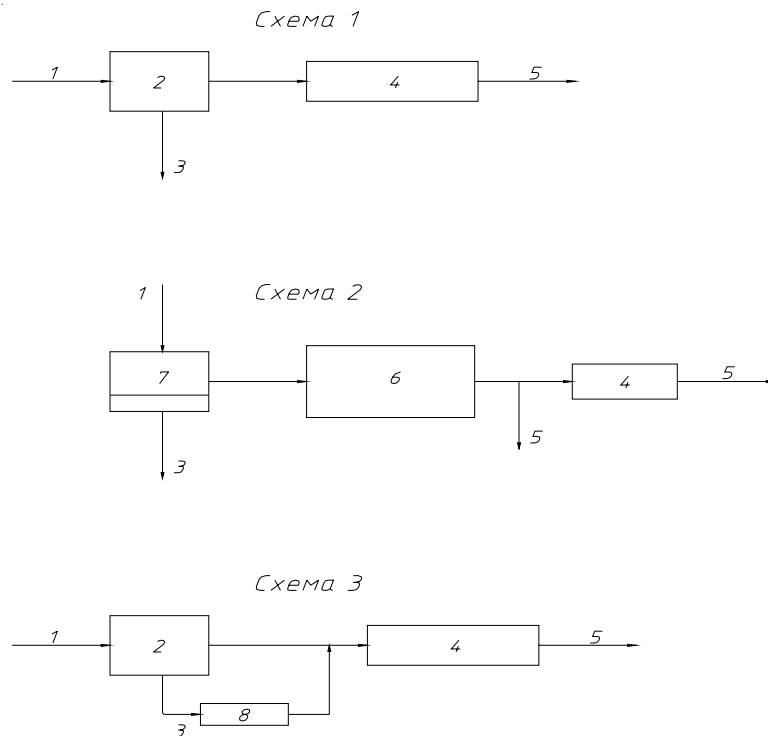
На интенсивность загрязненности поверхностного стока с территории населенных пунктов влияют такие факторы, как благоустройство территории, плотность населения, интенсивность движения транспорта и пешеходов. Эти показатели постоянно изменяются в процессе урбанизации [2].

Поверхностный сток включает в себя дождевые, снеговые и поливомоечные сточные воды. Он бывает организованным и неорганизованным [1].



Анализ литературных данных показал, что атмосферные осадки загрязняются различными примесями органического и минерального характера еще в процессе выпадения на поверхность [4].

При регулировании расхода стока (рис., схемы 1, 3) для последующей предварительной или окончательной самостоятельной его очистки могут быть применены отстойные сооружения или флотационные установки. Высокий эффект механической очистки на этих сооружениях достигается при предварительной реагентной обработке стока. Применение реагентной обработки в данном случае требует полной автоматизации процесса очистки из-за эпизодичности поступления стока и наиболее целесообразно при совместной очистке его с производственными сточными водами.



**Рисунок** – Принципиальная схема разделения дождевого стока перед очистными сооружениями: 1 – коллектор дождевой канализации; 2 – разделительная камера; 3 – сброс неочищенного поверхностного стока в водный объект; 4 – очистные сооружения; 5 – отведение очищенного поверхностного стока в водный объект или в систему производственного водоснабжения; 6 – аккумулирующая емкость; 7 – камера распределения стока; 8 – регулирующая емкость.

При разделении стока путем частичного его аккумулирования (схема 2) очистку стока от основной массы примесей следует предусматривать в самой аккумулирующей емкости за счет выдерживания стока в контактных условиях [3].

Однако основное количество загрязняющих веществ поступает в атмосферные осадки при их стекании с поверхности городской территории. По данным зарубежных исследований накопление загрязнений на поверхности дорог в среднем для городов составляет 395 кг на 1 км дороги, причём в промышленных районах накопление вдвое превышает средний показатель для города [5].

Санитарными нормами не допускается сброс со сточными водами частиц с гидравлической крупностью более 0,4 мм/с для проточных водоемов и 0,2 мм/с – для непроточных. В поверхностном стоке содержание твердых примесей с такой гидравлической крупностью доходит до 30–40 %, причем четвертую часть осадка из поверхностного стока составляют органические вещества. Поэтому в толще наносов активно развиваются анаэробные процессы деструкции органических веществ: гниения, брожения, неполного окисления, сульфатредукции, метаногенеза, денитрификации [2].

Формирование поверхностного стока происходит под воздействием комплекса природных (атмосферные осадки, испарение, фильтрация, задержание влаги растениями) и антропогенных (использование водосборной территории, применение искусственных покрытий, технология мойки искусственных покрытий) факторов [1].

В целом состав загрязнений поверхностного стока и их концентрации существенно изменились за последние 10 лет по ряду причин:

- многократно увеличилась плотность автомобильного потока, а следовательно, и концентрация загрязнений в смывах с автомобильных дорог;
- вследствие несовершенства системы сбора жидких и твердых бытовых и промышленных отходов часть из них попадает в ливневую канализацию и др.

Таким образом, в последние годы резко возросла загрязненность поверхностного стока [2].

## ВЫВОД

В связи со сложившейся экологической обстановкой с экономической точки зрения целесообразным является создание малых очистных сооружений, позволяющих очищать поверхностные сточные воды перед сбросом в водоем непосредственно на выпуске. При разработке такого решения по данным предварительных исследований возможно создание энергосберегающих компактных очистных сооружений (ЭКОС) в местах выпуска стоков в водоем, очищенные дождевые воды возможно использовать для промышленного водоснабжения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стольберг, Ф. В. Экология города [Текст] / Ф. В. Стольберг. – К. : Либра, 2000. – 465 с. – ISBN 966-7035-29-8.
2. Современные проблемы поверхностного стока в Украине [Текст] / Г. М. Семчук, В. П. Рудий, С. В. Разметаев [и др.] // Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов : XII междунар. научно-технич. конф., 7–11 июня 2004 г. : сб. научн. тр. : в 3-х т. Т. 3 / Украинский гос. научно-исслед. ин-т проблем водоснабжения, водоотведения и охраны окруж. природной среды «Укр ВОДГЕО» ; ред.: С. В. Разметаев, В. Ф. Костенко. – Х. : УГНИИ УкрВОДГЕО, 2004. – С. 591–593. – ISBN 966-7744-24-8.
3. Охрана окружающей среды [Текст] : справочник / Сост. Л. П. Шариков. – Л. : Судостроение, 1978. – 560 с.
4. Оценка поступления веществ из атмосферы с пылью и атмосферными осадками [Текст] / О. М. Башмакова, В. И. Ткачева, Л. М. Крученя, А. А. Матвеев // Качество вод и научные основы их охраны. – Л. : Гидрометеоздат, 1973. – С. 15–24. – (Труды IV Всесоюзного гидрологического съезда ; Т. 9).
5. Sartor, James D. Water pollution aspects of street surface contaminants [Текст] : EPA-R2172-081 / James D. Sartor and Cail B. Boyd ; U.S. Environmental Protection Agency. – Washington, 1972. – 237 p.

Получено 16.03.2012

## А. Я. НАЙМАНОВ, О. В. ЯКОВЕНКО СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ В УКРАЇНІ Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті розглянуто стан проблеми поверхневого стоку в Україні і чинники що впливають на інтенсивність забрудненості. Останніми роками усе більш пильна увага приділяється проблемам забрудненості водних об'єктів. Однією з головних причин їх забруднення є поступання в них стічних вод різноманітного походження, що відводяться з урбанізованої території (виробничих, господарчо-побутових, зливових). Перед скиданням у водні об'єкти дощові і талі води, як правило, повинні бути очищені до такої міри, щоб не викликати наднормативного забруднення води у водоймах. Іноді економічно виправдано накопичення поверхневого стоку з метою його використання для водопостачання або зрошення.

**поверхневий стік, талі, дощові і поливнийні води, витрата стоку, стічні води, злизова каналізація**

AUBEKIR NAIMANOV, ELENA IAKOVENKO  
MODERN PROBLEMS OF SUPERFICIAL FLOW IN UKRAINE  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The article is about the state of problem of superficial flow in Ukraine and factors which influencing on intensity of muddiness. Last years more intent attention has been spared to the problems of muddiness of water objects. One of principal reasons of their contamination is entering them effluents of different origin taken from the urbanized territory(productive, service-utility, thundershower). Before an upcast in water objects rain and melted waters, as a rule, must be cleared to such degree, not to cause contamination of water in reservoirs. Sometimes accumulation of superficial flow with the purpose of its use for a water-supply or irrigation has been economic justified.

**superficial flow, melted, rain waters and waters on watering, expense of flow, effluents, thundershower sewage system**

УДК 628.384.002.8+519.87

**В. И. НЕЗДОЙМИНОВ, О. А. ЧЕРНЫШЕВА**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСАДКОВ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ДОНЕЦКОГО РЕГИОНА**

Показано влияние осадков городских сточных вод на сельскохозяйственные культуры. Исследован процесс миграции ионов тяжелых металлов при использовании осадков городских сточных вод в качестве удобрения. С помощью программы Maple рассчитана и графически визуализирована полученная модель процесса.

**ОГСВ – осадки городских сточных вод, ТМ – тяжелые металлы, экотоксиканты, поделочный учет**

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Проблема отходов в Украине, в том числе осадков сточных вод, является крайне актуальной. Ежегодно в Украине образуется до 90 млн м<sup>3</sup> в год осадков городских сточных вод (ОГСВ) с влажностью 98 %. В настоящее время в Донецкой области количество осадков достигает 100 млн т (при естественной влажности) и занимают они суммарную площадь более 500 га плодородных земель. В результате дренирования присутствующих в ОГСВ токсичных компонентов загрязняются поверхностные и подземные водные источники. При этом происходит накопление различных вредных компонентов в осадках иловых площадок.

Вместе с тем ОГСВ по своему составу являются высокоэффективным органическим удобрением, так как содержат до 70 % органического вещества, 5 % азота, 2 % фосфора и 1 % калия. Основным препятствием использования осадков городских сточных вод в растениеводстве в качестве удобрений является отсутствие системных агроэкологических обоснованных нормативных показателей допустимого внесения ОСВ в почву.

В мировой практике основным способом утилизации обезвоженных осадков является их почвенное размещение, сжигание, захоронение, получение топлива из кека, производство гипсовых изделий, асфальтобетона, кормовых добавок для животноводства, получение технических жиров и мыла.

Почвенным методам размещения осадка в большинстве стран до последнего времени отдавалось неоспоримое предпочтение. Начиная с 2000 г, в США и Германии размещалось свыше 60 % осадка на сельскохозяйственных угодьях, в Польше до 80 %, в Дании до 70 %. Анализ зарубежных данных показывает, что среди методов почвенного размещения осадков преобладает использование в качестве органического удобрения, так как по агрохимическим свойствам осадки сточных вод являются перспективными органическими удобрениями.

Имеется значительное количество работ по использованию ОСВ в качестве удобрения [1–8], однако эти результаты противоречивы из-за того, на какой почве и с какими культурами, с какими дозами внесения проводились исследования.

Применение осадков сточных вод на черноземах мало изучено, в то же время почвы Донецкой области характеризуются содержанием гумуса 4,5–6,5 %, что позволяет предположить существенное снижение концентраций доступных форм тяжелых металлов для сельскохозяйственных культур.

## АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Работа является продолжением серий публикаций автора по исследованию проблем утилизации осадков городских сточных вод [13–16].

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка научно-обоснованной технологии применения осадков городских сточных вод в качестве органоминеральных удобрений в условиях Донецкой области и аналогичных им.

### ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Для исследования ОГСВ на урожайность и содержание тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции нами были проведены полевые и вегетационные опыты на территории Селидовского ПУВКХ (производственное управление водопроводно-канализационного хозяйства), ОГСВ с иловых площадок Селидовского ПУВКХ были выбраны, т. к. они по санитарно-гигиеническим показателям удовлетворяли требованиям КД [13] и по составу характеризовались, как и другие ПУВКХ, существенно меньшим содержанием экотоксикантов по сравнению с ОГСВ промышленных агломераций (Донецк, Макеевка, Мариуполь). Район г. Селидово относится к северо-степной подзоне и, в отличие от других подзон Донецкой области, занимает более 48 % сельскохозяйственных угодий области.

Исследования проводили на опытном поле, которое находится на балансе ПУВКХ г. Селидово. Опытные площадки находятся в зоне рассеивания выбросов Кураховской ТЭС, породных отвалов шахт городов Новогородовка и Селидово. Кроме того, возможно влияние выбросов Донецко-Макеевской агломерации, включая аэральные эмиссии Авдеевского КХЗ, находящихся по «розе ветров» к опытному полю.

Анализ данных по рассеиванию совместных выбросов в данном регионе указывает на превышение концентрации кислотных форм, которые будут способствовать переводу ТМ в подвижные формы. Эти соединения, в отличие от оксидов ТМ, будут легко проникать через листовую поверхность вегетирующих растений.

Зона расположения опытного поля характеризуется по семибальной шкале – 4,0–4,5 баллами, определяющими удовлетворительную экологическую ситуацию в регионе.

Для исследования влияния ОСВ на урожайность и содержание тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции и в почве был принят овощной севооборот. Это обусловлено расположением иловых площадок вблизи городов, где, как правило, производятся овощи.

Повторность опыта – четырехкратная, включает контроль (без внесения ОГСВ) и делянки с внесением ОГСВ. Площадь каждой делянки 50 м<sup>2</sup>. Учет с/х продукции поделаноочный, взвешиванием. Почва опытного участка представляет собой чернозем обычный, малогумусный, неглубокий, легкоголистый. Содержание тяжелых металлов определяли атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией на КАС 120.1. Образцы растений для исследования содержания тяжелых металлов обрабатывали в соответствии с ГОСТ 26657-85. Основные агрохимические показатели почвы до внесения ОГСВ приведены в табл. 1.

**Таблица 1** – Характеристика опытного поля по наличию тяжелых металлов до внесения ОГСВ и после внесения

Слой, см		<i>Содержание</i> <i>ПДК для почвы</i> , мг/кг (до внесения ОГСВ)				Содержание мг/кг, (после внесения ОГСВ)			
		$\frac{Cu}{3}$	$\frac{Zn}{23}$	$\frac{Pb}{32}$	$\frac{Cd}{3}$	Cu	Zn	Pb	Cd
1 год	0–20	6,5	45	4,4	0,26	7,0	50	6,9	0,25
	0–40	5,8	39	3,9	0,22	5,9	43	5,7	0,22
2 год	0–20	6,4	43	4,2	0,26	8,3	65	7,8	0,34
	0–40	5,5	37	3,7	0,22	6,4	54	6,7	0,30
3 год	0–20	6,5	45	4,4	0,26	9,5	78	9,3	0,45
	0–40	5,8	39	3,9	0,22	7,8	76	8,8	0,47

Из таблицы 1 видно, что концентрация подвижных форм тяжелых металлов после внесения ОГСВ незначительно увеличилась, по сравнению с содержанием их в исходной почве.

Было проведено исследование состава ОГСВ с двух иловых площадок, осадки которые выдерживались более 3-х лет и на их применение имеется разрешение ОблСЭС (табл. 2).

**Таблица 2** – Характеристика ОГСВ г. Селидово на наличие тяжелых металлов)

Место отбора проб	Содержание ТМ в осадке, мг/кг			
	Cu	Zn	Pb	Cd
Иловая карта № 1	7,3	78,7	26,7	1,9
Иловая карта № 2	4,9	74,2	15	1,5
ПДК для ОСВ	1 200	3 000	1 200	20

Эффективность ОГСВ, а также их экотоксическое влияние изучали на различных культурах:

- кормовых (кормовая свекла, люцерна, просо, эспарцет, суданская трава);
- пропашных (кукуруза, подсолнечник, рапс);
- картофель, овощные (томаты, морковь, огурцы, свекла столовая).

В результате исследований проведенных за первый год прибавка урожая на овощных культурах составила от 4,5 до 15,0 % по сравнению с контролем. Данные по содержанию ТМ в изученных образцах приведены в табл. 3.

**Таблица 3** – Содержание тяжелых металлов в овощах

Культура	Массовая концентрация, мг/кг							
	Pb (ПДК = 0,5)		Cd (ПДК = 0,03)		Zn (ПДК = 10)		Cu (ПДК = 5)	
	контроль	С ОСВ	контроль	С ОСВ	контроль	с ОСВ	контроль	с ОСВ
Картофель	0,4	0,6	0,03	0,03	8,5	9,5	3,0	4,0
Свекла	0,5	0,7	0,02	0,03	9,5	7,5	3,8	4,5
Огурцы	0,13	0,18	0,03	0,04	10,0	9,8	2,2	2,5
Морковь	0,40	0,48	0,03	0,03	9,7	9,3	4,0	4,5

Данные таблицы 3 свидетельствуют, что в первый год возделывания овощных культур содержание ТМ в них не превышает ПДК, за исключением свинца. Из таблицы мы видим, что овощные культуры можно выращивать с использованием данного осадка при дозе 0,8–1,2 кг/м<sup>2</sup>.

На второй год на опытном поле был проведен посев ячменя, подсолнечника и овощей с использованием ОГСВ. В табл. 4 приведено содержание ТМ в ячмене и подсолнечнике.

**Таблица 4** – Содержание ТМ в ячмене и подсолнечнике

Культура	Содержание тяжелых металлов, мг/кг							
	Pb (ПДК 0,5)		Zn (ПДК 50,0)		Cd (ПДК 0,1)		Cu(ПДК 10,0)	
	контроль	С ОСВ	контроль	С ОСВ	контроль	С ОСВ	контроль	С ОСВ
Ячмень	0,79	0,85	26,3	32,9	0,04	0,07	5,6	7,8
Подсолнечник	0,50	0,80	31,2	43,7	0,08	0,15	1,0	2,9

Из табл. 4 видим, что в семенах подсолнечника содержание ТМ по свинцу превышает ПДК в 1,6 раза, по цинку, кадмию и меди превышения нет. Что касается овощей, возделывали картофель, свеклу, огурцы, морковь. Содержание ТМ в овощах представлено в табл. 5.

Из табл. 5 видно, что у картофеля идет превышение ПДК по свинцу в 1,5 раза, по кадмию в 1,6 раза, по цинку в 1,1, а в 1-й год у картофеля было превышение только по свинцу в 1,2 раза. Прослеживается такая же тенденция и по свекле. Отсюда следует, что повторное внесение ОГСВ недопустимо, четко

**Таблица 5** – Содержание тяжелых металлов в овощах на второй год проведения исследований

Культура	Массовая концентрация, мг/кг			
	Pb (ПДК = 0,5)	Cd (ПДК = 0,03)	Zn (ПДК = 10)	Cu(ПДК=5)
Картофель	0,75	0,05	10,7	5
Свекла	0,8	0,058	8,9	5,8
Огурцы	0,25	0,49	10,7	4,6
Морковь	0,58	0,06	9,8	5,3

прослеживается зависимость при увеличении содержания ТМ в почве увеличивается содержание ТМ в культуре.

Эффективность ОГСВ а также их экотоксикологическое влияние продолжали изучать и на третий год на картофеле и свекле, а также посеяли кормовые культуры, пропашные. Особый интерес в плане накопления в сельхозрастениях тяжелых металлов представляли люцерна и эспарцет, так как бобовые культуры характеризуются повышенной способностью к накоплению ТМ.

Агротехника выращивания сельхозкультур в опытах была общепринятой для Донецкой области. Уборку проводили вручную. Был проведен учет биологического урожая.

Содержание ТМ в овощных культурах представлено в табл. 6.

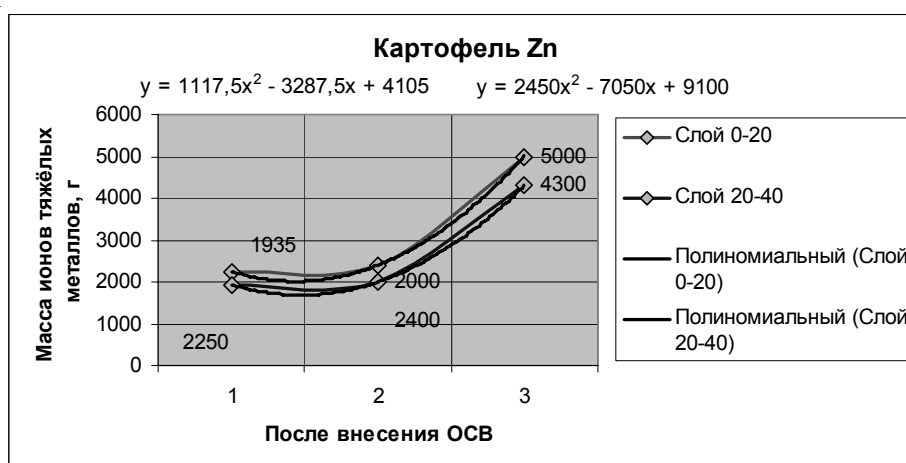
**Таблица 6** – Содержание тяжелых металлов в овощных культурах на третий год проведения исследований

Растение	Массовая концентрация, мг/кг			
	Pb (ПДК0,5)	Cd (ПДК0,03)	Zn (ПДК10,0)	Cu (ПДК = 5)
Кормовая свекла	0,7	0,11	32,0	15,0
Картофель	1,5	0,15	49,0	16,1

Отмечено, что по сравнению с 1 и 2 годом идет увеличение концентрации ТМ в картофеле и свекле, результаты в очередной раз подтверждают то, что нельзя выращивать овощные культуры при ежегодном внесении ОГСВ.

На графиках (рис. 1–4) представлена динамика изменения содержания цинка, свинца, меди и кадмия в почве, в картофеле, аналогичная картина наблюдается при выращивании др. с/х культур. Такая же тенденция прослеживается при выращивании кормовых культур.

Содержание ТМ в кормовых культурах представлено в табл. 7.

