

Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины  
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

# **СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Сборник научных трудов

Выпуск 44

## **БУДІВНИЦТВО ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА**

Збірник наукових праць  
Випуск 44

Зарегистрирован 21.11.2005 г. серия КВ № 10650 Государственным комитетом информационной политики, телевидения и радиовещания Украины.

Высшей Аттестационной Комиссией Украины включен в перечень научных диссертационных работ на соискание научных степеней доктора и кандидата наук (Постановление Президиума ВАК Украины от 11.10.2000 №1-03/8, перечень №6 - технические науки).

Симферополь  
«Национальная академия природоохранного  
и курортного строительства»  
2012

Збірник наукових праць  
«Будівництво та техногенна безпека»

Збірник включає статті науковців України, у яких висвітлені результати фундаментальних та прикладних наукових досліджень у галузі будівництва та техногенної безпеки.  
Для наукових працівників, аспірантів та спеціалістів у галузі будівництва.

Редакційна колегія:

Ажермачов Г.А., канд. техн. наук, Бекіров Е.А., докт. техн. наук, Боровський Б.І., докт. техн. наук, Бугаєвський Г.М. докт. фіз.-мат. наук, Ветрова Н.М., докт. техн. наук, Дворецкий О.Т., докт. техн. наук, Зайцев О.М., докт. техн. наук, Захаров Р.Ю., канд. техн. наук (відповідальний секретар), Лінченко Ю.П., канд. техн. наук, Любомирський М.В., канд. техн. наук, (зам. головного редактора), Морозов О.Д., канд. техн. наук, Нагаєва З.С., докт. архітектури, Ніколенко І.В., докт. техн. наук, Пашенцев О.І., докт. екон. наук, Саломатін В.М., докт. геол.-мін. наук, Сапронова З.Д., канд. геол.-мін. наук, Сироджа І.Б., докт. техн. наук, Стоянов В.У., докт. техн. наук, Чемодуров В.Т., докт. техн. наук, Федоркін С.І., докт. техн. наук, (головний редактор), Шаленний В.Т., докт. техн. наук, (зам. головного редактора), Ячменьова В.М., докт. екон. наук

Затверджено до друку згідно протоколу засідання вченої ради НАПКБ № 2 від 27.09.2012 р.

Адреса редакції: 95006 м. Сімферополь, вул. Павленко, 5, НАПКБ, корпус 2, к 410,  
E-Mail: rio@napsk.edu.ua.

©Национальная академия  
природоохранного  
та курортного будівництва,  
2012

Сборник научных трудов  
«Строительство и техногенная безопасность»

Сборник включает статьи ученых Украины, в которых освещены результаты фундаментальных и прикладных научных исследований в области строительства и техногенной безопасности.  
Для научных работников, аспирантов и специалистов в области строительства.

Редакционная коллегия:

Ажермачев Г.А., канд. техн. наук, Бекиров Э.А., докт. техн. наук, Боровский Б.И., докт. техн. наук, Бугаевский Г.Н. докт. физ.-мат. наук, Ветрова Н.М., докт. техн. наук, Дворецкий А.Т., докт. техн. наук, Зайцев О.Н., докт. техн. наук, Захаров Р.Ю., канд. техн. наук (ответственный секретарь), Линченко Ю.П., канд. техн. наук, Любомирский Н.В., канд. техн. наук (зам. главного редактора), Морозов А.Д., канд. техн. наук, Нагаева З.С., докт. архитектуры, Николенко И.В., докт. техн. наук, Пашенцев А.И., докт. техн. наук Саломатин В.Н., докт. геол.-мин. наук, Сапронова З.Д., канд. геол.-мин. наук, Сироджа И.Б., докт. техн. наук, Стоянов В.У., докт. техн. наук, Чемодуров В.Т., докт. техн. наук, Федоркин С.И., докт. техн. наук, (главный редактор), Шаленний В.Т., докт. техн. наук, (зам. головного редактора), Ячменева В.М., докт. экон. наук

Утвержден к печати согласно протокола заседания ученого совета НАПКБ № 2 от 27.09.2012 г.