**Рисунок 1** – Динамика изменения содержания цинка.

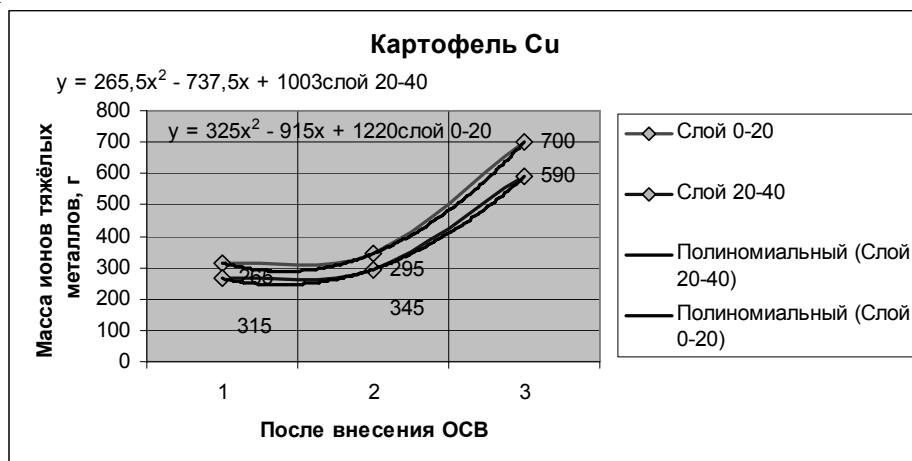


Рисунок 2 – Динамика изменения содержания меди.

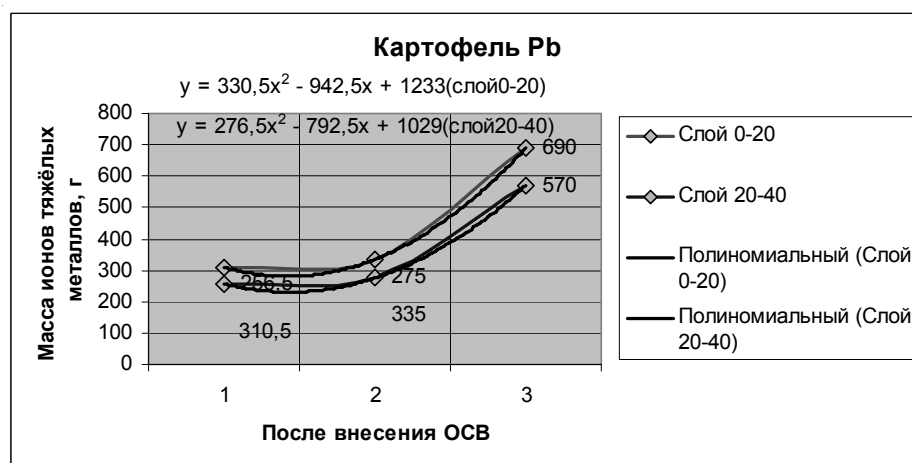


Рисунок 3 – Динамика изменения содержания свинца.

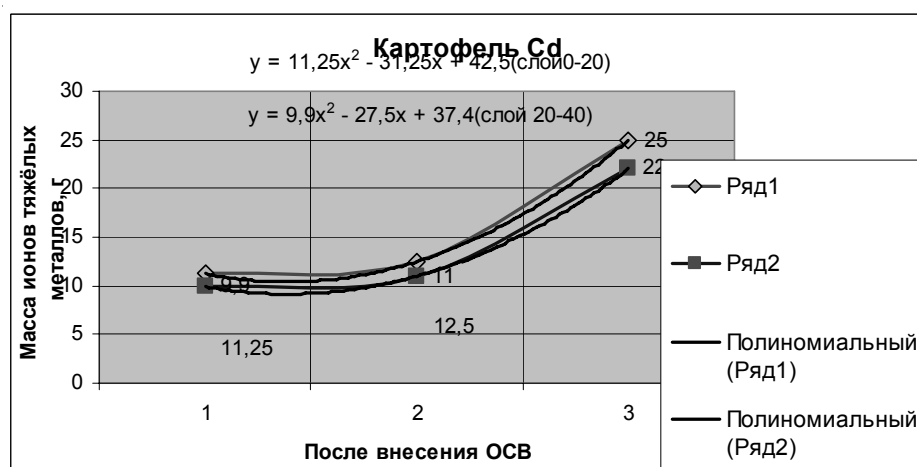


Рисунок 4 – Динамика изменения содержания кадмия.



**Таблица 7** – Содержание тяжелых металлов в растениях (сухая масса) при дозе 10 т/га

Растение	Массовая концентрация, мг/кг			
	Pb (ПДК0,5)	Cd (ПДК0,03)	Zn (ПДК10,0)	Cu (ПДК = 5)
Суданская трава	2,0	0,25	49,0	3,8
Эспарцет	2,3	0,10	28,1	4,6
Люцерна	2,6	0,34	61,0	7,0
Просо	2,3	0,60	46,7	14,2

Из таблицы 7 видно, что идет превышение по всем культурам, отсюда делаем вывод, что такие культуры как суданская трава, люцерна, просо, эспарцет возделывать с применением ОГСВ недопустимо.

Проводились исследования по накоплению ионов металлов в кукурузе при различной дозе внесения ОГСВ. Данные представлены в табл. 8.

**Таблица 8** – Содержание тяжелых металлов в кукурузе (сухая масса)

Культура	Вариант	Массовая концентрация, мг/кг			
		Cu (ПДК = 5)	Zn (ПДК 10)	Pb (ПДК 0,5)	Cd (ПДК 0,03)
Кукуруза	ОСВ – 10 т/га	5,2	51	1,8	0,34
Кукуруза	ОСВ – 30 т/га	6,16	58	2,1	0,44
Кукуруза	ОСВ – 60 т/га	7,8	72	2,9	0,57

На основании полученных опытных данных была разработана математическая модель прогнозирования распределения тяжелых металлов в почве для различных сельскохозяйственных культур в зависимости от длительности эксперимента и глубины залегания. Составлена программа для расчета содержания тяжелых металлов в почве в зависимости от длительности эксперимента и глубины залегания.

С помощью программы *Maple* рассчитали и графически визуализировали полученную модель процесса. Результаты сведены в таблицу 9.

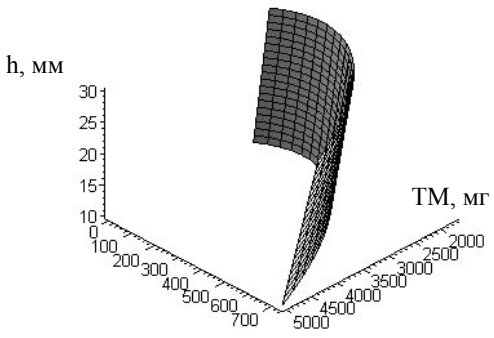
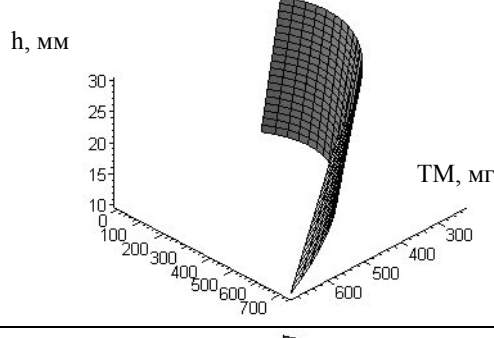
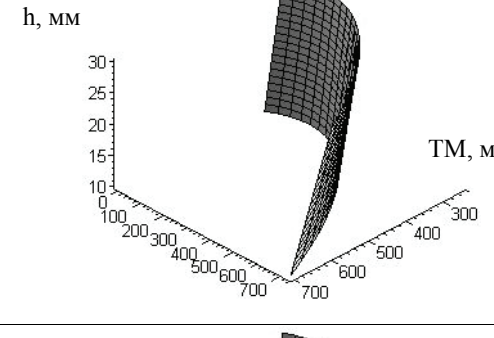
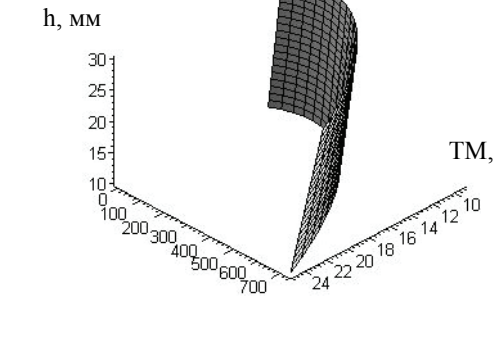
**Таблица 9** – Прогнозируемое содержание тяжёлых металлов (на примере картофеля и кукурузы)

Культура	Тяжелый металл	Слой почвы	Существующее содержание тяжёлых металлов, г/м <sup>2</sup>			Прогнозируемое содержание тяжёлых металлов, г/м <sup>2</sup>	
			в 2001 г.	в 2002 г.	в 2003 г.	в 2004 г.	в 2005 г.
Картофель	Zn	0–20	2 250	2 400	5 000	10 050	17 550
		20–40	1 935	2 000	4 300	8 835	15 605
	Pb	0–20	310,5	335	690	1 376	2 391,5
		20–40	256,5	275	570	1 142	1 989,5
	Cu	0–20	315	345	700	1 380	2 385
		20–40	265	295	590	1 150	1 975
	Cd	0–20	11,25	12,5	25	49	83,75
		20–40	9,9	11	22	43	73,7
Кукуруза	Zn	0–20	4 500	4 560	5 000	5 820	7 020
		20–40	4 230	4 230	4 300	4 440	4 650
	Pb	0–20	580	598	690	856	1 096
		20–40	578	568	570	584	610
	Cu	0–20	610	689	700	643	518
		20–40	598	587	590	607	638
	Cd	0–20	22,5	24	25	26	25,5
		20–40	21	21	22	24	27

#### По результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Сельскохозяйственные культуры обладают индивидуальной способностью накапливать тяжелые металлы при различных дозах внесения ОГСВ.

Таблицы 10 – Моделирование процесса распределения тяжёлых металлов

Культура	Тяжелый металл	Графическая интерпретация процесса распределения тяжелых металлов
Картофель	Zn	
	Pb	
	Cu	
	Cd	

$h$  – глубина слоя, мм; 0–700 – продолжительность, дни; 0–10 000 – содержание тяжелых металлов, г/м<sup>2</sup>.

Рекомендуется применять ОГСВ в качестве удобрения для овощных культур, таких как картофель, свекла, огурцы, морковь с дозой не более 10 т/га однократно. Повторное внесение ОГСВ приводит к накоплению тяжелых металлов, как в почве, так и в культуре. При использовании представленной математической модели можно прогнозировать распределение тяжелых металлов в почве для различных сельскохозяйственных культур.

2. Безопасное и широкомасштабное использование осадков в качестве удобрений возможно при контроле за наличием ТМ в осадке, в почве и в выращиваемых сельскохозяйственных культурах.

Етому должно способствовать нормативно-правовое регулирование утилизации осадков сточных вод и их паспортов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Касатиков, В. А. Влияние ОСВ на почву [Текст] / В. А. Касатиков, М. Е. Кравченко, С. М. Касатикова // Химизация сельского хозяйства. – 1991. – № 2. – С. 45–47.
2. Гармаш, Н. Ю. Влияние органических удобрений на состав гумуса дерново-подзолистой почвы [Текст] / Н. Ю. Гармаш // Химизация сельского хозяйства. – 1990. – № 11. – С. 22–25.
3. Влияние ОСВ на урожай и качество продукции [Текст] / С. В. Макаренко, Н. Т. Чеботарев, Ю. И. Корнеев, Л. А. Хохлова // Химизация сельского хозяйства. – 1991. – № 4. – С. 39–42.
4. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях [Текст] / Ю. В. Алексеев. – Л. : Агропромиздат, Ленингр. отд-ние, 1987. – 142 с.
5. Distribution of metals in grassland soils following surface applications of sewage sludge [Текст] / R. D. Davis, C. H. Carlton-smith, J. H. Stark, J. A. Campbell // Environ. Pollut. – 1988. – V. 49, № 2. – P. 99–115.
6. Berti, W. R. Distribution of trace elements in soil from repeated sewage sludge applications [Текст] / W. R. Berti, L. W. Jacobs // J. Environ. Qual. – 1998. – V. 27, № 6. – P. 1280–1286.
7. Совершенствование нормативно-правового регулирования утилизации осадков городских сточных вод [Текст] / В. А. Загорский, В. Е. Аджиенко, Д. А. Данилович, В. А. Касатиков // Водоснабжение и санитарная техника. – 1998. – № 9. – С. 18–20.
8. Беляева, С. Д. Управление осадками сточных вод – важнейшая экологическая проблема [Текст] / С. Д. Беляева, Л. И. Понтер // Водоснабжение и санитарная техника. – 2007. – № 1. – С. 5–9.
9. Конопацький, Є. В. Конструювання однопараметричної множини ліній в n-вимірному просторі [Текст] / Є. В. Конопацький, А. І. Бумага // Прикладна геометрія та інженерна графіка : Праці Таврійської державної агротехнічної академії : наук. фах. вид. / М-во аграр. політики України; редкол.: В. М. Кюрчев (голов. ред.) [та ін.]. – Мелітополь : ТДАТА, 2007. – Т. 36, Вип. 4 : Прикладна геометрія та інженерна графіка. – С. 106–111.
10. Точечное исчисление – математический аппарат параллельных вычислений для решения задач математического и компьютерного моделирования геометрических форм [Текст] / И. Г. Балюба, В. И. Полищук, Б. Ф. Горягин, Т. П. Малютина // Материалы междунауч. конф. «Моделирование – 2008», 14–16 мая 2008 г., г. Киев, Том 2. – Киев, 2008. – С. 286–290.
11. Балюба, И. Г. Конструктивная геометрия многообразий в точечном исчислении [Текст] : диссертация на соискание научной степени доктора технических наук / И. Г. Балюба. – Макеевка, 1995. – 227 с.
12. Уокер, Р. Алгебраические кривые [Текст] / Уокер Р. ; Перевод с английского А. И. Уэкова. – М. : Издательство иностранной литературы, 1952. – 236 с.
13. Нездойминов, В. И. Миграция ионов тяжелых металлов при использовании осадков городских сточных вод в качестве удобрения [Текст] / В. И. Нездойминов, О. А. Чернышева // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – Макіївка, 2010. – Вип. 2010–2(82) : Проблеми архітектури і містобудування. – С. 150–157.
14. Технологічні та агроекологічні нормативи використання осадів стічних вод міських очисних споруд у сільському господарстві [Текст] : КНД 33-3.3-02-99. – К. : Аграрна наука, 2000. – 38 с.
15. Сало, Т. Л. Агроекологічні та технологічні аспекти застосування в сільському господарстві осадів стічних вод міських очисних споруд [Текст] / Т. Л. Сало, В. Є. Дишлюк, А. В. Чернокозинський // Агроекологічний журнал. – 2001. – № 2. – С. 38–43.
16. Утилизация осадка сточных вод методом экологической биотехнологии [Текст] / Г. Н. Ганин, К. В. Домнин, Е. Е. Архипова [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2007. – № 6 (часть 2). – С. 66–70.
17. Разработка, проектирование и реализация систем обработки осадков сточных вод [Текст] / И. А. Богатеев, А. С. Керин, А. П. Сахно, К. А. Керин // Водоснабжение и санитарная техника. – 2009. – № 1. – С. 32–40.

Получено 03.04.2012

### В. І. НЕЗДОЙМІНОВ, О. О. ЧЕРНИШОВА ВИКОРИСТАННЯ ОПАДІВ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ДОНЕЦЬКОГО РЕГІОНУ Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті йдеться про вплив опадів міських стічних вод на сільськогосподарські культури. Досліджено процес міграції іонів важких металів при використанні опадів міських стічних вод як добрива. За допомогою програми Maple розрахована і графічно візуалізована отримана модель процесу.

**ОМСВ – опади міських стічних вод, ВМ – важкі метали, екоотоксиканти, поділяючий облік**

VIKTOR NEZDOIMINOV, OKSANA CHERNIHEVA  
USE OF A PRECIPITATION OF CITY SEWAGE FOR CULTIVATION OF CROPS IN  
THE CONDITIONS OF THE DONETSK REGION  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The influence of a precipitation of city sewage on crops has been presented. The process of migration of ions of heavy metals when using a precipitation of city sewage as fertilize has been studied. By means of the Maple program the received model of process has been calculated and graphically visualized.  
**deposits of urban waste water (DUWW), heavy metals (HM), ecotoxics**

УДК 539.26; 666.233

**И. В. СЕЛЬСКАЯ, М. В. ФЕДОРОВА, Д. В. ХАРЧЕНКО**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ВРЕДНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА**

В статье идет речь о вредных физических воздействиях на организм человека. К ним относят: ионизирующие излучения – радиационные воздействия высокого уровня энергии (потoki  $\alpha$ ,  $\beta$ , и  $\gamma$  – частиц, образующиеся при радиоактивном распаде); электромагнитные излучения длиной волны менее  $10^{-7}$  см, переменный ток, малые дозы радиоактивного излучения и шум в городах. Основным источником шума в городах – это транспорт и связанные с ним акустические воздействия – шум, инфразвук, вибрация.

**ионизирующие излучения, электромагнитные излучения, шум, инфразвук, вибрации**

Ионизирующие излучения характеризуются высокой степенью биологического воздействия на уровне молекул и клеток, отдельных органов и организма в целом. При облучении людей от источников радиоактивных излучений в дозах до 1 Грея [1, 2] повышается вероятность развития онкологических заболеваний и проявления генетических дефектов. Воздействующее на живой организм излучение подразделяется на внешнее и внутреннее. Внешнее облучение предполагает, что источник воздействия находится вне организма. Оно связано в основном с бета- и гамма-излучением, имеющими высокую проникающую способность. В случае, если радиоактивные вещества с пищей или вдыхаемым воздухом попадают внутрь организма, появляется источник внутреннего облучения. При внутреннем облучении на клетки организма воздействуют альфа-частицы. Повышение дозы облучения может быть вызвано использованием при строительстве зданий, дорог или планировке территорий материалов с высоким содержанием радионуклидов. Опасным естественным источником внутреннего облучения человека является газ радон [2]. Радон попадает из горных пород через почву и скапливается в помещениях первых этажей зданий, особенно при их недостаточной вентиляции. Определенный вклад в поступление радона в жилые помещения вносят материалы, из которых они построены, и вода, поступающая из скважин. Для обеспечения защиты населения от воздействия радиоактивного излучения в Украине предусмотрен обязательный радиационный контроль в строительстве и производстве строительных материалов.

Источником электромагнитного излучения является переменный ток [1, 2]. Переменный ток промышленной частоты (50 Гц) передается по линиям электропередач. Для защиты населения от воздействия поля, генерируемого воздушными линиями электропередач, устанавливаются санитарно-защитные зоны по обе стороны трассы. Для защиты населения от воздействия электромагнитного поля высокой частоты мощностью свыше 100 кВт ЛЭП должны размещаться за пределами населенных пунктов.

Основным источником шума в городах, ответственный примерно за 80 % общей акустической нагрузки, – транспорт [3]. На крупных транспортных магистралях уровень шума составляет 85÷92 дБ с максимумом звукового давления в диапазоне частот инфразвука 400÷800 Гц. Мощными источниками шума являются аэропорты. Одним из мероприятий по улучшению экологической обстановки является вынос аэропорта за пределы города, перевод на специальные автодороги грузового и транзитного автотранспорта.

Уровень шума в городах за счет роста населения, увеличения скоростей и интенсивности движения транспортных средств возрастает примерно на 0,5÷1,0 дБ в год, а в некоторых крупных городах рост акустической нагрузки достигает 2 дБ в год. Сильный шум отрицательно воздействует на органы слуха человека, причем в первую очередь ухудшается восприятие высоких звуков, а затем и

низких. Постоянное его воздействие снижает трудоспособность, может стать причиной неврозов и многих других заболеваний. Для жилых домов средний допустимый уровень интенсивности звуков в дневное время составляет 55 дБ, в ночное – 45 дБ, максимальный уровень соответственно 70 и 60 дБ. С источниками инфразвуковых колебаний связаны и вибрации. Вибрация и инфразвук негативно воздействуют на состояние людей, вызывая ощущение учащенного колебания внутренних органов и болевые ощущения, синдром морской болезни, а также чувство тревоги, страха, затрудняют интеллектуальную деятельность. В пределах города защита от транспортного шума обеспечивается внутриквартальными зелеными насаждениями, использованием определенных архитектурно-планировочных решений (специальная планировка домов с ориентацией окон спален и большинства общих комнат в сторону дворового пространства) и специальных звукопоглощающих материалов, звуко-непропускаемых окон при строительстве [3].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Максимов, М. Т. Радиоактивные загрязнения и их измерения [Текст] / М. Т. Максимов, Г. О. Оджагов. – М. : Энергоиздат, 1996. – 304 с.
2. Батлук, В. А. Основы экологии и охрана окружающей природной среды [Текст] / В. А. Батлук. – Л. : Афиша, 2007. – 335 с.
3. Иванов, В. Н. Экология и автомобилизация [Текст] / В. Н. Иванов, В. К. Сторчевус, В. С. Доброхотов. – К. : Будівельник, 1983. – 270 с.

Получено 06.04.2012

#### І. В. СЕЛЬСЬКА, М. В. ФЕДОРОВА, Д. В. ХАРЧЕНКО ШКІДЛИВІ ФІЗИЧНІ ДІЇ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті йде мова про шкідливі фізичні дії на організм людини. До них відносять: іонізуючі випромінювання – радіаційні дії високого рівня енергії (поток  $\alpha$ ,  $\beta$ , і  $\gamma$  – часток, що утворюються при радіоактивному розпаді); електромагнітні випромінювання довжиною хвилі менше  $10^{-7}$  см, змінний струм, малі дози радіоактивного випромінювання і шум в містах. Основне джерело шуму в містах – це транспорт і пов'язані з ним акустичні дії – шум, інфразвук, вібрація.

**іонізуючі випромінювання, електромагнітні випромінювання, шум, інфразвук, вібрації**

#### IRINA SELSKAYA, MARGARITA FEDOROVA, DARIA KHARCHENKO PHYSICAL NOCI-INFLUENCES ON HUMAN ORGANISM Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

In the article speech goes about physical noci-influences on human organism. They are: ionizing radiations are radiation-damages high level of energy (streams  $\alpha$ ,  $\beta$ , and  $\gamma$  – particles, appearing at a radioactive-decay); electromagnetic radiations by a wave-length less than  $10^{-7}$  cm, alternating current, small doses of radio-active radiation and noise in cities. Basic source of noise in cities is transport and acoustic influences related to them is noise, infra-sound, vibration.