Адрес редакции: 95006 г. Симферополь, ул. Павленко, 5, НАПКБ, корпус 2, к 410,  
E-mail: rio@napsk.edu.ua.

© Национальная академия  
природоохранного  
и курортного строительства,  
2012

## СОДЕРЖАНИЕ

### РАЗДЕЛ 1.

#### АРХИТЕКТУРА

- Панченко Н.В. Некоторые особенности определения сметной стоимости строительства социального жилища 5
- Сидорова В.В., Бройченко Т.С. История развития океанариумов в мире 7

### РАЗДЕЛ 2.

#### СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

- Кореньков П.А., Жигна В.В. Анализ опасности прогрессирующего обрушения монолитного железобетонного каркаса 22-х этажного торгово-офисного центра в г. Севастополе 14
- Меннанов Э. М., Лебедева Л.И., Меннанов Э. М. Прочность соединений рабочей арматуры класса А500С в Железобетонных конструкциях 22
- Лившиц Б.Р. Исследование расширения эксплуатационных возможностей СПБУ 29
- Сребняк В.М., Жигна В.В., Жигна М.В. Комбинированные несущие конструкции покрытий зданий из холодногнутых сварных труб и материалов на основе древесины и пластмасс 36

### РАЗДЕЛ 3.

#### СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- Елькина И.И., Федоркин С.И. Влияние карбонизации на прочность прессованных образцов из отходов горных пород на цементном и известково-цементном вяжущем 41
- Пинчук Е.А. К вопросу прочности фанерных стенок деревофанерных балок переменной высоты 45

### РАЗДЕЛ 4.

#### ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, МЕХАНИКА И СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ

- Литовченко П.А. Панасюк Т.В. Буроинъекционные сваи с локальным укреплением грунта, проблемы расчета и проектирования 54
- Сухорученко С.К. Уравнения регрессии прочностных характеристик лёссовых просадочных грунтов Равнинного Крыма 58

### РАЗДЕЛ 5.

#### ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

- Осипов С.А. Обоснование и выбор рациональных методов реставрации арочных конструкций и сводов памятников архитектуры. Влияющие факторы 64
- Черненко К. В. Визначення організаційно-технологічних рішень методів монтажу великорозмірних покриттів 69

**РАЗДЕЛ 6.  
ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

<b>Иванютин Н.М., Пасынков А.А. Анализ изменения экологического состояния геологической среды штормового газоконденсатного месторождения в северо-западной части акватории черного моря</b>	<b>78</b>
<b>Пашенцева Л. В. Влияние нарушения гидравлической устойчивости на надежность системы теплоснабжения</b>	<b>85</b>
<b>Сапронова З.Д., Муровская А.С. Анализ поступления загрязняющих веществ с ливневыми стоками в прибрежную зону черного моря (на примере г. Феодосия)</b>	<b>89</b>
<b>Сидорова В.В., Бурлакова Д.С. Проблема сохранения природной среды при формировании объектов туризма в горном Крыму</b>	<b>94</b>
<b>Боровский Б.И., Котовская Е.Е. Математическая модель очистки природной воды в осветлителе установки с плавающей фильтрующей загрузкой с учётом влияния дозы реагента</b>	<b>100</b>

**РАЗДЕЛ 7.  
ВОДООБЕСПЕЧЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ, ГИДРОМЕЛИОРАЦИЯ,  
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ЭНЕРГЕТИКА**

<b>Боровский Б.И., Атрощенко С.Ю. Эколого-экономическая оценка использования современного котельного оборудования в сельском населенном пункте</b>	<b>105</b>
<b>Каркач Д. В. Расчет инсоляции и определение оптимальной пространственной ориентации гелиоприемника</b>	<b>107</b>
<b>Муровский С.П., Сокут Л.Д. Оптимизация состава и структуры автономных систем энергоснабжения на основе возобновляемых источников энергии</b>	<b>115</b>
<b>Аннотации на украинском языке</b>	<b>125</b>