**ionizing radiations, electromagnetic radiations, noise, infrasound, vibrations**

УДК 621.355:541.135

**О. М. КАСІЛОВА, О. І. СЕРДЮК**

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

## **ПЕРЕРОБКА ВІДПРАЦЬОВАНИХ СВИНЦЕВО-КИСЛОТНИХ АКУМУЛЯТОРІВ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИМ МЕТОДОМ З ОТРИМАННЯМ КОРИСНИХ МАТЕРІАЛІВ**

У статті обґрунтовано необхідність та актуальність переробки відпрацьованих свинцево-кислотних акумуляторів з отриманням корисних матеріалів. Встановлено, що із сучасних методів переробки найбільш ефективними та безпечними з екологічної точки зору є електрохімічні технології. У роботі визначено параметри переробки акумуляторних батарей електрохімічним методом. За критерій ефективності переробки акумуляторів було взято кількість утворення корисних матеріалів, таких як свинець та двоокис свинцю, в процесі електролізу.

**переробка відпрацьованих свинцево-кислотних акумуляторів, лужний електроліт, параметри оптимізації процесу обробки, електрохімічна технологія**

### **ВСТУП**

Утилізація відпрацьованих свинцево-кислотних акумуляторів (ВСКА) на сьогоднішній день досить актуальна тема, особливо в густо населених містах. Головне завдання в цьому питанні, щоб якомога більша кількість ВСКА не валялася на вулицях і не забруднювала навколишнє середовище, а перероблялася з отриманням цінних та корисних матеріалів.

Свинець, а ще більше його сполуки досить токсичні, деякі сполуки свинцю прирівнюються до отрут, тому відпрацьовані акумуляторні батареї не можна просто викидати до звичайного сміття, а тим більше викидати на вулицю.

За останній час розроблено досить багато технологій переробки відпрацьованих свинцево-кислотних акумуляторів, найбільш перспективними є електрохімічні методи переробки, які дозволяють отримувати свинець високої якості і є більш екологічно безпечними та ефективними у порівнянні з пірометалургійними.

Визнання електрохімічних методів переробки ВСКА більш перспективними в порівнянні з пірометалургійними веде до поширення електрохімічних технологій. Для їхнього вдосконалення необхідно розв'язати деякі питання технологічного й екологічного характеру. Зокрема одним із завдань є вдосконалення складу електроліту з метою підвищення ефективності процесу вилучення свинцю та двоокису свинцю з лому ВСКА [1].

У роботі Ісаєвої [2] показано, що збільшення ступеня вилучення свинцю з відходів, що містять свинець, для зменшення забруднення навколишнього середовища можливе за рахунок екстракції свинцю з акумуляторного шламу з наступним застосуванням отриманого електроліту для переробки акумуляторних пластин електроафінуванням.

Електроліти для вилучення свинцю з десульфатованої активної маси можуть бути як кислими, так і лужними (розчини фторсилікатів [3], сірчаної кислоти [4], гідроксиду натрію [5]).

Враховуючи наукове та практичне значення вилучення з відпрацьованих свинцево-кислотних акумуляторів цінних для виробництва матеріалів, ця робота присвячена вивченню параметрів переробки акумуляторних батарей електрохімічним методом.

## МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Ефективність переробки ВСКА оцінювали кількістю утвореного свинцю та двоокису свинцю в процесі електролізу з використанням лужного електроліту.

В результаті проведених раніше експериментів [1] було встановлено, що оптимальним розчином для подальших дослідів з переробки ВСКА електрохімічним методом є лужний електроліт наступного складу: Pb – 0,2 N, NaOH – 6 N. Цей електроліт досліджували при щільності струму від 30 до 400 А/дм<sup>2</sup>.

Досліди проводили в електролітичній комірці з оргскла робочим об'ємом 50 мл. Як анод та катод використовували заздалегідь висушені та зважені свинцеві пластини. Температура електроліту, при якій проводили електроліз, – 18–25 °С. Як джерело постійного струму використовували випрямляч струму. Експеримент проводили протягом 15 хвилин. Після експерименту електроліт фільтрували через попередньо зважений фільтр. Фільтр висушували протягом 20 хвилин при температурі 85 °С і знову зважували.

В ході експерименту визначали залежність утворення свинцю та двоокису свинцю від щільності струму. Для визначення двоокису свинцю в свинцевому сурику до експерименту та після застосовували йодометричний метод.

Результати експериментів представлено на рисунках 1–2.



Рисунок 1 – Залежність утворення Pb в електроліті (Pb – 0,2 N, NaOH – 6 N) від щільності струму.

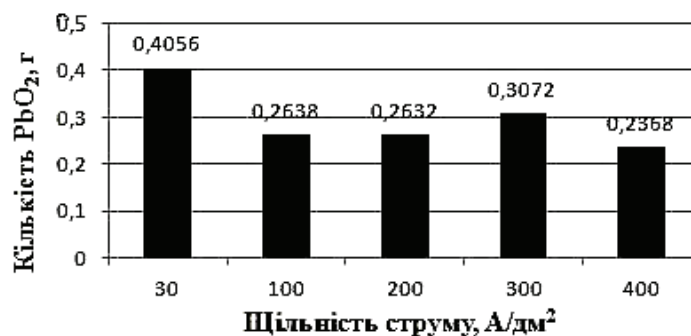


Рисунок 2 – Залежність утворення PbO<sub>2</sub> в електроліті (Pb – 0,2 N, NaOH – 6 N) від щільності струму.

З рисунка 1 видно, що мінімальну кількість Pb можна отримувати при щільності струму 30 А/дм<sup>2</sup> (0,525 г), що в 4,27 раза менше ніж максимальна, яка спостерігається при 400 А/дм<sup>2</sup> (2,24 г).

Як видно з рисунка 2, мінімальна кількість PbO<sub>2</sub> утворена при щільності струму 400 А/дм<sup>2</sup> (0,2368 г), що в 1,71 раза менше ніж максимальна, яка спостерігалася при щільності струму 30 А/дм<sup>2</sup> (0,4056 г).



## ВИСНОВКИ

Результати роботи дозволяють оцінити наші подальші дослідження, які спрямовані на вивчення параметрів електролізу та вдосконалення складу електроліту в процесі переробки ВСКА для отримання з нього цінної сировини.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бесєдіна, О. М. Вивчення параметрів переробки відпрацьованих свинцево-кислотних акумуляторів при отриманні двоокису свинцю з лужного електроліту [Текст] / О. М. Бесєдіна, І. Е. Кузнецова, О. І. Сердюк // Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів : зб. доп. XXI Всеукр. наук. конф. аспірантів та студентів (12–14 квіт. 2011 р., Донецьк. Т.1). – Донецьк : ДонНТУ, ДонНУ, 2011. – С. 41–42.
2. Исаева-Парцвания, Н. В. Повышение экологической безопасности при электрохимической переработке свинцево-кислотных аккумуляторов в кремнефтористых электролитах [Текст] : дис. на соискание ученой степени кандидата тех. наук : 21.06.01 / Исаева-Парцвания Нина Владимировна. – Макеевка, 2006. – 183 с.
3. Пат. 4026776 США, МКИ С 25 С 1/16, 1/22. Method for producing high purity lead [Текст] / Seishiro Hiracawa, Ryoji Oniwa (Япония); Mitsui Mining & Smelling Co., Ltd. – № 597714 ; заявл. 21.07.75; опубл. 31.05.77, Бюл. № 5, том 958. – 3 с.
4. Пат. 4597841 США, МКИ С 25 С 1/14. Process of recovering lead from old lead accumulator scrap and reduction plate for this process [Текст] / Rainer Kiesaling, Aurochte Voitech Plzak, H. Wendt (США); Hagen Batterie Ac. – № 954896 ; заявл. 4.04.85; опубл. 01.07.86, Бюл. № 1, том 1068. – 8 с.
5. Переработка лома свинцовых аккумуляторов с применением щелочно-глицеринового электролита [Текст] / А. Г. Морачевский, А. И. Демидов, З. И. Вайсгант, М. С. Коган // Журнал прикладной химии. – 1996. – Т. 69, вып. 3. – С. 460–462.

Отримано 09.03.2012

О. М. КАСИЛОВА, А. И. СЕРДЮК

ПЕРЕРАБОТКА ОТРАБОТАННЫХ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ С ПОЛУЧЕНИЕМ ПОЛЕЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

В статье обоснованы необходимость и актуальность переработки отработанных свинцево-кислотных аккумуляторов с получением полезных материалов. Установлено, что из современных методов переработки наиболее эффективными и безопасными с экологической точки зрения являются электрохимические технологии. В работе изучены параметры переработки аккумуляторных батарей электрохимическим методом. В качестве критерия эффективности переработки аккумуляторов было рассмотрено количество образования полезных материалов, таких как свинец и двуокись свинца, в процессе электролиза.

**переработка отработанных свинцево-кислотных аккумуляторов, щелочной электролит, параметры оптимизации процесса обработки, электрохимическая технология**

OXSANA KASILOVA, ALEXANDER SERDYUK

RECYCLING OF WASTE LEAD-ACID BATTERIES ELECTROCHEMICAL METHOD OF OBTAINING USEFUL MATERIALS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

In this paper the necessity and urgency of treatment of waste lead-acid batteries to produce useful materials have been proved. It is established that the modern methods of processing the most effective and safe from an environmental point of view, are electrochemical technologies. In this paper we studied processing parameters of batteries by electrochemical method. As a criterion of the efficiency of recycling batteries the number of useful educational materials such as lead and lead dioxide in the process of electrolysis have been considered.

**recycling of waste lead-acid batteries, alkaline electrolyte, optimization of processing parameters, electrochemical technology**

УДК 502.5:629

**С. В. САВЕНКОВА, Т. С. БАШЕВАЯ**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ОЦЕНКА УРОВНЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ПРИ ЕГО ДВИЖЕНИИ В ЖИЛОЙ ЗОНЕ НА БЕЗОПАСНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ**

В статье рассмотрена проблема загрязнения атмосферы городов отработавшими газами ДВС. Изучена проблема негативного воздействия автомобильного транспорта при его движении в жилой зоне на безопасность населения. Установлены факторы и уровень их воздействия на организм человека. Установлена зависимость выбросов отработавших газов от режимов работы двигателя автомобиля и уровень воздействия на жителей прилегающих домов.

**окружающая среда, автомобильный транспорт, жилищная застройка, отработавшие газы**

Во всем мире автомобильная сфера приобретает все более интенсивное развитие: по объему перевозок она в четыре раза превосходит все остальные виды транспорта (железнодорожный, водный, авиационный и др.). И как следствие вклад автомобильного транспорта в суммарные выбросы вредных веществ городов (например Киева, Харькова, Полтавы и др.) Украины составляет около 70 % [1], а в районах транспортных магистралей содержание вредных компонентов в атмосферном воздухе превышает предельно допустимые концентрации.

Для управления уровнем загрязнения атмосферы городов в странах Европы предусмотрен большой штраф за остановку автомобиля с работающим двигателем в неположенных местах или на время более четырех минут. Например, в Швейцарии за остановку с работающим двигателем предусмотрен штраф в 60 евро. Это объясняется негативным воздействием автомобильного транспорта на окружающую среду и здоровье населения. В США также запрещается работа двигателя на холостых оборотах более 3 минут. Такие же меры были приняты и в ряде стран Востока. Власти Гонконга приняли решение штрафовать водителей за стоянку автомобиля с работающим двигателем: разрешается не глушить мотор при остановке продолжительностью менее 3 минут. В случае если водитель не выключает мотор, его будут штрафовать на сумму 320 юаней (\$ 50,8) [4]. Такое внимание к проблеме автомобильного транспорта объясняется тем, что в состав отработавших газов входят около 200 компонентов, из которых 160 токсичных, в том числе, «парниковых» газов [3].

В Украине движение в зоне жилой застройки регламентируется Правилами дорожного движения, в частности, пунктом 26 «Движение в жилой и пешеходной зоне»: «В жилой зоне запрещается: – стоянка транспортных средств вне специально отведенных мест и такое их расположение, которое затрудняет движение пешеходов и проезд оперативных или специальных транспортных средств; – стоянка с работающим двигателем; в жилых зонах и на дворах территориях запрещается стоянка транспортных средств с работающим двигателем, поскольку шум создает неблагоприятные условия для отдыха людей, а отработанные газы нарушают экологическую ситуацию в местах проживания [4]. Однако, несмотря на существующие законодательные акты в Украине, движение и стоянка с работающим двигателем является нормой.

Целью работы является оценка уровня негативного воздействия автомобильного транспорта на безопасность населения при его движении в жилой зоне.

С точки зрения наносимого экологического ущерба, автотранспорт лидирует во всех видах негативного воздействия. Значительная часть выхлопных газов выбрасывается в центре городов, там,

где есть жилые кварталы. Уровень воздействия на организм человека и количество вредных веществ зависит от: дальности расположения жилого здания от стоянки, трассы, дороги; особенностей жилой застройки. Наблюдения показали, что в домах, расположенных рядом с дорогой (до 10 м), жители болеют раком в 3–4 раза чаще, чем в домах, удаленных от дороги на расстояние 50 м [2]. Следует отметить, что автостоянки с суммарным количеством автомобилей менее 50, расположенные на значительном удалении  $>30$  м от жилой застройки, не представляют опасности, с точки зрения формирования высоких концентраций загрязнителей в зоне дыхания людей. Основное влияние на жителей оказывает несанкционированные остановки и стоянки вблизи жилых домов. Парковка автомобилей у стен жилых зданий – одна из основных причин формирования повышенных уровней загрязнения воздушной среды вблизи застроек. Замкнутость объемов «глухих» дворов и дворов «колодцев» значительно ухудшает условия рассеяния выбросов автотранспорта.

В условиях стесненной застройки образуется так называемые застойные зоны, где в безветренную погоду практически отсутствует вынужденный ветровой перенос примесей, и рассеяние выбросов осуществляется только за счет естественной конвекции.

В работе проводились исследования уровня воздействия отработавших газов автомобилей для условий застройки г. Макеевки (рис.). Площадь Макеевки составляет 426 км<sup>2</sup>. Многоэтажная застройка занимает 82,6 км<sup>2</sup> – 19,4 % от площади города, из них глухих дворов 3,7 %, что составляет 15,8 км<sup>2</sup>. В городе расположено небольшое количество постов отбора проб загрязняющих веществ (пр. 250-летия Донбасса, ул. Ленина, ул. Кирова, ул. Репина).



Рисунок – Дворовая территория замкнутого типа г. Макеевка.

Специальных моделей для оценки качества атмосферного воздуха внутри «глухих» дворов на сегодняшний день не существует. В первую очередь это вызвано уникальностью данной проблемы, актуальной для сохранившихся застроек такого типа в исторических центрах городов. Для построения полей концентраций используются методы математического моделирования процессов рассеяния примесей в воздухе. В настоящее время существует два основных подхода к теоретическим исследованиям распространения турбулентной диффузии, который часто называют К-теорией [3, 7]. За рубежом широко используются версии гауссовских моделей, в том числе для расчета загрязнения воздуха выбросами автотранспорта. К таким моделям относятся американские модели HIWAY-2, CALINE-4 (California Line Source Model), GM (General Motors), GFLSM (General Finite Source Model), финская модель CAR-FMI (Contaminants in the Air from a Road, by Finnish Metrological Institute) [5]. В России и в Украине наибольшее распространение получила модель М. Е. Берлянда [6]. В соответствии с этой моделью степень загрязнения воздуха выбросами вредных веществ из непрерывно действующих источников определяется по наибольшему рассчитанному значению разовой приземной концентрации ( $C_m$ ), которая устанавливается на некотором расстоянии ( $X_m$ ) от места выброса при неблагоприятных метеорологических условиях, когда скорость ветра достигает опасного значения ( $U_m$ ) и в приземном слое происходит турбулентный обмен [8].

Большое влияние на токсичность ОГ оказывают режимы движения автомобиля, которые условно можно разделить на: разгон, торможение, работу на холостом ходу и на движение с примерно

Таблица 1 – Количество токсических веществ отработавших газов

Наименование группы автомобилей	Режимы движения															
	Холостой ход				Разгон				Торможение				Постоянная скорость			
	г/кг				г/кг				г/кг				г/кг			
	CO	CH	NO <sub>x</sub>	Всего	CO	CH	NO <sub>x</sub>	Всего	CO	CH	NO <sub>x</sub>	Всего	CO	CH	NO <sub>x</sub>	Всего
Легковые бензиновые	225	9	8	242	180	4	55	239	205	20	7	232	193	6	23	222
Легковые дизельные	25	1,3	6	32,3	19	0,9	38	57,9	33	16	4,3	53,3	20	1,2	16	37,2

одинаковой скоростью. Нами проведены исследования количества наиболее характерных токсических веществ отработавших газов, образующихся при различных режимах работы двигателя. Согласно приведенным данным (табл. 1), максимальный выброс CO в легковых автомобилях на бензине наблюдается при работе на холостом ходу, а при ускоренном движении автомобиля на дизеле отработавшие газы характеризуются максимальным выбросом NO<sub>x</sub>.

Наиболее опасными с точки зрения возникновения зон повышенной концентрации вредных веществ в зоне дыхания населения следует считать варианты парковки автотранспортных средств внутри замкнутых дворовых территорий в непосредственной близости от стен жилого здания. Дворы, имеющие характерный размер 10 м и менее, отнесены к первой, наиболее опасной с экологической точки зрения группе дворов, и требуют первоочередных мер по освобождению от припаркованных в них автомобилей.

Анализ результатов моделирования при неблагоприятных метеорологических условиях и расстояниях от припаркованных автомобилей в 2–3 м показал, что концентрация примеси в воздухе, инфильтрующейся в жилые помещения 1–3 этажей, может достигать (2–3) ПДК.

Таблица 2 – Концентрация и риск возникновения немедленных токсических эффектов около магистралей и внутри рядом находящихся зданий (на примере NO<sub>x</sub>)

Концентрация на улице, доли ПДК	Концентрация в помещении, ПДК	Риск на улице	Риск в помещении
1	0,8	0,17 %	0,07 %
2	1,5	1,34 %	0,55 %
3	2,2	5,99 %	1,68 %
4	2,8	21,16 %	4,50 %
5	3,4	45,03 %	11,23 %

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Парсаданов, І. В. Підвищення якості і конкурентоспроможності дизелів на основі комплексно паливно-екологічного критерію [Текст] : Монографія / І. В. Парсаданов. – Харків : Видавничий центр НТУ «ХПІ», 2003. – 244 с.
- Звонов, В. О. Стан та проблеми екології автомобільного транспорту України [Текст] / В. О. Звонов, А. М. Редзюк // Автошляховик України. – 1995. – № 4. – С. 17–24.
- Луканин, В. Н. Промышленно-транспортная экология [Текст] : учебник для вузов / В. Н. Луканин, Ю. В. Трофименко. – М. : Высшая школа, 2001. – 296 с.
- Дерех, З. Д. Правила дорожного движения с комментариями и иллюстрациями [Текст] / З. Д. Дерех, В. Ф. Душник. – К. : Арий, 2010. – 97 с.
- Колмогоров, А. Н. Локальная структура турбулентности в несжимаемой жидкости при очень больших числах Рейнольдса [Текст] / А. Н. Колмогоров // ДАН СССР. – 1941. – № 30. – С. 299–303.
- Стребков, К. А. Обоснование требований к экологической безопасности дизельных двигателей транспортных машин для подземных русловий [Текст] / К. А. Стребков // Записки Горного института. – 2006. – Т. 167. – С. 187–189.
- Павлова, Е. И. Экология транспорта [Текст] / Е. И. Павлова, Ю. В. Буралев. – М. : Транспорт, 1998. – 232 с.
- Гарин, В. М. Промышленная экология [Текст] / В. М. Гарин, И. А. Кленова, В. И. Колесников. – М. : Маршрут, 2005. – 328 с.

Получено 02.04.2012

С. В. САВЕНКОВА, Т. С. БАШЕВА

ОЦІНКА РІВНЯ НЕГАТИВНОЇ ДІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ ПРИ  
ЙОГО РУСІ В ЖИТЛОВІЙ ЗОНІ НА БЕЗПЕКУ НАСЕЛЕННЯ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті розглянута проблема забруднення атмосфери міст відпрацьованими газами ДВС. Вивчена проблема негативного впливу автомобільного транспорту при його русі в житловій зоні на безпеку населення. Встановлені фактори і рівень їх впливу на організм людини. Встановлена залежність викидів відпрацьованих газів від режимів роботи двигуна автомобіля і рівень дії на жителів прилеглих будинків.

**навколишнє середовище, автомобільний транспорт, житлова забудова, відпрацьовані гази**

SVETLANA SAVENKOVA, TATIANA BASHEVAYA

ESTIMATION OF LEVEL OF NEGATIVE INFLUENCE OF MOTOR TRANSPORT  
AT ITS MOTION IN A DWELLING AREA ON SAFETY OF POPULATION

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

In the article the problem of pollution of atmosphere of cities by exhaust emissions DVS has been considered. The problem of negative influence of motor transport at its motion in a dwelling area on safety of population has been studied. Factors and their levels influencing on human organism have been determined. Dependence of exhaust gas emission from the engine behavior and exposure level on habitants from adjoining houses have been established.

**environment, motor transport, dwelling building, exhaust emissions**

УДК 515.2

**Д. С. НАУМЕНКО, Я. А. КОКАРЕВА**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **КОНСТРУИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ С ПЕРЕМЕННЫМ СЕЧЕНИЕМ**

Представлен способ конструирования полых поверхностей с переменным сечением на основе математического аппарата точечного исчисления и специальной параметризации плоскости в пространстве. Определены основные факторы, влияющие на конечную форму поверхности.

**плоскость инциденции кривой, опорное сечение, пределы параметров, визуализация**

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

В практике проектирования сооружений довольно часто приходится сталкиваться с проблемой проектирования полых сооружений, которые представляют собой поверхность с переменным сечением. Важной частью этой стадии является компьютерное моделирование проектируемого объекта, что позволяет визуально оценить форму.

### **АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

В работе предлагается для задания опорных плоских кривых (сечений) использовать алгоритм преобразования канонических уравнений линии на плоскости в уравнения этой линии в пространстве с учетом произвольного расположения ее плоскости, предложенный в работе [1]. Для задания образующей поверхности – параболы, проходящей через три точки, – предлагается использовать одно из точечных уравнений этой кривой, работа над получением которого велась в рамках развития математического аппарата точечного исчисления [2].

### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Разработать на основе математического аппарата точечного исчисления и специальной параметризации плоскости в пространстве одного из способов конструирования полых поверхностей, опорными сечениями которых являются три различные плоские кривые, а образующей поверхности является квадратичная парабола.

### **ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**

Для задания опорных сечений предлагается использовать алгоритм преобразования положения плоскости инциденции кривой [1], который представлен в табл. 1. Алгоритм охватывает все возможные варианты расположения плоскости в пространстве. Вид уравнений зависит от значений коэффициентов общего уравнения плоскости:

$$Ax + By + Cz + D = 0. \quad (1)$$

**Таблица 1** – Алгоритм преобразования канонических уравнений плоских кривых в их уравнения в пространстве

№	Коэффициенты общего уравнения плоскости (1)	Параметрические уравнения плоской кривой в пространстве
1	$A = 0, B = 0$ (плоскость инцидентии параллельна плоскости xOy)	$x = u, y = v, z = -\frac{D}{C}$ (2)
2	$C = 0$ (плоскость инцидентии перпендикулярна плоскости xOy)	$x = -\frac{AD}{A^2 + B^2} - \frac{kBu}{\sqrt{A^2 + B^2}},$ $y = -\frac{BD}{A^2 + B^2} + \frac{kAu}{\sqrt{A^2 + B^2}}, z = v,$ $k = 1 \text{ при } D \leq 0, k = -1 \text{ при } D > 0$ (3)
3	$C \neq 0$ (плоскость инцидентии расположена под углом к плоскости xOy)	$x = -\frac{1}{\sqrt{A^2 + B^2}} \left( \frac{ACv}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} + kBu \right),$ $y = -\frac{1}{\sqrt{A^2 + B^2}} \left( \frac{BCv}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} - kAu \right),$ $z = \sqrt{\frac{A^2 + B^2}{A^2 + B^2 + C^2}} \cdot v - \frac{D}{C},$ $k = 1 \text{ при } C < 0, k = -1 \text{ при } C > 0$ (4)

*Примечание.*  $u, v$  – параметрические уравнения кривой на плоскости инцидентии:

$$\begin{aligned} u(w) &= u_0 + \mu_1 \cos \beta_0 - \mu_2 \sin \beta_0, \\ v(w) &= v_0 + \mu_1 \sin \beta_0 + \mu_2 \cos \beta_0, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $\mu_1, \mu_2$  – канонические параметрические уравнения кривой,  
 $u_0, v_0$  – компоненты параллельно переноса,  
 $\beta_0$  – компонент поворота системы первичного отнесения кривой относительно настоящего расположения.

Таким образом, задавая параметры расположения кривой на плоскости и плоскости в пространстве, можно расположить сечения необходимым образом.

В качестве образующей поверхности при задании трех опорных сечений предлагается использовать квадратичную параболу, проходящую через три точки (которыми являются текущие точки сечений). Тогда общий вид параметрических уравнений таких поверхностей имеет вид:

$$\begin{aligned} x(w, t) &= 2t^2(x_1 - 2x_2 + x_3) - t(x_1 - 4x_2 + 3x_3) + x_3, \\ y(w, t) &= 2t^2(y_1 - 2y_2 + y_3) - t(y_1 - 4y_2 + 3y_3) + y_3, \\ z(w, t) &= 2t^2(z_1 - 2z_2 + z_3) - t(z_1 - 4z_2 + 3z_3) + z_3. \end{aligned} \quad (6)$$

Индексы указывают на опорную кривую, которой принадлежит текущая точка.

При использовании этого способа конструирования полых поверхностей необходимо придерживаться таких правил:

1. Параметр  $w$  опорных кривых должен изменяться в одних и тех же пределах для всех используемых кривых.
2. Начальные точки и направление обхода для всех кривых должны быть согласованы, чтобы не допустить самопересечения проектируемой поверхности.

**Пример.** Возьмем поверхность, опорными сечениями которой служат астроида, эллипс и кардиоиды. В табл. 2 представлены необходимые значения параметров для синтеза уравнений кривой в пространстве по уравнениям (2)–(4).

Для построения полый поверхности были сделаны следующие преобразования:

1. Согласованы начальные текущие точки кривых: астроида дополнительно повернута на  $180^\circ$  (при этом визуально ее вид остался неизменным).
2. Согласовано направление обхода: изменено направление обхода для эллипса путем изменения знака аргумента тригонометрической функции.

Таблица 2 – Задание опорных сечений конструируемой поверхности

№	Кривая и ее каноническое уравнение	Параметры формы	Параметры положения	Коэффициенты уравнения плоскости	Уравнения преобразования
1	Астроида $\mu_1 = m \sin^3 w$ , $\mu_2 = m \cos^3 w$	$m = 5$	$\beta_0 = \frac{\pi}{4}$ , $u_0 = v_0 = 0$ ,	$A = 3, B = 2$ , $C = 0, D = -6$	(3)
2	Эллипс $\mu_1 = m \cos w$ , $\mu_2 = n \sin w$	$m = 4$ , $n = 2$	$\beta_0 = u_0 = 0$ , $v_0 = -10$	$A = 120, B = 100$ , $C = 120, D = -1200$	(4)
3	Кардиоида $\mu_1 = 2m \cos w(1 + \cos w)$ , $\mu_2 = 2m \sin w(1 + \cos w)$	$m = 6$	$\beta_0 = 0$ , $u_0 = 12, v_0 = 5$	$A = 0, B = 0$ , $C = 1, D = -5$	(2)

Подставив получившиеся уравнения в уравнения (6), мы получим параметрические уравнения поверхности, по которым получено визуальное изображение в программном комплексе Maple (рис.). Уравнения не представлены вследствие своей громоздкости.

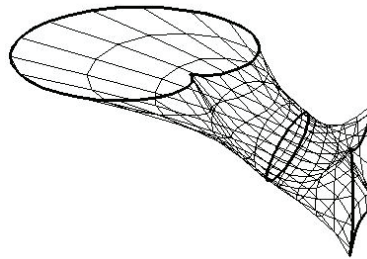


Рисунок – Визуальное изображение поверхности.

#### По результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Представленный способ конструирования полых поверхностей эффективен и несложен в использовании при соблюдении ряда правил, описанных выше. Построение поверхности по параметрическим уравнениям позволяет визуализировать ее каркас, который составляет образующая и сечение.
2. Данный способ можно применять как для различных плоских кривых (ограничением является только возможность ее представления в параметрической форме), так и для различного количества опорных сечений (в качестве образующей, например, используя параболу соответствующей степени).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кокарева, Я. А. Тривимірні рівняння плоскої кривої, площа якої доволіно розташована відносно системи віднесення [Текст] / Я. А. Кокарева // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь : ТДАТУ, 2011. – Вип. 4, Т. 49. – С. 147–153.
2. Точечное исчисление – математический аппарат параллельных вычислений для решения задач математического и компьютерного моделирования геометрических форм [Текст] / И. Г. Балюба, В. И. Полищук, Б. Ф. Горягин, Т. П. Малютина // Материалы междун. научн. конф. «Моделирование – 2008», 14–16 мая 2008 р., г. Киев. Том 2. – Киев, 2008. – С. 286–290.

Получено 23.03.2012



Д. С. НАУМЕНКО, Я. А. КОКАРЕВА  
КОНСТРУЮВАННЯ ПОВЕРХНІ ІЗ ЗМІННИМ ПЕРЕРІЗОМ  
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Надано спосіб конструювання порожнинної поверхні із змінним перерізом на основі математичного апарату точкового числення та спеціальної параметризації площини у просторі. Визначено основні фактори, що впливають на кінцеву форму поверхні.

**площина інцидентії кривої, опорний переріз, межі параметрів, візуалізація**

DENIS NAUMENKO, YANA KOKAREVA  
CONSTRUCTION OF VARIABLE SECTION SURFACE  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The mode of construction of hollow surfaces with variable section based on mathematical apparatus has been presented. The main factors influencing on the final configuration of surface have been determined.

**plane of curve incidence, supporting section, parameter limits, visualization**

УДК 696.2:622.691.4

Ю. А. ГОЛОВАЧ, В. И. ЗАХАРОВ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ И НОРМАТИВНЫХ ДАННЫХ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГАЗОВЫХ СЕТЕЙ

На основе расчета показателей надежности тупиковой газовой сети проанализировано влияние расчетного периода времени на значение показателя надежности и вероятности безотказной работы, а также данных о нормативных показателях вероятности безотказной работы газовой сети.

**газовая сеть, показатель надежности, вероятность безотказной работы, параметр потока отказов, расчетный период времени**

Учитывая, что современные распределительные системы газоснабжения представляют собой сложные, разветвленные и протяженные газотранспортные системы, проектировать их необходимо с учетом требований надежности. Как известно, основная задача расчета надежности любой технической системы сводится к определению показателя надежности и сравнению его с нормативным.

В настоящее время существует несколько методик определения показателя надежности, принципиальное отличие которых заключается в вопросе учета расчетных расходов участков сети, а также в учете зависимости параметра потока отказов от диаметра газопровода. Вместе с тем в литературе, которая является основной при проектировании систем газоснабжения [1, 2], отсутствуют нормативные показатели надежности и нет обоснования выбора расчетного периода времени, за который следует их определять.

**Цель работы** – проанализировать существующие методики определения показателя надежности, а также данные о показателях, которые принимаются за нормативные.

В технической литературе [3] предлагается определение показателя надежности  $R(t)$  системы с учетом расчетной нагрузки участков, а в нормативной литературе [4] за основной показатель надежности принята вероятность безотказной работы  $P(t)$ , при этом расчетные расходы по участкам не учитываются.

А. А. Ионин предлагает производить расчет показателя надежности согласно уравнения

$$R(t) = 1 - \sum_{j=1}^{j=l} \frac{\Delta Q_j \cdot \omega_i}{Q_o \sum \omega_i} (1 - e^{-\sum \omega_i T}), \quad (1)$$

где  $\Delta Q_j$  – нагрузка входного участка в  $j$ -й зоне,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  
 $Q_o$  – общая газовая нагрузка сети,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  
 $\omega_i$  – параметр потока отказов  $i$ -го элемента (газопровода, задвижки), (1/год);  
 $T$  – расчетный период времени, лет.

Вероятность безотказной работы с учетом требований нормативной литературы [4] рассчитывается по уравнению

$$P(t) = e^{-\sum_{i=1}^l \omega_i T}, \quad (2)$$

где  $\omega_i$  – параметр потока отказов  $i$ -го элемента (газопровода, задвижки), (1/год);  
 $T$  – расчетный период времени, лет.

Параметр потока отказов является одним из наиболее важных показателей надежности для трубопроводных систем. Анализ статистических данных, приведенных в [5], показал, что существует зависимость параметра потока отказов от диаметра газопроводов. В результате проведенных исследований были получены зависимости удельной интенсивности отказов  $\lambda$  (1/(м·год)) от значений средних диаметров  $D_{cp}$  (мм) и комплексной величины  $\chi$  (мм<sup>2</sup>), представляющей собой произведение среднего диаметра на толщину стенки газопровода ( $D_{cp} \cdot \delta$ ). Комплексная величина  $\chi$  принята для расчета, так как между диаметром и толщиной стенки трубы существует определенная связь [6], представленная уравнением

$$\delta \approx 0,11 D_{cp}^{0,56}, \quad (3)$$

где  $D_{cp}$  – средний диаметр газопровода, мм;  
 $\delta$  – толщина стенки трубопровода, мм.

Зависимость удельной интенсивности отказов  $\lambda$  (1/(м·год)) от значений средних диаметров  $D_{cp}$  (мм) может быть описана уравнением

$$\lambda = 0,0031 \cdot e^{988,28/D_{cp}} / 10^6, \quad (4)$$

а зависимость удельной интенсивности отказов  $\lambda$  (1/(м·год)) от комплексной величины  $\chi$  (мм<sup>2</sup>) – уравнением

$$\lambda = 1,09 \cdot e^{1456,41/\chi} / 10^6. \quad (5)$$

Расчетное время, которое закладывается при обосновании надежности, должно быть таким, чтобы за этот период не было существенной реконструкции систем, направленной на повышение надежности. В расчетах показателя надежности, принимаемого за нормативный в [3], расчетный период времени принимается равным 10 лет без соответствующих обоснований, в [5] расчетный период времени не указан.

В таблице представлены результаты расчетов значений показателя надежности и вероятности безотказной работы тупиковой газовой сети при различных зависимостях параметра отказов от диаметра газопроводов с учетом изменения расчетного периода времени от 1 до 20 лет.

**Таблица** – Значения показателя надежности и вероятности безотказной работы сети в зависимости от параметра потока отказов газопроводов и расчетного периода времени

Зависимость параметра потока отказов от диаметра газопровода	Расчетная методика	Значения показателя надежности R(t) и вероятности безотказной работы P(t) за расчетный период времени T, лет				
		1	5	10	15	20
При зависимости удельной интенсивности отказов от среднего диаметра по уравнению (4)	Показатель надежности, определяемый по уравнению (1)	0,8822	0,5735	0,3976	0,3251	0,2952
	Вероятность безотказной работы, определяемая по уравнению (2)	0,9003	0,5794	0,3227	0,1752	0,0934
При зависимости удельной интенсивности отказов от комплексной величины $\chi$ по уравнению (5)	Показатель надежности, определяемый по уравнению (1)	0,8806	0,5678	0,3892	0,3155	0,2850
	Вероятность безотказной работы, определяемая по уравнению (2)	0,8979	0,5727	0,3164	0,1707	0,0906
При постоянном значении удельного параметра потока отказов, приведенном в [3]	Показатель надежности, определяемый по уравнению (1)	0,996	0,9802	0,961	0,9424	0,9245
	Вероятность безотказной работы, определяемая по уравнению (2)	0,998	0,99	0,9798	0,9694	0,959

## ВЫВОДЫ

Установлено, что на значения показателя надежности и вероятности безотказной работы существенно влияет выбор расчетного периода времени. Отсутствие показателей надежности в нормативной литературе [1, 2] приводит к необходимости пересмотреть существующий подход к

обеспечению надежности при проектировании газовых сетей и дальнейшего решения поставленной задачи. Показатели надежности, приведенные в технической литературе, могут быть рекомендованы для начальной стадии проектирования и должны уточняться в дальнейшем. В качестве расчетного периода времени для расчета показателей надежности рекомендуется принимать 5 лет согласно [1].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДНАОП 0.00-1.20-98. Правила безопасности систем газоснабжения Украины [Текст]. – К. : Госназдорхрантруда Украины, 1998. – 73 с. (Государственный нормативный акт об охране труда).
2. ДБН В.2.5-20-2001. Газоснабжение [Текст]. – Взамен СНиП 2.04.08-87, СНиП 3.05.02-88 ; введ. 2001-08-01. – К. : Госстрой Украины, 2001. – 287 с. – (Национальный стандарт Украины).
3. Ионин, А. А. Газоснабжение [Текст] : [учебник для высш. учеб. завед.] / А. А. Ионин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1989. – 439 с.
4. ДСТУ 2862-94. Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги [Текст]. – Введ. вперше ; введ. 1997-01-01. – К. : Держстандарт України, 1994. – 39 с. – (Національний стандарт України).
5. Справочник по проектированию, строительству и эксплуатации систем газоснабжения [Текст] / В. А. Варфоломеев, Я. М. Торчинский, Р. Н. Шевченко. – К. : Будивельник, 1988. – 238 с.
6. Надежность городских систем газоснабжения [Текст] / А. А. Ионин, К. С. Алебеков, В. А. Жила, С. С. Зати-кян ; Под ред. А. А. Ионина. – М. : Стройиздат, 1980. – 231 с.

Получено 16.03.2012

Ю. О. ГОЛОВАЧ, В. І. ЗАХАРОВ

АНАЛІЗ МЕТОДИК РОЗРАХУНКУ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ І НОРМАТИВНИХ ДАНИХ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ГАЗОВИХ МЕРЕЖ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

На основі розрахунку показників надійності тупикової газової мережі проаналізовано вплив розрахункового періоду часу на значення показника надійності та імовірності безвідмовної роботи, а також даних про нормативні показники імовірності безвідмовної роботи газової мережі.

**газова мережа, показник надійності, імовірність безвідмовної роботи, параметр потоку відмов, розрахунковий період часу**

YULIA GOLOVACH, VIKTOR ZAKHAROV

THE ANALYSIS OF THE CALCULATION TECHNIQUE OF RELIABILITY INDEXES AND NORMATIVE DATA IN THE TIME OF DESIGNING OF GAS-DISTRIBUTING SYSTEMS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

On the basis of the calculation of reliability indexes of the dead-end gas-distributing system the influence of settlement time span to the value of reliability index and probability of non-failure operation and normative probability of non-failure operation index data has been analyzed.

**gas-distributing system, reliability index, probability of non-failure operation, failure flow parameter, settlement time span**

УДК 624.074

**В. Ф. МУЩАНОВ, М. П. КАЩЕНКО, Ю. В. СИВОКОНЬ**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

**АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ФОРМ И МЕТОДОВ РАСЧЕТА  
МЕМБРАННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ПРЯМОУГОЛЬНОМ ПЛАНЕ**

В статье приведена классификация сооружений различных конструктивных форм. Рассмотрены примеры современных мембранных конструкций. Проведен анализ существующих методов расчета на прочность опорных контуров мембранных покрытий. Рассмотрены методы обеспечения устойчивости сжато-изогнутого контура мембранного покрытия.

**сжато-изогнутый контур, мембранное покрытие, напряженно-деформированное состояние, устойчивость, параметр «свободной» длины, тонкостенность**

Современными тенденциями в области строительства являются увеличение перекрываемого пролёта и снижение собственной массы конструкций. В наибольшей мере им удовлетворяют висячие покрытия. Среди висячих систем покрытий широкое применение получили мембраны, представляющие собой пространственную конструкцию из тонкого металлического листа, закрепленного на опорном контуре.

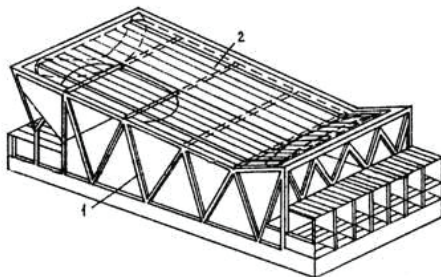
**1. КОНСТРУКТИВНЫЕ ФОРМЫ**

Один из первых примеров использования мембран [6] в современной практике в качестве обшивки – блоки с предварительно напряженной тонколистовой обшивкой. Наиболее яркими примерами были: здание Олимпийского стадиона ФЛК и УСЗ ЦСКА на Ленинградском просп. в Москве и здание общественного центра гостиницы «Ялита» в Ялте.

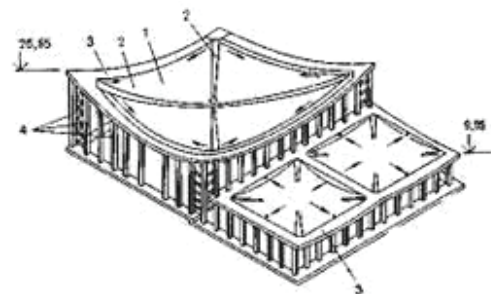
Следующим шагом в развитии конструктивной формы зданий с тонколистовым покрытием было создание бескаркасного покрытия на прямоугольном плане с использованием систем висячего типа. Один из примеров Дворец спорта в Бишкеке (рис. 1), плавательный бассейн Локомотив в Харькове. Аналогично выполнена конструктивная схема здания ангара аэропорта в Риге [6].

В рассмотренных объектах опорный контур решался в виде листового подбора. Эти конструктивные схемы последующие проектировщики признали нерациональными. Можно изготовить контур так, чтобы он воспринимал цепные усилия. Задача листовых подборок – сделать контур безизгибным и передать усилия в виде составляющих центрального сжатия.

Другой пример безизгибного опорного контура – это конструктивное решение Дворца спорта «Измайлово» [4] (рис. 2). Опорный контур покрытия располагался по диагоналям над мембраной.



**Рисунок 1** – Конструктивная схема здания дворца спорта в Бишкеке.



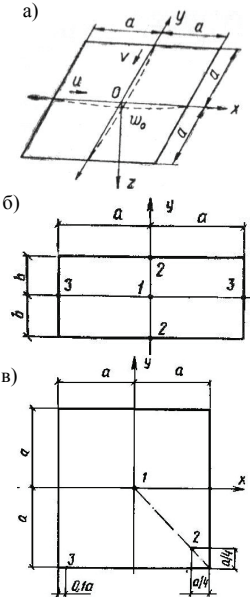
**Рисунок 2** – Конструктивная схема Дворца спорта «Измайлово».

В результате исследований П. Г. Еремеева была предложена расчетная схема в виде отдельных панелей – мембранный лист, навешенный на квадратную рамку, как на опорный контур. Пример такого сооружения – конструкция зернотока в Белгородской обл. Эта конструктивная схема позже применялась и на больших планах.

## 2. МЕТОДЫ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ

Для определения расчетных усилий в опорных контурах мембранных покрытий на прямоугольном плане для расчета на прочность, жесткость и устойчивость используются аналитические, приближенные аналитические и численные методы. В основу аналитического расчета мембранных покрытий может быть положена теория безмоментных оболочек. В качестве приближенного аналитического метода может быть использована приближенная методика расчета В. И. Трофимова, П. Г. Еремеева [5], которая приведена в таблице.