## РАЗДЕЛ 1. АРХИТЕКТУРА

*УДК 728.14*

### НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕТНОЙ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА СОЦИАЛЬНОГО ЖИЛИЩА

**Панченко Н.В., к.т.н., доцент**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

В данной статье выполнен анализ порядка определения сметной стоимости строительства. Показаны основные направления по созданию нормативных предпосылок для минимизации сметной стоимости социального жилья проектировщиками (в т.ч. и сметчиками). Предложено определить государственную базовую стоимость квартиры социального жилища.

**Стоимость, строительство, жилище, смета**

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Сметная стоимость строительства зданий и сооружений, в том числе и домов социального жилища, практически всегда изменяется в большую сторону на протяжении всего срока создания объекта – от архитектурно-планировочного задания и проектирования до сдачи объекта в эксплуатацию. Такое состояние дел по определению стоимости строительства жилья не только не позволяет эффективно планировать капитальные вложения, но практически в грубейшей форме противоречит требованиям государства по снижению стоимости строительства социального жилья и уменьшению эксплуатационных затрат на его содержание .

#### **АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ**

Ценообразование при создании социального жилья имеет свои особенности и является важнейшим фактором его планирования, строительства и дальнейшей эксплуатации на протяжении всего жизненного цикла жилого здания. В Украине, нормативной базой для ценообразования в строительстве является ДБН Д.1.1-1-2000 «Правила определения стоимости строительства»[1]. Согласно данному нормативному документу, основной задачей ценообразования в строительстве является;

- обеспечение стоимости строительства на всех стадиях инвестирования;
- повышение эффективности капитальных вложений, обеспечение экономии финансовых и других ресурсов, внедрение достижений науки, техники, передового отечественного и зарубежного опыта в строительном производстве, применении новых материалов, изделий и конструкций, организационных мероприятий и т.п.

Этим же документом устанавливаются правила определения сметной стоимости строительства в разделе 3 ДБН Д.1.1-1-2000 [1]. Так, стоимость строительства определяется на трех основных этапах :

- 1) на стадии проектирования - сметная стоимость строительства в составе проектно-сметной документации заказчика;
- 2) на стадии определения исполнителя работ (подрядчика) - цена тендерного предложения (договорная цена, которая может устанавливаться как твердая, динамическая, периодическая);
- 3) на стадии проведения взаиморасчетов - уточняются отдельные стоимостные показатели, определенные на предыдущих стадиях, в зависимости от вида договорной цены, предусмотренной в договоре на строительство.

Из изложенного выше очевидно, что действующие правила способствуют изменению сметной стоимости, а практика подтверждает, что изменения осуществляются только в сторону увеличения стоимости строительства. К сожалению, это не противоречит одной из основных задач ценообразования в строительстве ( п.1.1.1,

ДБН Д.1.1-1-2000), но в тоже время, это скрытая предпосылка повышения стоимости строительства жилья, что разрушает реализацию социальной программы государства по обеспечению жильем миллионов очередников и не позволяет государству осуществлять перспективное и текущее планирование капитальных вложений на решение проблемы социального жилища.

### ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Цель данной статьи заключается в анализе определения стоимости строительства жилых домов на всех этапах его создания – от технического задания на проектирование до сдачи объекта в эксплуатацию. Задача такого анализа - изыскать возможности по исключению предпосылок, позволяющих изменять сметную стоимость строительства в сторону его увеличения, что особо важно при планировании и реализации программы по социальному жилищу.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

В общем, полная сметная стоимость строительства жилого дома ( $C_{\text{общ}}$ ), как и любого объекта, складывается из затрат на получение технических условий ( $C_{\text{ту}}$ ), проектно изыскательских работ ( $C_{\text{пр}}$ ), проведение экспертизы проектно-сметной документации ( $C_{\text{экс}}$ ), затрат на содержание службы заказчика и авторского надзора ( $C_{\text{заказ}}$ ), выполнения строительно-монтажных работ и приобретения строительных материалов, конструкций, изделий ( $C_{\text{смр}}$ ), приобретения и установки оборудования ( $C_{\text{обор}}$ ), а также прочих затрат ( $C_{\text{проч}}$ ).

$$C_{\text{общ}} = C_{\text{ту}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{экс}} + C_{\text{заказ}} + C_{\text{смр}} + C_{\text{обор}} + C_{\text{проч}} \quad (1).$$

Распределение сметной стоимости строительства по группам затрат с указанием их удельного веса в общей стоимости образует структуру сметной стоимости строительства. Примерная структура такой стоимости представлена в таблице 1.

Таблица 1

### Структура сметной стоимости строительства

№п/п	Группы затрат	Жилищное Строительство, %
1	Затраты на технические условия, проектные работы, экспертизу, содержание службы заказчика, технический и авторский надзор	10 - 5
2	Затраты на строительно-монтажные работы	75 - 85
3	Затраты на приобретение оборудования, инвентаря	5 - 3
4	Прочие затраты	10 - 7
5	Всего	100

Одной из основных причин, не соответствия проектной сметной стоимости возводимого жилья фактической, является низкое качество нормативных документов, с точки зрения рационального использования потенциала проектировщиков. Действующие, в настоящее время, нормативные документы, регламентирующие порядок создания планируемого к строительству жилого дома, позволяют проектировщикам по своему усмотрению применить в проекте любые строительные материалы, конструкции, инженерные системы, предусматривать различные способы возведения здания и т.д. Сметчики, в свою очередь, строго придерживаются проектных решений, но при этом довольно субъективно применяют расценки. Таким образом, сметчики выполняют первую, и не главную, половину основной задачи ценообразования - обеспечение определения стоимости строительства на всех его стадиях (п.1.1.1, ДБН Д.1.1-1-2000), а вторую, главную, половину своей задачи они не выполняют и в полном объеме не могут выполнить, т.к. эти задачи могут выполнить только проектировщики в процессе разработки проектной документации. Для проектировщиков и сметчиков, величина сметной стоимости объекта не регламентируется нормативными документами. Разработав

проект и определив его сметную стоимость, они декларируют фактически полученные ими результаты. Заказчик, в данном случае государственный орган, анализируя затраты на строительство жилья, сравнивает фактические удельные значения групп затрат с эмпирически значениями выраженными в процентах (по опыту прошедших лет), а не в денежном исчислении, что практически скрывает процесс увеличения стоимости строительства жилья, как и любого другого объекта. Такой подход к стоимости строительства жилья некорректный и экономически не выгодный государству, планирующему строительство социального жилья за счет бюджетных средств. Чтобы проектировщики (и сметчики в том числе, т.к. они входят в состав проектной организации) стремились к созданию домов социального жилища с минимальной сметной стоимостью, путем применения рациональных архитектурно-планировочных решений, минимизации материалоемкости конструктивных решений, применяли местные строительные материалы, использовали новейшие достижения в области строительства, государству необходимо установить основные параметры (конструктивные, технологические, стоимостные) создания социального жилища. *Стоимостным параметром, например, может быть стоимость базовой однокомнатной квартиры социального жилья (а не стоимость одного квадратного метра общей площади), или стоимость дома социального жилья на определенное количество квартир, или стоимость микрорайона социального жилья на определенное количество домов (квартир).* Такой параметр может быть (и должен им быть) главным при планировании, проектировании, строительстве и вводу в эксплуатацию социального жилья. Его можно назвать-«**базовая цена социального жилья**».