Таблица – Приближенные аналитические методы расчета

Расчетная схема	Показатель	Формула
 <p><b>Рисунок 3</b> – План расположения характерных точек для определения усилий в оболочке: а, б – прямоугольное покрытие с недеформируемым контуром; в – квадратное покрытие с податливым опорным контуром; 1–3 – точки для определения усилий.</p>	Прогиб в центре мембраны	$w_0 = a_1 \sqrt[3]{qa^4 / (Et)}$
	Максимальные нормальные напряжения в мембране	$\sigma_{\max} = \gamma_1 \sqrt[3]{q^2 a^2 E / t^2}$
	Максимальные изгибающие моменты в опорном контуре в горизонтальной плоскости:	
	– в середине стороны	$M_{1x} = \beta_1 (EI)_k \sqrt[3]{q^2 / (E^2 t^2 a)}$
	– в углах	$M_{2x} = \beta_2 (EI)_k \sqrt[3]{q^2 / (E^2 t^2 a)}$
	Усилия сжатия в опорном контуре:	
	в середине стороны	$N_{1k} = \beta_3 (EA)_k \sqrt[3]{\left(\frac{qa}{Et}\right)^2}$
	в углах	$N_{2k} = \beta_4 (EA)_k \sqrt[3]{\left(\frac{qa}{Et}\right)^2}$
	Максимальное перемещение середины опорного контура в горизонтальной плоскости	$u_k = \alpha_3 a \sqrt[3]{\left(\frac{qa}{Et}\right)^2}$

Кроме аналитического расчета для определения параметров напряженно-деформированного состояния и расчета на устойчивость опорного контура, используются численные методы – метод конечных элементов (МКЭ). Отличительной особенностью стального опорного контура мембранного покрытия является его тонкостенность. Значительное влияние на напряженно-деформированное состояние оказывает кручение тонкостенных стержней открытого профиля [2].

Нормативными документами СНиП II.23-81\* «Стальные конструкции. Нормы и правила» и ДБН В.2.6.-163:2010 «Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу» нормируется расчет прочности сжато-изогнутых элементов. В настоящее время в нормах проектирования учет тонкостенности для сжато-изогнутого элемента практически не учитывается.

## 3. МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ

В качестве аналитического расчета на устойчивость может быть использована методика Л. И. Гольденберга [1], который предлагает рассчитывать на устойчивость среднюю зону опорного контура, (в ней нет подкрепляющего действия мембраны). При этом параметр «свободной» длины задается

для всех схем в пределах 0,46–0,50 длины. В дальнейших исследованиях планируется уточнение указанной методики для расчета устойчивости опорного контура. В качестве изучаемого параметра для дальнейших исследований выбрана зона потери устойчивости опорного контура.

Нормативными документами (современным СНиПом и ДБН) нормируется расчет на устойчивость сжато-изогнутых элементов в плоскости действия момента, совпадающей с плоскостью симметрии [3, 7]. Для подкрепленных элементов расчет на устойчивость нормативными документами не регламентируется.

## ВЫВОДЫ

1. Рассмотрены основные конструктивные формы и методы расчета общего напряженно-деформированного состояния.
2. Параметр «свободной» длины, завязанный на общих методах расчета с использованием безразмерных параметров мембранных покрытий может быть уточнен.
3. В дальнейших исследованиях можно оценить влияние тонкостенности опорного контура на общее напряженно-деформированное состояние и величину критической силы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольденберг, Л. И. Напряженно-деформированное и предельное состояние гибкого контура металлической мембраны с начальным прогибом (экспериментально-теоретическое исследование) [Текст] / Л. И. Гольденберг, З. Е. Учитель // Пространственные конструкции зданий и сооружений : (Исслед., расчет, проектирование) : Сб. ст. Вып. 6 / Центр. науч. проект.-эксперим. ин-т комплекс. пробл., строит. конструкций и сооружений им. В. А. Кучеренко; Под ред. Хайдукова Г. К. и др. – М. : Стройиздат, 1991. – С. 116–135.
2. Металлические конструкции. В 3 т. Т. 1. Элементы стальных конструкций [Текст] : Учеб. пособие для строит. вузов / В. В. Горев, Б. Ю. Уваров, В. В. Филиппов и др.; Под ред. В. В. Горева. – М. : Высшая школа, 1997. – 527 с.
3. ДБН В.2.6.-163:2010. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу [Текст]. – Чинні від 2011-12-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 127 с.
4. Дыховичный, Ю. А. Большепролетные конструкции сооружений Олимпиады-80 в Москве [Текст] / Ю. А. Дыховичный. – М. : Стройиздат, 1982. – 277 с.
5. Мембранные конструкции зданий и сооружений [Текст] : Справ. пособие : В 2 ч. Ч. 1 / Под ред. В. И. Трофимова и П. Г. Еремеева; ЦНИИ строительных конструкций им. В. А. Кучеренко. – М. : Стройиздат, 1990. – 248 с.
6. Ружанский, И. Л. Развитие конструктивных форм пространственных и легких конструкций [Текст] / И. Л. Ружанский // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 5. – С. 12–14.
7. СНиП II-23-81\*. Стальные конструкции [Текст]. – Взамен СНиП II-V.3-72, СНиП II-И.9-62, СН 376-67 ; введ. 1982-01-01. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1991. – 96 с.

Получено 09.04.2012

**В. П. МУЩАНОВ, М. П. КАЩЕНКО, Ю. В. СИВОКОНЬ**  
**АНАЛІЗ РОЗВИТКУ КОНСТРУКТИВНИХ ФОРМ І МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ**  
**МЕМБРАННИХ ПОКРИТТІВ НА ПРЯМОКУТНОМУ ПЛАНІ**  
 Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті наведено класифікацію споруд різних конструктивних форм. Розглянуто приклади сучасних мембранних конструкцій. Проведено аналіз існуючих методів розрахунку на міцність опорних контурів мембранних покриттів. Розглянуто методи забезпечення стійкості стисло-зігнутого контуру мембранного покриття.

**стисло-зігнутий контур, мембранне покриття, напружено-деформований стан, стійкість, параметр «вільної» довжини, тонкостінність**

VOLODYMYR MUSHCHANOV, MARGARITA KASHCHENKO, YULIA SYVOKON  
ANALYSIS OF DEVELOPMENT OF STRUCTURAL FORMS AND METHODS OF  
CALCULATION OF MEMBRANE ROOFS ON A RECTANGULAR PLAN

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Classification of building of different structural forms has been given in the article. The examples of modern membrane constructions have been considered. The analysis of existent methods of calculation on durability of supporting contours of membrane roofs has been conducted. The methods of providing of stability of the supporting contour of membrane roof have been considered.

**membrane roof, supporting contour, tensely-deformed state, stability, parameter of «free» length, thinness of wall**



УДК 72

**Г. В. ШАМРИНА, Е. А. КРИВЕНКО**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **РЕАЛИЗАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МУЛЬТИКОМФОРТНЫХ ПАССИВНЫХ ДОМОВ НА ПРИМЕРЕ АРХИТЕКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ В ВЕЛИКОБРИТАНИИ**

В статье рассмотрены тенденции энергоэффективного строительства в современных городах на примере пассивных домов в Великобритании. Предложено проектное решение устойчивого жилого района в г. Ноттингеме с использованием технологий энергоэффективных объемно-планировочных и конструктивных решений. Проект разработан в рамках конкурса «Проект мультикомфортного дома», организованного компанией ISOVER. Подтверждено, что запроектированные по технологии «Пассивный дом» разные типы зданий потребляют минимум энергии, т. е. являются энергоэффективными. Рассмотрен опыт подобного проектирования на примерах новейших архитектурных и градостроительных решений в Великобритании. Данные технологии позволяют создавать новые строительные объекты, гармонизировать естественное и искусственное пространство для достижения благоприятной среды существования.

**технология пассивного дома, теплоизоляция, приточно-вытяжная вентиляция, энергопотребление, теплотехнический расчёт, мостики холода, альтернативные источники энергии, экологически чистые материалы**

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Основной задачей, рассматриваемой в данной статье, является разработка концепций проектных решений для устойчивого жилого микрорайона в рамках программы восстановления заброшенной территории площадью 46 232 м<sup>2</sup> после закрытия промышленных предприятий в Ноттингеме, бассейна реки Трент, с проектированием зданий с малым энергопотреблением – в среднем около 10 % от удельной энергии на единицу объёма.

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

Еще в 1988 году немецкий доктор Вольфганг Файст совместно с профессором Бо Адамсон из Швеции предложили необычную схему оборудования вполне обычного дома [7]. Суть их новаторской идеи сводилась к созданию домов с наиболее высокими показателями энергоэффективности. По вопросам качественного улучшения теплотехнических показателей в жилых зданиях, обеспечения требований пассивного дома работали многие известные современные российские и украинские специалисты: Матросов Ю. А. [2], Михеев А. П., Береговой А. М., Петрянина Л. Н. [3], Елохов А. Е. [4] (Россия), Тимофеев Н. В. (Украина) [6].

### **ЦЕЛИ**

Выявить и изучить направления развития современных тенденций проектирования пассивных домов. При разработке проекта устойчивого жилого микрорайона за счет оптимальных объемно-планировочных и конструктивных решений достигнуть качественных энергетических показателей, удовлетворяющих требованиям энергоэффективности.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ СТАТЬИ

В XXI век Великобритания вступила как самая высокоразвитая индустриальная европейская страна, в которой уровень развития современной промышленности определяется высокотехнологичными научными разработками. Именно поэтому Великобритания стала страной-основоположником и в сфере развития современных строительных технологий «пассивного дома». В идеале, пассивный дом должен быть независимой энергосистемой, вообще не требующей расходов на поддержание комфортной температуры. Отопление пассивного дома происходит благодаря теплу, выделяемому живущими в нём людьми и бытовыми приборами. При необходимости дополнительного «активного» обогрева используются альтернативные источники энергии.

С 2007 года каждый дом, продаваемый в Англии и Уэльсе, получает рейтинг энергоэффективности. Сертификат Энергетической Эффективности является обязательной частью Информационного Пакета Дома. Каждый продаваемый дом должен быть осмотрен независимым инспектором, который определяет рейтинг эффективности дома с точки зрения потребления энергии и выбросов CO<sub>2</sub> [1].

По технологии «пассивный дом» в Великобритании уже реализованы грандиозные проекты энергоэффективных зданий, таких как Silvertree, проект компании Studio RHE; резиденция мэра Лондона – Great London Authority, проект архитектора Нормана Фостера.

Silvertree – здание, строительство которого начато летом 2011 года, представляет собой 24-этажную эко-башню, которая будет расположена в районе Королевских доков Лондона (London's Royal Docks). В многофункциональной башне разместится 161 двух- и трехкомнатная квартира, торговые и офисные помещения, кафе. На фасадах башни расположены встроенные в изогнутые полосы алюминия фотогальванические элементы. Производимой ими энергии должно хватить не только для обеспечения здания электричеством, а и для частичного обогрева здания. Также для обогрева и охлаждения башни будут использоваться геотермальные тепловые насосы. Огромные террасы на крыше здания обеспечат место для отдыха и отличную смотровую площадку для обзора окрестностей. По словам мэра Лондона Бориса Джонсона, Silvertree станет одним из элементов кластера новых энергоэффективных и экологических зданий в Королевских доках Лондона.

10-этажное здание резиденции мэра Лондона Great London Authority имеет не только эффектный архитектурный образ в виде «капли», но и объемно-планировочные и конструктивные параметры, рассчитанные по всем правилам энергосбережения с помощью новейшего программного обеспечения. Именно благодаря его сдвинутой, причудливой форме, а также особенностям внутренней конструкции (солнечные батареи на крыше, особое теплосберегающее остекление фасадов, подведение из глубины 25 метров источника подземных вод для охлаждения помещений летом), здание получилось очень экономичным в эксплуатации, требуя на 25 % меньше энергии, чем традиционное здание таких же размеров [5].

Следует отметить, что Великобритания идет по пути применения энергоэффективных технологий не только в подобных масштабных проектах, но и в малоэтажном индивидуальном строительстве, а также при реконструкции промышленных городских районов.

В данной статье приведены результаты применения технологий «пассивный дом» при разработке проекта устойчивого, рационального микрорайона, который был выполнен в рамках конкурса «ВОЗРОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ РЕГИОНА – 2012», проводившегося фирмой ISOVER для города Ноттингема. Проект был выполнен в соответствии с заданием на проектирование, представленным на официальном сайте [www.isover-students.com](http://www.isover-students.com). Основная задача конкурса – поиск оптимальных объемно-планировочных и конструктивных решений, обеспечивающих требования по энергоэффективности. Для данного микрорайона разработаны два типа коттеджей и две секции таунхаусов, три здания общественного центра и один многоэтажный комплекс (рис.).

Снижение потребления энергии достигается в первую очередь за счет уменьшения теплопотерь здания. Архитектурная концепция запроектированных домов базируется на принципах: компактности, качественного и максимально эффективного утепления, отсутствия мостиков холода в материалах и узлах примыканий, правильной геометрии здания, зонировании, ориентации по сторонам света. Из активных методов в пассивном доме обязательным является использование системы приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией. Горячее водоснабжение осуществляется за счёт установок возобновляемой энергии, тепловых насосов, так как использование солнечных водонагревателей невыгодно из-за климатических особенностей г. Ноттингема. Проблема охлаждения и кондиционирования домов была решена за счет правильной ориентации здания и расположения окон, наличия светозащитных устройств на них. В случае необходимости дополнительное охлаждение или



**Рисунок** – Перспектива запроектированного микрорайона в г. Ноттингеме.

подогрев здания будет происходить за счет альтернативных источников энергии – геотермального теплового насоса.

В разработанном проекте предпринята попытка объединить технологии «умного дома», одной из задач которой является обеспечение контроля энергопотребления здания и «пассивного дома».

Предусмотрена эффективная теплоизоляция всех ограждающих поверхностей: – не только стен, но и пола, потолка, чердака, подвала и фундамента с использованием эффективных теплоизоляционных материалов. Теплоизоляция формируется за счет нескольких слоев: внутреннего и внешнего. Это позволяет одновременно не выпускать тепло из дома и не впускать холод внутрь него. Также производится устранение «мостиков холода» в ограждающих конструкциях. Конструкции окон спроектированы с автоматической функцией открывания-закрывания для проветривания. В проекте используются вакуумные двух- или трехкамерные стеклопакеты, заполненные низкотеплопроводным аргоном или криптоном. Применяется более герметичная конструкция примыкания окон к стенам, утепляются оконные проёмы. Стёкла обрабатываются особым образом – закаливаются с целью избежания теплового шока, покрываются диоксидной солнцезащитной и энергосберегающей плёнкой. Для дополнительной теплоизоляции на окнах устанавливаются ставни, жалюзи или шторы. Установка рольставень (роллет) позволяет увеличить тепловое сопротивление оконного блока на 20–30 %. Самые большие окна направлены на юг и приносят в среднем больше тепла, чем теряют.

Расчет теплопотерь был произведен при помощи программного обеспечения, разработанного фирмой ISOVER. В результате расчета установлено, что теплопотери через ограждающие поверхности в запроектированных зданиях не превышают 15 кВт·ч с 1 м<sup>2</sup> отапливаемой площади в год, то есть практически в 20 раз ниже, чем в обычных зданиях.

Регулирование микроклимата осуществляется с применением активного отопления и охлаждения. На сегодняшний день технология строительства пассивных домов далеко не всегда позволяет отказаться от активного отопления или охлаждения, особенно в регионах с постоянно высокими или низкими температурами, или резкими перепадами температур, например в зонах с континентальным климатом. Тем не менее, органичной частью пассивного дома является система обогрева, кондиционирования и вентиляции, расходующая ресурсы более эффективно, чем в обычных домах.

В проекте применена комбинация низкоэнергетических инженерных технологий. В отличие от обычных домов, в которых вентиляция осуществляется за счёт естественного побуждения движения воздуха, в энергоэффективных зданиях использована более сложная система: вместо окон с открытыми пазами используются звукоизолирующие герметичные стеклопакеты, а приточно-вытяжная вентиляция помещений осуществляется централизованно через установку рекуперации тепла. Дополнительное повышение энергоэффективности происходит путём выпуска воздуха из дома и поступление его через подземный воздухопровод, снабжённый теплообменником. В теплообменнике нагретый воздух отдаёт тепло холодному воздуху. Зимой холодный воздух входит в подземный воздухопровод, нагреваясь там за счёт тепла земли, и затем поступает в рекуператор. В рекуператоре

отработанный домашний воздух нагревает поступивший свежий и выбрасывается на улицу. Нагретый свежий воздух, поступающий в дом, имеет в результате температуру около 17 °С. Летом горячий воздух, поступающий в подземный воздухопровод, охлаждается там от контакта с землёй примерно до этой же температуры. За счёт такой системы в пассивном доме постоянно поддерживаются комфортные условия. Лишь иногда бывает необходимо использование маломощных нагревателей или кондиционеров (тепловой насос) для минимальной регулировки температуры.

В настоящее время стоимость постройки энергосберегающего дома примерно на 8–10 % больше средних показателей для обычного здания. Известно, что дополнительные затраты на строительство окупаются в течение 7–10 лет. При этом нет необходимости прокладывать внутри здания трубы водяного отопления, строить котельные, ёмкости для хранения топлива, а также практически отсутствуют затраты на энергоносители.

Данный архитектурный проект на этапе национального отбора в Украине получил высокую оценку и был отмечен дипломом 1-й степени.

## ВЫВОДЫ

Все проектные решения пассивных домов, принятые исходя из требований создания благоустроенного, удобного, энергоэффективного жилья, обеспечивающего рациональную комплексную организацию пространства, предусматривают наилучшие условия для труда, быта и отдыха населения, а также выгодны с точки зрения экономии энергоресурсов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings [Электронный ресурс] / European Parliament and Council // Official Journal of the European Communities. – 2003. – 04.01. – P. L 1/65-L 1/71. – Режим доступа : <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:001:0065:0065:EN:PDF>.
2. Матросов, Ю. А. Энергосбережение в зданиях. Проблема и пути ее решения [Текст] / Ю. А. Матросов. – М. : НИИСФ, 2008. – 496 с.
3. Михеев, А. П. Проектирование зданий и застройки населенных мест с учетом климата и энергосбережения [Текст] : учебное пособие / А. П. Михеев, А. М. Береговой, Л. Н. Петрянина. – 3-е изд. перераб. и доп. – М. : АСВ, 2002. – 192 с. – ISBN 5-930930-111-9.
4. Елохов, А. Е. Пассивные дома с низким энергопотреблением. Концепция, адаптация, актуальность, новые формы [Электронный ресурс] / А. Е. Елохов // ЭСКО : Электронный журнал энергетической компании «Экологические системы». – 2011. – № 5. – Режим доступа : [http://esco-ecosys.narod.ru/2011\\_5/art047.pdf](http://esco-ecosys.narod.ru/2011_5/art047.pdf)
5. Революция кривых форм [Электронный ресурс] // Родобуд : Проектно-будівельна компанія. – Режим доступа : <http://rodobud.com.ua/stati/8-revolution.html>.
6. Тимофеев, М. В. Энергоэффективность жилых домов [Текст] : Учебное пособие / М. В. Тимофеев. – Макеевка : ДонНАСА, 2009. – 59 с.
7. Вайда, Алексей. Энергоэффективный дом [Электронный ресурс] / Алексей Вайда // ВВК-СК. НОРДМАН. – Режим доступа : [http://www.vvksk.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=50:cemsuprezen&catid=29:the-cms](http://www.vvksk.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=50:cemsuprezen&catid=29:the-cms).

Получено 16.03.2012

## Г. В. ШАМРИНА, К. О. КРИВЕНКО РЕАЛІЗАЦІЯ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ ПРОЕКТУВАННЯ МУЛЬТІКОМ- ФОРТНИХ ПАСИВНИХ БУДИНКІВ НА ПРИКЛАДІ АРХІТЕКТУРНИХ ОБ'ЄКТІВ У ВЕЛИКОБРИТАНІЇ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті розглянуто тенденції енергоефективного будівництва в сучасних містах на прикладі пасивних будинків у Великобританії. Запропоновано проектне рішення сталого житлового району в м. Ноттінгемі з використанням технологій енергоефективних об'ємно-планувальних і конструктивних рішень. Проект розроблено в рамках конкурсу «Проект мультикомфортного дому», організованого компанією ISOVER. Підтверджено, що запроектовані за технологією «Пасивний будинок» різні типи

будинків споживають мінімум енергії, тобто є енергоефективними. Розглянуто досвід подібного проектування на прикладах новітніх архітектурних і містобудівних рішень у Великобританії. Ці технології дозволяють створювати нові будівельні об'єкти, гармонізувати природний і штучний простір з метою досягнення сприятливого середовища для існування.

**технологія пасивного будинку, теплоізоляція, приточно-витяжна вентиляція, енергоспоживання, теплотехнічний розрахунок, містки холоду, альтернативні джерела енергії, екологічно чисті матеріали**

GALINA SHAMRINA, EKATERINA KRIVENKO

REALIZATION OF MODERN TENDENCIES OF PLANNING OF MULTICOMFORT PASSIVE HOUSES ON THE EXAMPLE OF ARCHITECTURAL OBJECTS IN GREAT BRITAIN

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The article deals with trends in energy-efficient construction in modern cities on the example of passive houses in the UK. Design solution for sustainable residential area in Nottingham technologies using energy-efficient space-planning and design solutions has been proposed. The project has been developed as part of the contest «Project multicomfortable house», organized by ISOVER. It is confirmed that the designed technology «Passive House» different types of buildings consume very little power. The experience of a similar design to the latest examples of architecture and town planning in the UK has been considered. These technologies allow the creation of new construction projects, to harmonize the natural and artificial space in order to achieve a favorable environment of existence.

**passive house technology, heat insulation, aeration and ventilation, energy consumption, thermal calculation, cold bridges, alternative energy sources, environmentally friendly materials**

**УДК 712.5**

**Т. Н. ТКАЧЕНКО, Т. Н. ТЮТЕРЕВА**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ОЗЕЛЕНЕНИЕ ГОРОДА ЧАСОВ ЯР**

В статье приведены данные о ситуации по созданию рекреационных зон в городе Часов Яр. Установлено, что озелененность города недостаточная. Об этом свидетельствуют экспериментальные расчеты, а также количество предлагаемых проектов активистами города. В дальнейшем предлагается модернизация и внедрение проектов.

**озеленение, рекреационная зона, мини-проект, устойчивый город**

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Техногенное воздействие на территории городов велико, все большую территорию занимают промышленные и жилые застройки, автодороги и уменьшается количество озелененной территории, но благодаря флоре существует жизнь на Земле, поэтому крайне важно озеленят урбанизированные территории.

### **ЦЕЛИ РАБОТЫ**

В данной работе мы рассматриваем проблемы, связанные с озеленением города Часов Яр, и пути их решения городскими властями.

### **ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**

Город расположен в северо-восточной части Донецкой области на территории Артемовского городского совета, занимает 1 787 гектаров, или 17,87 кв. км. Население города на 2010 г. составляет 14,56 тыс. человек.

Почвенный покров преимущественно состоит из обычных среднегумусных черноземов суглинистого механического состава.

Рельеф – слабоволновая равнина, расчлененная густой сетью речных долей, оврагов и балок.

Грунтовые воды в поймах рек и балок – на глубине 0,2–0,3 м, на водоразделах – на глубине 5–10 м [1].

Озелененные рекреационные зоны на территории города составляют 423 га (24 %) и включают:

- Городской парк, площадь которого составляет 15 га [3], он расположен в центральной части города.

- Городской сквер с площадью 0,85 га [3], расположен в центральной части города рядом с парком.

- Часовьярское лесничество относится к Славянскому лесному хозяйству. Общая площадь – 3 945 га, покрытая лесом – 3 566,2 га. На территории города находится 407 га [4].

Рекреационная зона – специально выделяемая территория в пригородной местности или в городе, предназначенная для организации мест отдыха населения и включающая в себя парки, сады, городские леса, лесопарки, пляжи, иные объекты. В рекреационные зоны могут включаться особо охраняемые природные территории и природные объекты [2].

## ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ ПОТРЕБНОСТЬ ТЕРРИТОРИИ Г. ЧАСОВ ЯР В ОЗЕЛЕНЕННЫХ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОНАХ

Ориентировочно принимается, что численность отдыхающих людей (рекреантов) в летний сезон составляет 40 % населения района. В местности с умеренным климатом (лесная и лесостепная зоны) численность рекреантов распределяется таким образом: в лесу – 75 %, у воды – 25 %.

Емкость территории по условиям организации отдыха в лесу ( $D$ ) определяется по формуле:

$$D = (T_p \cdot L \cdot K \cdot 1000) / (100 \cdot H_{рек} \cdot M); \quad (1)$$

где  $D$  – частичная демографическая емкость города, чел;

$T_p$  – территория района, га;

$L$  – лесистость района, %;

$K$  – коэффициент, учитывающий необходимость организации зеленых зон городов (среднее значение для умеренного климата, в частности для Украины – 0,4);

$H_{рек}$  – ориентировочный норматив потребности 1 000 жителей в рекреационных территориях, га; при средней допустимой рекреационной нагрузке 5 чел/(га леса)  $H_{рек}$  составляет 200 га;

$M$  – коэффициент, учитывающий деление отдыхающих в лесу и у воды:  $M = 0,1$  – для районов с умеренным климатом [5].

Исходя из этой формулы можно рассчитать необходимое количество озелененных территорий города:

$$L = (D \cdot 100 \cdot H_{рек} \cdot M) / (T_p \cdot K \cdot 1000) = (14560 \cdot 100 \cdot 200 \cdot 0,1) / (1787 \cdot 0,4 \cdot 1000). \quad (2)$$

Из расчетов делаем вывод, что озелененность территории города не достаточна, т. к. она составляет 24 % а требуемая – 40,7 %. Наличие рекреационных зон города – это один из важных природных компонентов для устойчивого развития города. Устойчивый город – это экологический (биооптимистичный), красивый, «здоровый», любимый жителями город, в котором удовлетворяются все условия устойчивого развития [5].

Часто термин «благоустройство» и «озеленение» путают, но это разные понятия. Озеленение является составляющей частью благоустройства.

Озеленение – совокупность работ, связанных с созданием и использованием растительных насаждений; в более широком смысле – работы, направленные на улучшение экологического состояния окружающей среды и благоустройство территории.

К озеленению относятся посадка деревьев различных пород и сортов, создание живых изгородей из различных кустарников, деревьев и декоративных растений, а также озеленение газонами [6].

## ПРОЕКТЫ ОЗЕЛЕНЕНИЯ

В 2011 г. был осуществлен мини-проект по озеленению города «Благоустройство территории сквера им. М. Горького». Мини-проект был разработан и осуществлен группой активистов города, объединенной под названием «Выпускники». В проект было включено высаживание саженцев тополей в количестве 10 шт. [7].

Так же существует ряд мини-проектов, в силу объективных причин не нашедших на данный момент практической реализации. К таким проектам можно отнести «Альпийскую лужайку» [8], разработанную руководителем Школы искусств г. Часов Яра Филатовой Викторией Николаевной, создание парковой зоны возле Борисо-Глебской церкви, предложенное Третьяковым Константином Михайловичем и «Подари радость детям», спроектированный Чаус Сергеем Валерьевичем. На данный момент главной проблемой осуществления этих проектов является недостаточное финансирование.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод, что озелененность территории города на сегодняшний день является недостаточной, хотя существует большая потребность в рекреационных зонах. Об этом свидетельствуют многочисленные проекты, разработанные в городе. Тот факт, что данные проекты разработаны активистами, не имеющими специального экологического образования, с одной стороны, свидетельствует о недостаточном внимании и формальном подходе городских властей к вопросу озеленения, а с другой, радует то, что данную проблему

пытаются решить простые граждане. Это свидетельствует о повышении уровня экологического сознания горожан.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Падалко, С. І. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Екологія міських систем» [Текст] / С. І. Падалко. – Макіївка : ДонНАБА, 2009 – 41 с.

Получено 05.03.2012

Т. М. ТКАЧЕНКО, Т. М. ТЮТЕРЕВА

ОЗЕЛЕНЕННЯ МІСТА ЧАСІВ ЯР

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті наведено дані про ситуацію по створенню рекреаційних зон у місті Часів Яр. Встановлено, що озелененість міста недостатня. Про це свідчать експериментальні розрахунки, а також кількість запропонованих проектів активістами міста. Надалі пропонується модернізація й впровадження проектів.

**озеленення, рекреаційна зона, міні-проект, стійке місто**

TATIANA TKACHENKO, TATYANA TUTEREVA

PLANTING OF GREENERY OF CITY OF CHASOVYAR

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

In the article the data about the situation on the creation of recreational zones in the town of Chasov Yar has been shown. It is established, that planting of greenery city insufficient. This is evidenced by experimental calculations, as well as the number of proposed projects by activists of the town. In future modernization and implementation of projects are proposed.

**planting of greenery, a recreation area, mini-project, sustainable city**



УДК 621.878.2

**С. А. ГОРОЖАНКИН, А. Н. МИТЮШКИН**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ПОВЫШЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА НАПОЛНЕНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВС РЕГУЛИРОВАНИЕМ ФАЗ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ**

Предлагается уравнение для численной оценки величины коэффициента наполнения цилиндров двигателя свежим зарядом. Представлены результаты расчетно-теоретических исследований изменения коэффициента наполнения в зависимости от фаз газораспределения

**двигатель, свежий заряд, наполнение цилиндров, коэффициент наполнения, впускной клапан, фазы газораспределения**

На современном этапе развития поршневого двигателестроения широко применяются методы расчетного прогнозирования показателей рабочего цикла, основанные на использовании математического и компьютерного моделирования. Важной составляющей этих методов является нахождение коэффициента наполнения ( $\eta_v$ ). Его численное значение определяется большим числом факторов (величиной подъема клапана, диаметром впускной горловины, качеством обработки внутренних поверхностей, геометрическим профилем проточной части канала, степенью сжатия двигателя и др.), оказывающих воздействие на движение заряда по впускному трубопроводу. Методы комплексной оценки воздействия многих из этих факторов на величину  $\eta_v$ , не разработаны. Этим обстоятельством объясняется сравнительная многочисленность уравнений, применяемых для его определения.

К достоинствам приведенных уравнений в литературе следует отнести их относительную простоту. Но им присущи и определенные недостатки. В частности, сложность оценки на стадии проектирования таких параметров, как коэффициент дозарядки, коэффициента, учитывающего неравенство теплоемкостей воздушного заряда и отработавших газов, коэффициента очистки объема сжатия и коэффициента остаточных газов.

Недостатком является то обстоятельство, что в уравнениях в явном виде не содержатся составляющие коэффициента наполнения, оказывающие воздействие на характер течения заряда по впускной системе и, соответственно, – на величину  $\eta_v$ .

В общем виде уравнение для аналитической оценки величины коэффициента наполнения может быть записано в форме:

$$\eta_v = 1 - \Delta\eta_{v\Sigma}, \quad (1)$$

где суммарная составляющая имеющих место потерь при газообмене  $\Delta\eta_{v\Sigma}$  может быть представлена выражением:

$$\Delta\eta_{v\Sigma} = -(\Delta\eta_{v\text{газ}} + \Delta\eta_{v\text{под}} + \Delta\eta_{v\text{рас}} + \Delta\eta_{v\text{заб}}) + \Delta\eta_{v\text{доз}}. \quad (2)$$

В соотношении (2):  $\Delta\eta_{v\text{газ}}$  – уменьшение  $\eta_v$ , обусловленное газодинамическими потерями;  $\Delta\eta_{v\text{под}}$  – потери от подогрева воздушного заряда, обусловленные подводом теплоты от горячих стенок и переходом части кинетической энергии движущегося заряда в теплоту;  $\Delta\eta_{v\text{рас}}$  – потери от расширения остаточных газов;  $\Delta\eta_{v\text{заб}}$  – потери, вызванные забросом заряда во впускной системе;  $\Delta\eta_{v\text{доз}}$  – увеличение  $\eta_v$  за счет дозарядки.

Потери  $\Delta\eta_{v\text{под}}$ , а также  $\Delta\eta_{v\text{рас}}$ , могут быть определены выражениями [1]:

$$\Delta\eta_{v\text{ под}} = \frac{\Delta T_{cm} + \Delta T_{ad}}{T_k}, \quad (3)$$

где  $\Delta T_{cm}$  – повышение температуры свежего заряда при наполнении вследствие теплоотдачи от стенок и торможения, сопровождающегося переходом части кинетической энергии в теплоту.

Величина  $\Delta T_{ad}$  – повышение температуры вследствие отклонения процесса сжатия от адиабаты, оценивается соотношением:

$$\Delta T_{ad} = T_k \cdot \left[ \left( \frac{p_a}{p_{en}} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right], \quad (4)$$

в котором  $k$  – показатель адиабаты;  $p_{en}$  – давление заряда в конце впуска при условии отсутствия при впуске перехода части кинетической энергии в потенциальную вследствие торможения заряда ( $p_{en} \approx p_k - \Delta p_{en}$ ), где  $\Delta p_{en}$  – потери давления воздушного заряда при прохождении его через проточную часть и клапанную щель канала.

Экспериментальные исследования дизелей типа 4ЧН15/20,5 [2] показывают, что повышение температуры заряда при наполнении вследствие теплоподвода от стенок для режимов внешней скоростной характеристики подчиняется зависимости:

$$\Delta T_{cm\ i} = \frac{\Delta T_{CTH}}{k \cdot n}, \quad (5)$$

где  $\Delta T_{CTH}$  – повышение температуры заряда при наполнении вследствие теплоотдачи от стенок для номинальной частоты вращения коленчатого вала, град;

$\bar{n} = n_i / n_N$  – относительная частота вращения коленчатого вала ( $n_i$  – текущая частота вращения коленчатого вала,  $n_N$  – частота вращения, соответствующая номинальному режиму работы двигателя);

$k$  – эмпирический коэффициент (для дизелей типа 4ЧН15/20,5, по данным [2], равен 1).

Из (5) и (3) находим:

$$\Delta\eta_{v\text{ под}} = \frac{\frac{\Delta T_{CTH}}{k \cdot n} + \Delta T_{ad}}{T_k}. \quad (6)$$

Из литературных данных [1] следует, что:

$$\Delta\eta_{v\text{ рас}} = \frac{1}{\varepsilon - 1} \cdot \left[ \left( \frac{p_r}{p_k} \right)^{\frac{1}{n_2}} - 1 \right]. \quad (7)$$

Увеличение коэффициента наполнения за счет процесса дозарядки может быть учтено выражением, предложенным в [2]:

$$\Delta\eta_{v\text{ доз}} = \frac{\psi(\alpha_{\alpha_1})}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{\beta_{en}}{\alpha_{en}} \cdot \bar{n}. \quad (8)$$

где  $\psi(\alpha_{\alpha_1})$  – значение кинематической функции изменения объема цилиндра при положении поршня, соответствующем моменту закрытия впускного клапана ( $\alpha_{\alpha_1}$ );

$\beta_{en}$  – фаза запаздывания впускного клапана;

$\alpha_{en}$  – продолжительность фазы впуска.

При работе дизеля на низких частотах вращения коленчатого вала, а также на частичных нагрузках и вхолостую, возможен заброс газов из цилиндра во впускной коллектор ( $p_{a1} > p_k$ ), что снижает коэффициент наполнения на величину  $\Delta\eta_{v\text{ заб}}$ . Это обстоятельство может быть учтено с помощью следующего выражения, предложенного в [2]:

$$\Delta\eta_{v_{заб}} = \frac{\varepsilon}{\psi(\alpha_{a1})} \left[ \frac{p_a}{p_k} \left( \frac{\varepsilon}{\psi(\alpha_{a1})} \right)^{n_1} - 1 \right] \bar{n}, \quad (9)$$

где  $n_1$  – показатель политропы сжатия.

Используя известные выражения для составляющих газообмена  $\Delta\eta_{v_{газ}}$ ,  $\Delta\eta_{v_{заб}}$  [3], а также соотношения (3)–(9), на основании (1)–(2) находим:

$$\eta_v = \left\{ \frac{0,5 \cdot 10^{-6} \cdot \xi \cdot \rho_k \cdot \left[ \frac{C_{II} \cdot F_{II}}{(\mu f_k)_{cp} \cdot i_{кл}} \right]^2}{p_k} + \frac{\frac{\Delta T_{СТН}}{k \cdot \bar{n}} + T_K \cdot \left[ \left( \frac{p_a}{p_{en}} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]}{T_K} + \frac{1}{\varepsilon - 1} \cdot \left[ \left( \frac{p_r}{p_k} \right)^{\frac{1}{n_2}} - 1 \right] + \frac{\varepsilon}{\psi(\alpha_{a1})} \times \right. \\ \left. \times \left[ \frac{p_a}{p_k} \cdot \left( \frac{\varepsilon}{\psi(\alpha_{a1})} \right)^{n_1} \right] \cdot \bar{n} \right\} + \frac{\psi(\alpha_{a1})}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{\beta_{en}}{\alpha_{en}} \cdot \bar{n}, \quad (10)$$

где  $\xi$  – коэффициент гидравлического сопротивления проточной части канала и клапанной щели (для канала с падающим потоком  $\xi = \xi_{np} + \xi_{пов} + \xi_{сж} + \xi_{кл.щ} + \xi_{уд}$ ) может быть определен расчетом с учетом рекомендаций [4];

$\rho_k$  – плотность заряда;

$C_{II}$  – средняя скорость поршня;

$F_{II}$  – площадь поперечного сечения цилиндра;

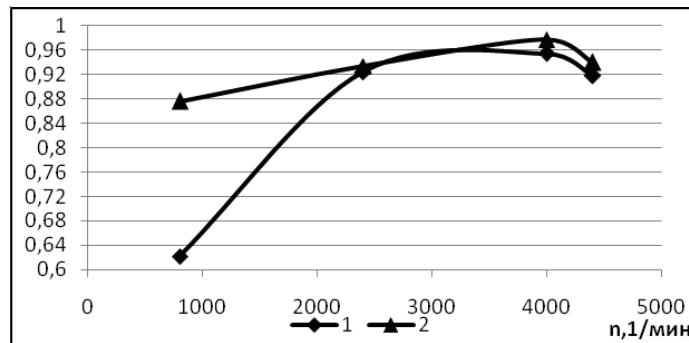
$(\mu f_k)_{cp}$  – среднее эффективное значение проходного сечения клапанной щели;

$i_{кл}$  – число клапанов.

Уравнение (10) является более сложным по сравнению с зависимостями, приведенными в литературе, что является его недостатком. К достоинствам (10), относится то, что с его помощью учитывается влияние на  $\eta_v$  таких факторов, как коэффициент сопротивления проточной части, средняя скорость поршня, площадь поперечного сечения цилиндра, среднее эффективное проходное сечение клапанной щели, число клапанов, величина подъема клапана, диаметр горловины, степень сжатия, фазы запаздывания закрытия впускного клапана и продолжительности впуска и др.

Важным достоинством (10) является возможность с его помощью расчетным путем выявить влияние на  $\eta_v$  уже упоминавшихся факторов ( $\Delta\eta_{v_{газ}}$ ;  $\Delta\eta_{v_{под}}$ ;  $\Delta\eta_{v_{рас}}$ ;  $\Delta\eta_{v_{заб}}$ ;  $\Delta\eta_{v_{доз}}$ ).

Рис. 1 иллюстрирует выявленное расчетно-теоретическим путем с применением расчетной оценки качества наполнения свежим зарядом изменение коэффициента наполнения в зависимости от работы двигателя. При расчетах использовались данные, взятые для прототипа двигателя ЯМЗ-238.



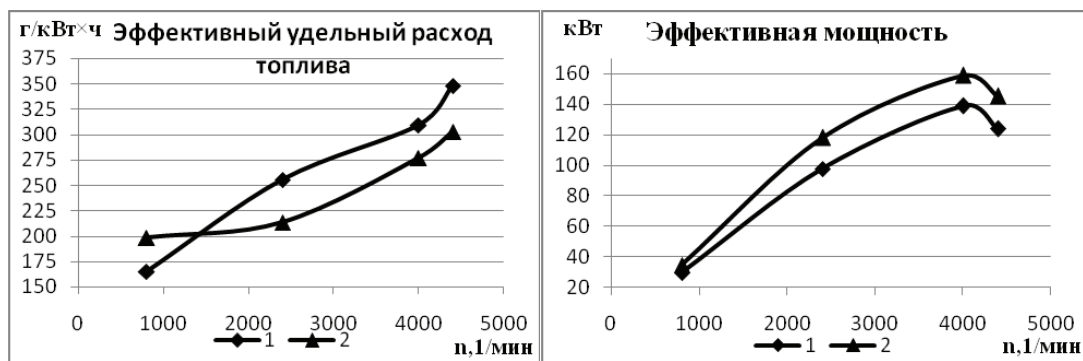
**Рисунок 1** – Диаграмма сравнительного анализа изменения коэффициента наполнения путем регулирования фаз газораспределения: 1 – фазы газораспределения постоянны; 2 – регулируемые фазы газораспределения.

Установлено, что выбранные фазы газораспределения обеспечивают оптимальные условия по наполнению для некоторого интервала изменения скоростного режима двигателя. Для автомобильных двигателей, работающих в широком диапазоне изменения чисел оборотов коленчатого вала, сложно подобрать фазы газораспределения так, чтобы они были наилучшими для всех режимов работы коленчатого вала. Число оборотов, при котором производят подбор фаз, выбирают в зависимости от требований, предъявляемых к двигателю при его эксплуатации.

**Таблица** – Фазы газораспределения двигателя при наилучшем значении коэффициента наполнения

Режим работы двигателя, об/мин	800	2400	4000	4400
Оптимизирующий параметр	$g_e \min$	$M_{кр \max}$	$N_e \max$	$N_e \max$
Впускной клапан				
Открытие, до ВМТ	$7,0^0$	$5,0^0$	$13,0^0$	$10,0^0$
Закрытие, после НМТ	$23^0$	$36^0$	$50^0$	$50^0$

Из диаграмм, представленных на рис. 2, следует отметить, что выбранные фазы газораспределения обеспечивают оптимальные условия по наполнению для некоторого интервала изменения скоростного режима двигателя. Для автомобильных двигателей, работающих в широком диапазоне изменения чисел оборотов коленчатого вала, сложно подобрать фазы газораспределения так, чтобы они были наилучшими для всех режимов работы коленчатого вала. Число оборотов, при котором производят подбор фаз, следует выбирать в зависимости от требований, предъявляемых к двигателю при его эксплуатации.



**Рисунок 2** – Диаграмма сравнительного анализа изменения параметров двигателя в зависимости от фаз газораспределения: 1 – фазы газораспределения постоянны; 2 – регулируемые фазы газораспределения.

В заключение можно сделать вывод, что данная расчетная оценка определения коэффициента наполнения с изменением фаз газораспределения указывает на правомерность использования соотношения (10) для расчетов, исследований и оценки коэффициента наполнения на стадии предпроектных и проектных разработок поршневых двигателей.

Установлена целесообразность изменения фаз газораспределения с регулированием фаз не только от частоты вращения коленчатого вала, но и от нагрузки двигателя.

Приведенный метод оценки величины коэффициента наполнения позволяет уже на стадии проектирования двигателя принимать меры, способствующие улучшению наполнения цилиндров свежим зарядом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тепловозные двигатели внутреннего сгорания [Текст] : учебник / А. З. Сименон, А. З. Хомич, А. А. Куриц и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1987. – 536 с.
2. Поваляев, В. А. Улучшение показателей работы тракторного дизеля совершенствованием впускных каналов [Текст] : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / В. А. Поваляев. – Челябинск, 2008. – 185 с.

3. Шароглазов, Б.А. Показатели оценки качества впускных каналов двигателей и их взаимосвязь [Текст] / Б. А. Шароглазов, В. А. Поваляев // Актуальные проблемы теории и практики современного двигателестроения : Тр. Междунар. науч.-тех. конф. / Южно-уральский гос. университет. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2006. – С. 237–241.
4. Поваляев, В. А. Определение коэффициента расхода впускных каналов тракторного дизеля [Текст] / В. А. Поваляев, В. М. Бунов // Конструирование и эксплуатация наземных транспортных машин : сб. науч. тр. / Южно-уральский гос. университет. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2002. – С. 47–51.
5. Портнов, Д. А. Быстроходные турбопоршневые двигатели с воспламенением от сжатия: теория, рабочий процесс и характеристики [Текст] / Д. А. Портнов. – М. : Машгиз, 1963. – 639 с.
6. Иванченко, Н. Н. Высокий наддув дизелей [Текст] / Н. Н. Иванченко, О. Г. Красовский, С. С. Соколов. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. – 198 с.

Получено 15.04.2012

С. А. ГОРОЖАНКІН, А. М. МІТЮШКІН  
ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА НАПОВНЕННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВЗ РЕГУЛЮ-  
ВАННЯМ ФАЗ ГАЗОРОЗПОДІЛЕННЯ  
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Пропонується рівняння для цифрової оцінки величини коефіцієнта наповнення циліндрів двигуна свіжим зарядом. Результати розрахунково-теоретичних досліджень зміни коефіцієнта наповнення залежно від фаз газорозподілу  
**двигун, свіжий заряд, наповнення циліндрів, коефіцієнт наповнення, впускний клапан, фази газорозподілу**

SERGIY GOROZHANKIN, ANTON MITUSHKIN  
INCREASING THE RATE OF FILLING OF THE DIESEL ENGINE CONTROL VALVE  
TIMING  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

It is proposed for the numerical evaluation of the magnitude of the coefficient of filling of the cylinder engine fresh charge. The results of calculation-theoretical studies of changes of the coefficient of filling depending on the phases of valve timing have been given.  
**engine, fresh charge, cylinder filling, filling ratio, input valve, intake valve timing**

УДК 624.014

**Д. И. РОМЕНСКИЙ**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **МЕТОДИКА ОБСЛЕДОВАНИЯ И УТОЧНЕНИЯ НДС УТОРНОГО УЗЛА ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕЗЕРВУАРОВ**

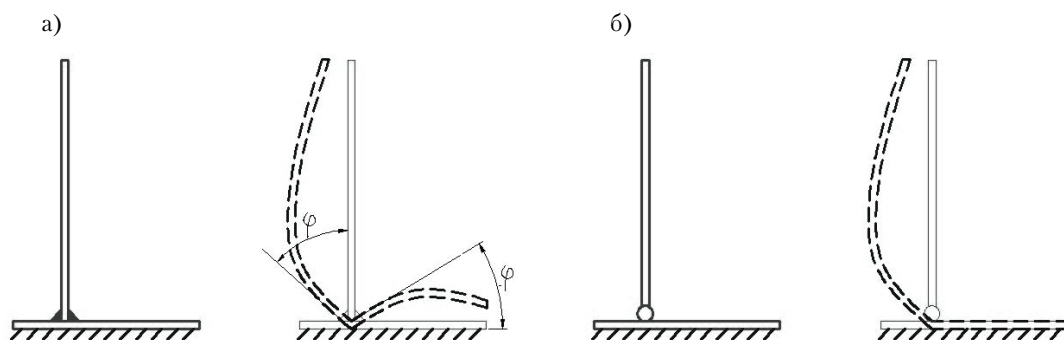
Рассмотрен вопрос обследования узла сопряжения стенки с дном вертикального цилиндрического резервуара большого объема (10 000...50 000 м<sup>3</sup>). Выделены основные факторы, влияющие на напряженно-деформированное состояние таких узлов (геометрические и жесткостные параметры, конструктивные решения, прочностные характеристики материала, взаимодействие с основанием, неравномерность осадок и др.). На основании проведенных численных исследований в обобщенном виде получены закономерности изменения основных параметров напряженно-деформированного состояния (приведенные напряжения, радиальные перемещения) от вышеперечисленных факторов влияния. Предложены аналитические зависимости для описания установленных закономерностей, которые могут быть использованы как при проектировании, так и при уточнении напряженно-деформированного состояния стенки эксплуатируемого резервуара в зоне уторного узла.

**краевой эффект, уторный узел, методика обследования**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Существующая во всем мире тенденция увеличения числа и размеров резервуарных конструкций приводит к повышению ответственности за безопасность этих сооружений. При этом одним из наиболее сложных в расчетном плане является уторный узел резервуара (место сопряжения дна со стенкой), расчетные модели которого для разных случаев расчета в нормативных документах разных стран строились исходя из двух диаметрально противоположных предпосылок:

- представление соединения в виде жесткого рамного узла (рис. 1а), жесткость которого обеспечивается двумя кольцевыми угловыми швами. Данная методика применяется в отечественных нормативных документах [2];
- представление соединения в виде шарнирного узла (рис. 1б), характерное для многих европейских и американских норм расчета и проектирования резервуарных конструкций [4].



**Рисунок 1** – Возможные варианты учета расчетных схем для уторного узла: а – жесткий (рамный) узел, б – шарнирный узел.

**Основной целью** данной работы является разработка методики обследования с уточнением (определением) НДС в уторном узле вертикальных цилиндрических резервуарах объемом 10–50 тыс. м<sup>3</sup> [1, 3].

**В качестве методики обследования ВЦР, выполняемой с целью уточнения НДС уторного узла, предложено следующее:**

1. Уточнение геометрических параметров резервуара и нивелирование днища резервуара.
2. Определение модуля упругости грунта.
3. Экспериментальное определение радиальных перемещений стенки резервуара в характерных точках (при пошаговом заполнении резервуара).
4. По предложенным номограммам относительных перемещений в зависимости от модуля упругости грунта и абсолютной величины радиальных перемещений стенки резервуара определяем вид узла сопряжения стенки с днищем резервуара (жесткий или шарнирный).
5. На основании уточненной схемы уторного узла и данных о модуле упругости грунта определяем, какая аппроксимационная кривая соответствует обследуемому резервуару. С использованием функциональных зависимостей для наших аппроксимационных кривых находим искомые значения меридиональных и кольцевых напряжений.

**Рассмотрим подробно каждый из этапов приведенной схемы обследования ВЦР, предназначенной для уточнения НДС в зоне уторного узла**

#### *1. Измерения геометрической формы стенки и нивелирование днища резервуара*

Для выявления действительной геометрической формы резервуара и определения величины отклонений от требований нормативно-технической документации измеряется величина отклонений образующих стенки на уровне верха каждого пояса от вертикали. Измерения производятся в наиболее деформированных местах стенок (по результатам внешнего осмотра), при помощи шаблонов, отвесов и геодезическими методами.

Величина неравномерной осадки наружного контура днища определяется путем нивелирования в точках, соответствующих вертикальным стыкам первого пояса, не реже, чем через 6 метров, начиная от прямо-раздаточного патрубка с нумерацией по часовой стрелке [5].

#### *2. Определение модуля упругости грунта*

Техническое освидетельствование грунтов основания производится в специально откопанных шурфах и включает следующее:

- изучение инженерно-геологических условий;
- отбор образцов грунта основания в откопанных шурфах и определение его физико-механических характеристик;
- химический анализ водной вытяжки грунта из откопанных шурфов.

Физико-механические характеристики образцов грунта основания, а также химический анализ водной вытяжки грунта производятся в лабораторных условиях специализированной организации.

Механические характеристики грунтов основания допускается определять непосредственно в откопанных шурфах методом статического зондирования [6].

Применение метода статического зондирования сводится к непрерывному вдавливанию в почву с помощью статической нагрузки специального зонда. При проведении испытательных работ применяются различные конструкции установок.

#### *3. Экспериментальное определение радиальных перемещений стенки резервуара в характерных точках*

Радиальные перемещения стенки резервуара определяются пошагово (заполнение резервуара по 10 %) в нескольких точках (через каждые 6 метров по окружности) путем установки двух индикаторов часового типа (1 – для жесткой, 2-ой для шарнирной схемы, с диапазоном измерений (50 мм) на высоте, определяемой по графикам для горизонтальных перемещений для уторного узла ВЦР (таблица; рис. 2–4).

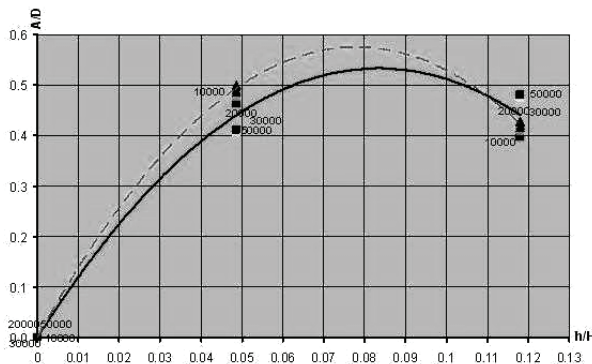
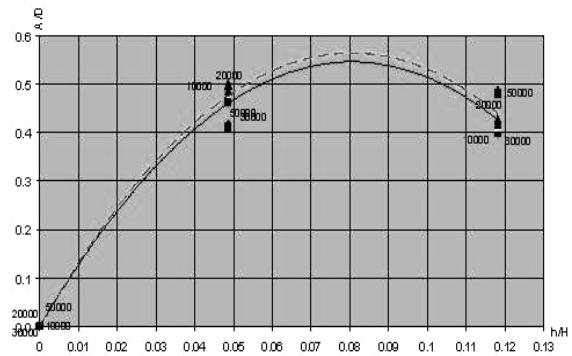
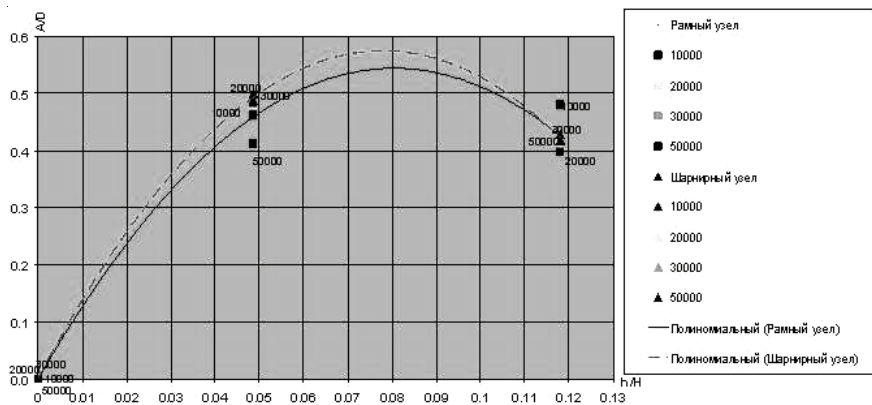
В качестве альтернативного подхода могут быть использованы высокоточные геодезические средства измерения, возможно использование современных лазерных тахеометров.

#### *4. Определение вида узла сопряжения стенки с днищем резервуара (уторный узел)*

В зависимости от полученных относительных перемещений стенки резервуара по номограммам перемещений (рис. 2–4) в зависимости от модуля упругости грунта, устанавливаем вид уторного узла (жесткий или шарнирный) (рис. 1).

Таблица – Высота установки индикаторов часового типа

Осн-е. \ Рез-р.	10 000 м <sup>3</sup>		20 000 м <sup>3</sup>		30 000 м <sup>3</sup>		50 000 м <sup>3</sup>	
	Рамн.	Шарн.	Рамн.	Шарн.	Рамн.	Шарн.	Рамн.	Шарн.
Жесткое основание (E = 14 000 МПа)	150 см	100 см	175 см	125 см	180 см	135 см	210 см	180 см
Среднее основание (E = 30 МПа)	147,5 см	100 см	162,5 см	125 см	165 см	135 см	195 см	180 см
Минимальное основание (E = 15 МПа)	142,5 см	100 см	162,5 см	125 см	165 см	135 см	180 см	180 см

Рисунок 2 – Значения относительных величин горизонтальных перемещений на жестком основании ( $E = 14\,000$  МПа) при шарнирной и жесткой схеме уторного узла.Рисунок 3 – Значения относительных величин горизонтальных перемещений для минимально уплотненного грунта ( $E = 15$  МПа) при шарнирной и жесткой схеме уторного узла.Рисунок 4 – Значения относительных величин горизонтальных перемещений для средне уплотненного грунта ( $E = 30$  МПа) при шарнирной и жесткой схеме уторного узла.

С целью обобщения данных графики представлены в виде относительных величин:

– геометрические параметры для рассматриваемой точки, в которой вычислялись величины перемещений в виде соотношения  $h/H$ , где  $h$  – высота расчетной точки относительно дна,  $H$  – высота стенки резервуара;

– уровень перемещений для рассматриваемой точки оценивался соотношением  $\Delta/D$ , где  $\Delta$  – горизонтальные (радиальные) перемещения,  $D$  – диаметр резервуара.

Грунт выполнен из песчаной послойно уплотненной подушки толщиной 1,5 м. Для жесткого основания:  $E = 14\,000$  МПа, для минимально уплотненного грунта:  $E = 15$  МПа, для средне уплотненного грунта:  $E = 30$  МПа.

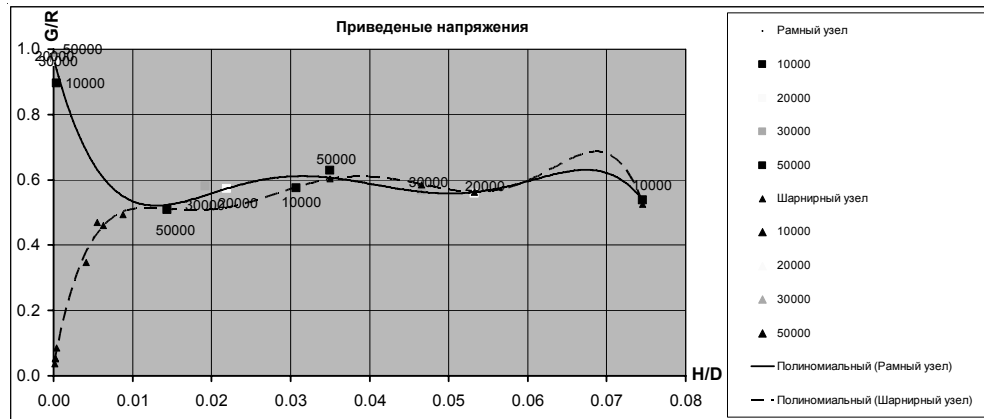
В приведенных ниже рисунках для шарнирной и жесткой схем начальная точка отсчета графиков расположена на высоте 1–2 см от уровня окрайка.



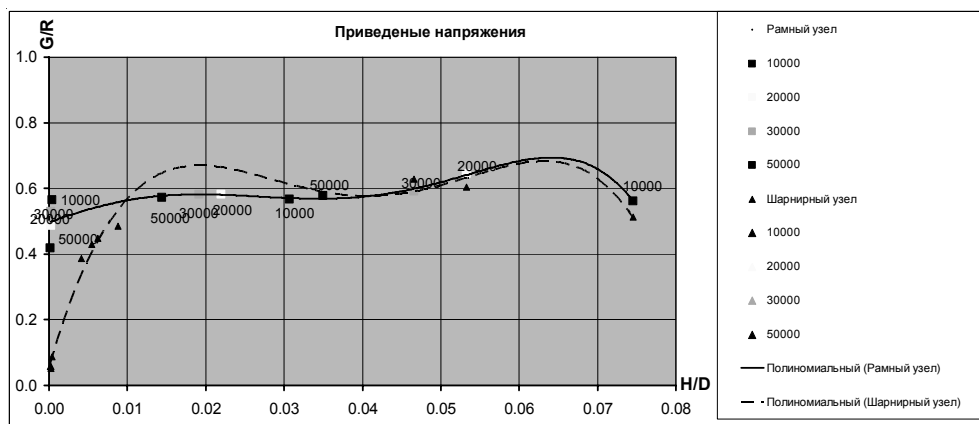
Перемещения для рамной и шарнирной схемы уторного узла приведены на рис. 2–4.

#### 5. Уточнение напряженно-деформированного состояния уторного узла

Определив вид уторного узла и зная модуль упругости грунта, определяем аппроксимационные кривые (рис. 5–7) (для приведенных напряжений), которые соответствуют обследуемому резервуару.



**Рисунок 5** – Значения относительных величин приведенных напряжений для уторного узла ВЦР на жестком основании при шарнирной и жесткой схеме уторного узла.



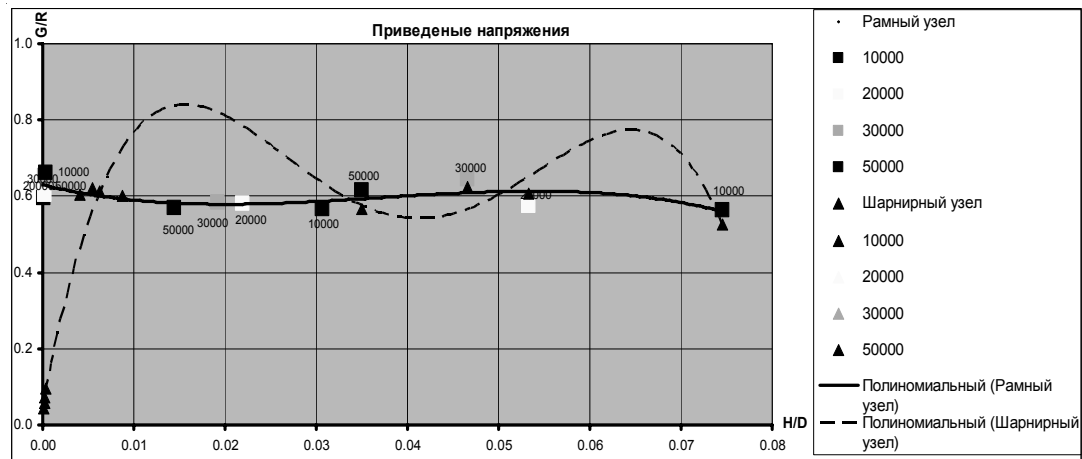
**Рисунок 6** – Значения относительных величин приведенных напряжений уторного узла ВЦР для минимально уплотненного грунта при шарнирной и жесткой схеме уторного узла.

С целью обобщения данных графики представлены в виде относительных величин:

– геометрические параметры для рассматриваемой точки, в которой вычислялись величины напряжений в виде соотношения  $H/D$ , где  $H$  – высота расчетной точки относительно дна,  $D$  – диаметр резервуара;

– уровень напряжений для рассматриваемой точки оценивался соотношением  $\sigma/R_y$ , где  $\sigma$  – действующие приведенные напряжения,  $R_y$  – величина расчетного сопротивления стали.

Используя аппроксимационные кривые можно найти искомые значения приведенных напряжений в вертикальных цилиндрических резервуарах объемом 10–50 тыс. м<sup>3</sup>.



**Рисунок 7** – Значения относительных величин приведенных напряжений уторного узла ВЦР для средне уплотненного грунта при шарнирной и жесткой схеме уторного узла.

## ВЫВОД

Предложена методика натурного обследования и методика обработки их результатов, позволяющая уточнить НДС стенки ВЦР в зоне уторного узла.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мушанов, В. Ф. Проблемы совершенствования проектирования двустенчатых резервуаров [Текст] / В. Ф. Мушанов, И. В. Роменский, Д. И. Роменский // Металеві конструкції. – 2007. – Том 13, № 1. – С. 51–64.
2. ВБН В.2.2-58.2-94. Резервуары вертикальные стальные для хранения нефти и нефтепродуктов с давлением насыщенных паров не выше 93,3 кПа. [Текст]. – К. : Госкомнефтегаз, 1994. – 98 с.
3. Некоторые особенности расчета и проектирования вертикальных цилиндрических резервуаров [Текст] / Е. В. Горохов, В. Ф. Мушанов, И. В. Роменский [и др.] // Материалы Международной научно-практической конференции Строительство–2004 / Ростовский государственный строительный университет. – Ростов : РГСУ, 2004. – С. 46.
4. Welded Steel Tanks for Oil Storage [Текст] : API STANDARD 650. – 11th Edition. – Washington : American Petroleum Institute, 2007. – 436 p.
5. СА-03-008-08. Резервуары вертикальные стальные сварные для нефти и нефтепродуктов. Техническое диагностирование и анализ безопасности [Текст] : (Методические указания) / Российская ассоциация экспертных организаций повышенного уровня «Ростехэкспертиза», Научно-промышленный союз «РИСКОМ», НПК «Изотермик». – М., 2009. – 288 с. – ISBN 978-5-91187-083-6.
6. ГОСТ 19912-2001. Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием [Текст]. – Взамен ГОСТ 19912-81, ГОСТ 20069-81 ; введ. 2002-01-01. – М. : Госстрой Украины, ГУП ЦПП, 2001. – 26 с.

Получено 09.04.2012

**Д. І. РОМЕНСЬКИЙ**

**МЕТОДИКА ОБСТЕЖЕННЯ І УТОЧНЕННЯ НДС УТОРНОГО ВУЗЛА ВЕРТИКАЛЬНИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ РЕЗЕРВУАРОВ**

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Розглянуто питання обстеження вузла сполучення стінки з днищем вертикального циліндричного резервуара великого обсягу (10 000...50 000 м<sup>3</sup>). Виділено основні фактори, що впливають на напружено-деформований стан таких вузлів (геометричні та жорсткісні параметри, конструктивні рішення, міцнісні характеристики матеріалу, взаємодія з основою, нерівномірність осідання та ін.) На підставі проведених чисельних досліджень в узагальненому вигляді отримані закономірності зміни основних параметрів напружено-деформованого стану (наведені напруження, радіальні переміщення) від перерахованих вище факторів впливу. Запропоновано аналітичні залежності для опису встановлених закономірностей, які можуть бути використані як при проектуванні, так і при уточненні напружено-деформованого стану стінки експлуатованого резервуара в зоні уторного вузла.

**крайовий ефект, уторний вузол, методика обстеження**

DENIS ROMENSKY

METHODS OF EXAMINATION AND SPECIFICATION SITE STRESS-STRAIN  
STATE UNIT OF CONNECTION OF WALLS WITH THE BOTTOM VERTICAL  
CYLINDRICAL TANKS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The question of the survey site interface with the bottom wall of a vertical cylindrical tank of large volume (10 000...50 000 m<sup>3</sup>) has been considered. Main factors influencing the stress-strain state of such sites (geometric and stiffness parameters, design solutions, the strength characteristics of the material, interaction with the ground, uneven cake, etc.) have been chosen. On the basis of numerical studies regularities of changes in key parameters of the stress-strain state (reduced strain, radial displacement) of the above-mentioned factors of influence have been obtained. Analytical expressions for describing the set of patterns that can be used as in the design and as the refinement of the stress-strain state of the walls of the tank in use in the area the unit of connection of walls with the bottom have been proposed.

**regional effect, unit of connection of walls with the bottom, inspection methodology**

УДК 621.878.2

**В. В. САМОЙЛОВ, А. К. РОМАНЧЕНКО**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКА

В статье обоснована возможность определения шероховатости поверхности минерального порошка (МП) по теплоте его смачивания битумом. Теплота смачивания МП битумом определена на дифференциальном автоматическом калориметре ДАК-1-1А. В качестве эталона сравнения использован аэросил, удельная поверхность которого определена методом низкотемпературной адсорбции азота. Приведено значение фактора шероховатости кварцевого минерального порошка  $K_{ш} = 1,52$ , для которого величина удельной поверхности определена методом воздухопроницаемости. Рекомендовано учитывать  $K_{ш}$  МП при определении расхода битума для изготовления асфальтобетона.

**битум, минеральный порошок, шероховатость поверхности, теплота смачивания, аэросил**

Смачивание минерального порошка (МП) битумом – важный фактор высокого качества асфальтобетон [1, с. 150–154].

Известно, что на смачивание твёрдого тела может влиять шероховатость поверхности [2, с. 159–160]: шероховатость должна улучшать смачивание МП битумом [1, с. 154].

Венцель предложил учитывать влияние шероховатости поверхности на её смачивание жидкостью путем умножения поверхностных натяжений  $\sigma_i$  жидкости и газа на границе с твердой поверхностью в уравнении Юнга на фактор шероховатости  $K_{ш}$ , т. е. на отношение фактической поверхности раздела ( $S_{ш}$ ) к поверхности твердого тела, если бы она была гладкой ( $S_r$ ) [2, с. 160].

Следовательно

$$K_{ш} = \frac{S_{ш}}{S_r} \quad (1)$$

для двух поверхностей одинаковых геометрических размеров.

$K_{ш}$  может быть найден из сравнения межфазных поверхностных энергий таких поверхностей: шероховатой ( $F_{ш}$ ) и гладкой ( $F_r$ ), отношение которых, в свою очередь, должно равняться отношению теплот смачивания шероховатой ( $Q_{ш}$ ) и гладкой ( $Q_r$ ) поверхностей:

$$F_i = \sigma_i \cdot S_p \quad (2)$$

$$\frac{F_{ш}}{F_r} = \frac{Q_{ш}}{Q_r} = \frac{S_{ш}}{S_r} = K_{ш} \quad (3)$$

Исходя из уравнения (1),  $K_{ш}$  должен влиять не только на смачивание, но и на толщину пленки битума на поверхности минеральных материалов, а это, в свою очередь, определяет физико-механические характеристики асфальтобетона и оптимальный расход битума [1, с. 232–239].

Из уравнения (3) следует, что

$$K_{ш} = \frac{q_{ш}}{q_r} \quad (4)$$

где  $q_{ш}$  и  $q_r$  – удельные теплоты смачивания шероховатой и гладкой поверхностей.

© В. В. Самойлов, А. К. Романченко, 2012

Чтобы исключить влияние микрорельефа при определении  $q_r$ , не прибегая к изготовлению идеально гладкой твердой поверхности, в качестве  $q_r$  приняли удельную теплоту смачивания аэросила, удельная поверхность которого была определена методом низкотемпературной адсорбции азота, т. е. достаточно точно (с учетом микрорельефа), исходя из малых размеров молекулы адсорбтива.

### ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

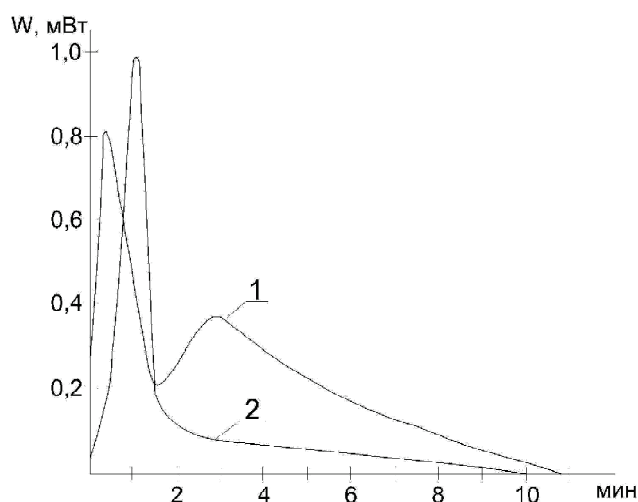
1. Кремнеземистый минеральный порошок (МП). Удельная поверхность  $S_{уд} = 3\,000\text{ см}^2/\text{г}$  (определена по методу воздухопроницаемости [3, с. 72–75]) и  $S_{уд}^p = 2\,610\text{ см}^2/\text{г}$  (рассчитана по формуле В. А. Золотарева согласно данным ситового анализа [4, с. 10]).
2. Аэросил марки А-180.  $S_{уд} = 175\text{ м}^2/\text{г}$ .
3. Битум БНД 40/60.

### АППАРАТУРА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Теплоту смачивания МП и аэросила битумом определяли на дифференциальном автоматическом калориметре ДАК-1-1А по ранее описанной методике [5, с. 62–63].

Температуру смачивания приняли  $150\text{ }^\circ\text{C}$ , близкой к технологической [1].

Типичная кривая тепловыделения приведена на рисунке.



**Рисунок** – Тепловыделение при смачивании ( $150\text{ }^\circ\text{C}$ ): 1 – аэросила ( $m_a = 0,0060\text{ г}$ ) и 2 – МП ( $m_n = 0,0012\text{ г}$ ) битумом БНД 40/60.

По кривой тепловыделения рассчитывали тепловой эффект смачивания  $Q(\text{Дж})$  навески материала  $m(\text{г})$ .

Затем находили удельные величины:

$$q_m = \frac{Q}{m} \text{ и } q_s = \frac{q_m}{S_{уд}}. \quad (5)$$

Результаты расчетов сведены в таблицу.

$K_{ш}$  находили по формуле (4), считая  $q_s$  для МП равной  $q_{ш}$  (поскольку методы определения  $S_{уд}$  для МП не учитывают шероховатость поверхности – см. выше), а среднее значение  $q_s = 1,23\text{ Дж}/\text{м}^2$  для аэросила – равным  $q_r$  (таблица).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как видно из таблицы, шероховатость поверхности МП  $K_{ш} = 1,52$  (если  $S_{уд}$  определена методом воздухопроницаемости МП) и  $K_{ш} = 1,75$  (если  $S_{уд}$  рассчитана по данным гранулометрии). Следовательно, оценка шероховатости зависит от способа определения удельной поверхности минерального порошка.

Таблица – Результаты эксперимента

Дисперсная фаза	Удельная теплота смачивания			$K_{ш}$	
	$q_m, Дж/г$	$q_s, Дж/м^2$		$S_{yo}=0,30м^2/г$	$S_{yo}=0,261м^2/г$
		$S_{yo}=0,30м^2/г$	$S_{yo}=0,261м^2/г$		
Кремнеземистый минеральный порошок	0,57	1,89	2,18	1,54	1,77
	0,60	2,01	2,30	1,63	1,87
	0,52	1,74	1,99	1,41	1,62
	0,55	1,82	2,11	1,48	1,72
Среднее	0,56	1,87	2,15	1,52	1,75
Аэросил	211,8	1,21		–	–
	192,5	1,10		–	–
	222,3	1,27		–	–
	231,0	1,32		–	–
Среднее	214,4	1,23		Приняли $K_{ш} = 1,0$	

С другой стороны, столь существенное различие расчетной (чаще используется на практике) и реальной удельной поверхности, т. е. шероховатость МП следует учитывать при расчете состава асфальтобетона.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фізико-хімічна механіка будівельних матеріалів [Текст] / В. І. Братчун, В. О. Золотарев, М. К. Пактер, В. Л. Беспалов. – Макіївка : ДонНАБА, 2011. – 336 с.
2. Воюцкий, С. С. Курс коллоидной химии [Текст] / С. С. Воюцкий. – М. : Химия, 1975. – 512 с.
3. Буров, Ю. С. Лабораторный практикум по курсу. Минеральные вяжущие вещества [Текст] / Ю. С. Буров, В. С. Колокольников. – М. : Стройиздат, 1974. – 255 с.
4. Практикум по дисциплине. Органические вяжущие вещества на основе маловязкого сырья [Текст] / М. К. Пактер, В. И. Братчун, В. Л. Беспалов. – Макеевка : ДонНАСА, 2011. – 50 с.
5. Самойлова, Е. Э. Дорожные асфальтобетоны с комплексно-модифицированной микроструктурой с использованием реакционноспособного термопласта Элвалой АМ [Текст] : дис. ... кандидата технических наук : спец. 05.23.05 Строительные материалы и изделия / Самойлова Е. Э. – Макеевка, 2007. – 171 с.

Получено 02.04.2012

В. В. САМОЙЛОВ, А. К. РОМАНЧЕНКО  
ВИЗНАЧЕННЯ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ МІНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКУ  
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті обґрунтовано можливість визначення шорсткості поверхні мінерального порошку (МП) за теплою його змочування бітумом. Теплоту змочування МП бітумом визначено на диференціальному автоматичному калориметрі ДАК-1-1А. Як еталон порівняння використано аеросил, питому поверхню якого визначено методом низькотемпературної адсорбції азоту. Наведено значення фактора шорсткості кварцового мінерального порошку  $K_{ш} = 1,52$ , для якого величину питомої поверхні визначено методом повітропроникності. Рекомендовано враховувати  $K_{ш}$  МП при визначенні витрати бітуму для виготовлення асфальтобетону.

**бітум, мінеральний порошок, шорсткість поверхні, теплота змочування, аеросил**

VLADISLAV SAMOILOV, ALEXANDER ROMANCHENKO  
DETERMINATION OF SURFACE ROUGHNESS OF THE MINERAL POWDER  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

In the article the possibility of determining the surface roughness of mineral powder (MP) on the heat of wetting of its bitumen. The heat of wetting is determined on the MP bitumen automatic differential calorimeter DAK-1-1A. As a standard of comparison aerosol have been used, the surface area is determined by low-temperature nitrogen adsorption. The value indicates  $K_u = 1,52$  the roughness factor of the quartz mineral powder has been given, and the specific surface of it is determined by air permeability. It is recommended to take into account when determining the  $K_u$  MP consumption of bitumen to make asphalt.

**bitumen, mineral powder, surface roughness, heat of wetting, aerosil**

## ЗМІСТ

МУЩАНОВ В. П., ПРЯДКО Ю. М., РУДНЄВА І. М. Визначення траєкторії руйнування елементів покриття, утвореного жорсткими нитками наскрізного перетину	3
ЛЕВЧЕНКО В. М., ЛЕВЧЕНКО Д. В., ГРИДІНА О. В., БАГНО М. І. Роль і місце чинника зниження матеріалоємності будівництва	7
АНДЕРЖАНОВА К. В., КОШЕЛЄВА Т. В. Посилення основ фундаментів будівель у складних умовах сучасного міського будівництва	10
ЛЕВІН В. М., ШАБЕЛЬНИК С. В. Розрахунок системи несучих стін підземної частини баштового копра з урахуванням особливостей спряження окремих плоских елементів	14
ГОРОХОВ Є. В., ЮГОВ А. М., ІГНАТЕНКО Р. І. Визначення чинників і ступеня їх впливу на вибір раціонального методу монтажу металевих баштових опор ЛЕП	18
ЧИРВА О. С., МОРОЗОВА Т. В., МАЛІКОВ С. С. Дослідження точності лазерного показчика напрямів	23
МУЩАНОВ В. П., КУЗНЕЦОВ С. Г., ЗУБЕНКО Г. В., МОСКАЛЕНКО І. В., ПЧЕЛЬНИКОВ С. Б., ЛОЗИНСЬКИЙ Е. О., ВАСИЛЕВ В. М. Експериментальне визначення аеродинамічних коефіцієнтів для покриттів різної кривизни і стінки вертикальних циліндричних резервуарів	27
ШРАМКО Д. О., ІХНО Г. В. Будівельна система КУБ-3V	35
МУЩАНОВ В. П., ОРЖЕХОВСЬКИЙ А. М. Визначення траєкторії руйнування конструкцій над трибунами стадіону на прикладі стадіону «Металург» в місті Донецьк	40
МУЩАНОВ В. П., ВАРДАНЯН А. Г. Дослідження особливостей НДС провислого мембранного покриття на овалному плані на основі уточненого моделювання опорного контура	44
НЕЗДОЙМІНОВ В. І., ГРИГОРЕНКО Н. І. Дослідження можливості використання систем вакуумної каналізації для окислення органічних забруднень	48
НАЙМАНОВ А. Я., ЯКОВЕНКО О. В. Сучасні проблеми поверхневого стоку в Україні	52
НЕЗДОЙМІНОВ В. І., ЧЕРНИШОВА О. О. Використання опадів міських стічних вод для вирощування сільськогосподарських культур в умовах Донецького регіону	56
СЄЛЬСЬКА І. В., ФЕДОРОВА М. В., ХАРЧЕНКО Д. В. Шкідливі фізичні дії на організм людини	65
КАСІЛОВА О. М., СЕРДЮК О. І. Переробка відпрацьованих свинцево-кислотних акумуляторів електрохімічним методом з отриманням корисних матеріалів	67
САВЕНКОВА С. В., БАШЕВА Т. С. Оцінка рівня негативної дії автомобільного транспорту при його русі в житловій зоні на безпеку населення	70
НАУМЕНКО Д. С., КОКАРЄВА Я. А. Конструювання поверхні із змінним перерізом	74
ГОЛОВАЧ Ю. О., ЗАХАРОВ В. І. Аналіз методик розрахунку показників надійності і нормативних даних при проектуванні газових мереж	78
МУЩАНОВ В. П., КАЩЕНКО М. П., СИВОКОНЬ Ю. В. Аналіз розвитку конструктивних форм і методів розрахунку мембранних покриттів на прямокутному плані	81
ШАМРІНА Г. В., КРИВЕНКО К. О. Реалізація сучасних тенденцій проектування мультікомфортних пасивних будинків на прикладі архітектурних об'єктів у Великобританії	85
ТКАЧЕНКО Т. М., ТЮТЕРЕВА Т. М. Озеленення міста Часів Яр	90
ГОРОЖАНКІН С. А., МІТЮШКІН А. М. Підвищення коефіцієнта наповнення дизельного двз регулюванням фаз газорозподілення	93
РОМЕНСЬКИЙ Д. І. Методика обстеження і уточнення НДС уторного вузла вертикальних циліндричних резервуарів	98
САМОЙЛОВ В. В., РОМАНЧЕНКО А. К. Визначення шорсткості поверхні мінерального порошку	104



## СОДЕРЖАНИЕ

МУЩАНОВ В. Ф., ПРЯДКО Ю. Н., РУДНЕВА И. Н. Определение траектории разрушения элементов покрытия, образованного жесткими нитями сквозного сечения	3
ЛЕВЧЕНКО В. Н., ЛЕВЧЕНКО Д. В., ГРИДИНА Е. В., БАГНО М. И. Роль и место фактора снижения материалоемкости строительства	7
АНДЕРЖАНОВА Е. В., КОШЕЛЕВА Т. В. Усиление оснований фундаментов зданий в сложных условиях современного городского строительства	10
ЛЕВИН В. М., ШАБЕЛЬНИК С. В. Расчет системы несущих стен подземной части башенного копра с учетом особенностей сопряжения отдельных плоских элементов	14
ГОРОХОВ Е. В., ЮГОВ А. М., ИГНАТЕНКО Р. И. Определение факторов и степени их влияния на выбор рационального метода монтажа металлических башенных опор ЛЭП	18
ЧИРВА А. С., МОРОЗОВА Т. В., МАЛИКОВ С. С. Исследование точности лазерного указателя направлений	23
МУЩАНОВ В. Ф., КУЗНЕЦОВ С. Г., ЗУБЕНКО А. В., МОСКАЛЕНКО И. В., ПЧЕЛЬНИКОВ С. Б., ЛОЗИНСКИЙ Э. А., ВАСЫЛЕВ В. Н. Экспериментальное определение аэродинамических коэффициентов для покрытий различной кривизны и стенки вертикальных цилиндрических резервуаров	27
ШРАМКО Д. А., ИХНО А. В. Строительная система КУБ-3V	35
МУЩАНОВ В. Ф., ОРЖЕХОВСКИЙ А. Н. Определение траектории разрушения конструкций над трибунами стадиона на примере стадиона «Металлург» в городе Донецк	40
МУЩАНОВ В. Ф., ВАРДАНЯН А. Г. Исследование особенностей НДС провисающего мембранного покрытия на овальном плане на основе уточненного моделирования опорного контура	44
НЕЗДОЙМИНОВ В. И., ГРИГОРЕНКО Н. И. Исследование возможности использования систем вакуумной канализации для окисления органических загрязнений	48
НАЙМАНОВ А. Я., ЯКОВЕНКО Е. В. Современные проблемы поверхностного стока в Украине	52
НЕЗДОЙМИНОВ В. И., ЧЕРНЫШЕВА О. А. Использование осадков городских сточных вод для выращивания сельскохозяйственных культур в условиях донецкого региона	56
СЕЛЬСКАЯ И. В., ФЕДОРОВА М. В., ХАРЧЕНКО Д. В. Вредные физические воздействия на организм человека	65
КАСИЛОВА О. М., СЕРДЮК А. И. Переработка отработанных свинцово-кислотных аккумуляторов электрохимическим методом с получением полезных материалов	67
САВЕНКОВА С. В., БАШЕВАЯ Т. С. Оценка уровня негативного воздействия автомобильного транспорта при его движении в жилой зоне на безопасность населения	70
НАУМЕНКО Д. С., КОКАРЕВА Я. А. Конструирование поверхности с переменным сечением	74
ГОЛОВАЧ Ю. А., ЗАХАРОВ В. И. Анализ методик расчета показателей надежности и нормативных данных при проектировании газовых сетей	78
МУЩАНОВ В. Ф., КАЩЕНКО М. П., СИВОКОНЬ Ю. В. Анализ развития конструктивных форм и методов расчета мембранных покрытий на прямоугольном плане	81
ШАМРИНА Г. В., КРИВЕНКО Е. А. Реализация современных тенденций проектирования мультикомфортных пассивных домов на примере архитектурных объектов в Великобритании	85
ТКАЧЕНКО Т. Н., ТЮТЕРЕВА Т. Н. Озеленение города Часов Яр	90
ГОРОЖАНКИН С. А., МИТЮШКИН А. Н. Повышение коэффициента наполнения дизельного ДВС регулированием фаз газораспределения	93
РОМЕНСКИЙ Д. И. Методика обследования и уточнения НДС уторного узла вертикальных цилиндрических резервуаров	98
САМОЙЛОВ В. В., РОМАНЧЕНКО А. К. Определение шероховатости поверхности минерального порошка	104

## CONTENTS

MUSHCHANOV VOLODYMYR, PRYADKO JURIY, RUDNEVA IRINA. Determination of trajectory destruction of roofs elements, formed by rigid wires of through section	3
LEVCHENKO VICTOR, LEVCHENKO DMITRY, GRIDINA ELENA, BAGNO MIKHAIL. Factor of Engineering Material capacity Decrease	7
ANDERZHANOVA EKATERINA, KOSHELEVA TATIANA. Strengthening of grounds of foundations of buildings in the difficult terms of modern city building	10
LEVIN VICTOR, SHABELNIK SERGEY. Calculation of the system of bearing walls of an underground part tower-type drop hammer taking into account features of coupling the separate flat elements	14
GOROKHOV YEVGEN, YUGOV ANATOLIY, IGNATENKO ROMAN. Evaluation of factors and their severity on choosing a rational method of erecting power transmission line metallic towers	18
CHIRVA ALEXANDER, MOROZOVA TATYANA, MALIKOV SERGEI. Investigation of the accuracy of the laser pointer directions	23
MUSHCHANOV VOLODYMYR, KUZNETSOV SERGEY, ZUBENKO GANNA, MOSKALENKO IVAN, PCHELNIKOV SERGIY, LOZINSKIY EDUARD, VASYLEV VOLODYMYR. Experimental determination of aerodynamic coefficients for coverages of different curvature of oil storage tanks	27
SHRAMKO DENIS, IHNO ANNA. Building system KUB-3V	35
MUSCHANOV VOLODYMYR, ORZHEHOVSKY ANATOLIY. Determination of the trajectory of the destruction of structures over the stadium as an example of the stadium «Metallurg» in Donetsk	40
MUSHCHANOV VOLODYMYR, VARDANYAN ARUSYAK. Research of features vat of sagging diaphragm coverage on an oval plan on the basis of the specified design of supporting contour	44
NEZDOIMINOV VIKTOR, GRIGORENKO NADEZHDA. Study the possibility of using vacuum sewer systems for the oxidation of organic contaminants	48
NAIMANOV AUBEKIR, IAKOVENKO ELENA. Modern problems of superficial flow in Ukraine	52
NEZDOIMINOV VIKTOR, CHERNIHEVA OKSANA. Use of a precipitation of city sewage for cultivation of crops in the conditions of the Donetsk region	56
SELSKAYA IRINA, FEDOROVA MARGARITA, KHARCHENKO DARIA. Physical noci-influences on human organism	65
KASILOVA OKSANA, SERDYUK ALEXANDER. Recycling of waste lead-acid batteries electrochemical method of obtaining useful materials	67
SAVENKOVA SVETLANA, BASHEVAYA TATIANA. Estimation of level of negative influence of motor transport at its motion in a dwelling area on safety of population	70
NAUMENKO DENIS, KOKAREVA YANA. Construction of variable section surface	74
GOLOVACH YULIA, ZAKHAROV VIKTOR. The analysis of the calculation technique of reliability indexes and normative data in the time of designing of gas-distributing systems	78
MUSHCHANOV VOLODYMYR, KASHCHENKO MARGARITA, SYVOKON YULIA. Analysis of development of structural forms and methods of calculation of membrane roofs on a rectangular plan	81
SHAMRINA GALINA, KRIVENKO EKATERINA. Realization of modern tendencies of planning of multicomfort passive houses on the example of architectural objects in Great Britain	85
TKACHENKO TATIANA, TUTEREVA TATYANA. Planting of greenery of city of Chasov Yar	90
GOROZHANKIN SERGII, MITUSHKIN ANTON. Increasing the rate of filling of the diesel engine control valve timing	93
ROMENSKY DENIS. Methods of examination and specification site stress-strain state unit of connection of walls with the bottom vertical cylindrical tanks	98
SAMOILOV VLADISLAV, ROMANCHENKO ALEXANDER. Determination of surface roughness of the mineral powder	104