#### **Выводы**

Определение сметной стоимости строительства социального жилья, в соответствии с действующими нормативными документами, для государства, экономически не выгодно, так как не позволяет осуществлять реальное планирование бюджетных средств на решение острой проблемы по обеспечению жильем социально незащищенных слоев населения. Дальнейшие исследования позволят разрабатывать рациональные архитектурно-планировочные, конструктивных энергоэффективные решений для зданий социального жилища. Для каждой местности разработать предложения по применению местных строительных материалов. Определить нормативные параметры (площади комнат и вспомогательных помещений, этажность, наличие балконов, других параметров, например наличие площадок для личного автотранспорта и т.п.) для проектирования домов социального жилища. В конечном итоге, это позволит снизить стоимость строительства социального жилья.

#### **Список используемых источников**

1. ДБН Д.1.1-1-2000 Правила определения стоимости строительства.
2. Панченко Н.В., Пчельников В.Н. Социальное жилище, течественный и зарубежный опыт // Технічна естетика і дизайн. Наук.зб.- К.: КНУБА, 2011. – Вип.9.-С.211-217.
3. Панченко Н.В., Пчельников В.Н. Типология рационального социального жилища // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Наук.зб.- К.: КНУБА, 2011. – Вип.88.-С.252-256.

**УДК 727.63**

### **ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ОКЕАНАРИУМОВ В МИРЕ**

**Сидорова В.В. аспирант, Бройченко Т.С. студентка группы ГС-631**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

Проводится анализ развития океанариумов: от первых публичных аквариумов до современных комплексов экспозиционных бассейнов и аквариумов, в соответствии актуальным потребностям и техническим возможностям людей.

Дано определение океанариума. Рассмотрено: формирование и преобразование экспозиций морской природы в хронологическом порядке в мире; факторы, повлиявшие на развитие океанариумов; современные океанариумы, их процентное соотношение в мире.

**Океанариум, публичные аквариумы, экологические факторы, функции, тенденции, особенности, конструкции.**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Океан, справедливо называемый колыбелью всего живого на Земле, не перестает волновать умы человечества. Несмотря на его такое близкое, непосредственное соседство с сушей, которую люди облюбовали для жизни, невзирая на все попытки заглянуть в его глубины в поисках разгадок его многочисленных тайн, он по-прежнему остается непознанным, удивительным, загадочным. Он совсем не спешит раскрывать людям свои секреты и чудеса.

Но человек упрям. Его стремление если не покорить, то хотя бы чуточку проникнуть в тайны океанских глубин неискоренимо на протяжении тысячелетий. По свидетельству Аристотеля, еще в 332 году до н.э. Александр Македонский при посредстве водолазного колокола опускался на морское дно.

С тех пор человечество изобрело множество способов личного ознакомления широких масс отдыхающих, трудящихся с миром водных глубин. Самым доступным из этих способов, как финансово, так и медико-физиологически - посещение океанариумов.

Современные океанариумы – это целые научные центры со своими лабораториями, библиотеками и фондохранилищами. В некоторых крупных океанариумах полностью воспроизводят картину морского дна и в такой естественной экосистеме животные чувствуют себя как дома. Зрители тоже довольны возможностью понаблюдать за ними в их естественной среде обитания.

Океанариум играет важную роль в научно-просветительском отношении людей относительно морских организмов. Океанариум – это не только место отдыха и развлечений, но и научно-исследовательская база для изучения фауны со всех уголков света. Ведь количество морских обитателей в аквариумах даже небольшого океанариума огромно. Посетители могут увидеть любого представителя моря и океана и получить научную консультацию от сотрудников данного учреждения. Отсюда такая популярность океанариумов.

### **АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ**

Крупнейший научно-исследовательский центр подводных биотехнических систем в Украине – Научно-исследовательский центр вооружённых сил Украины, Государственный океанариум, который находится на побережье Севастополя. Основные направления деятельности океанариума: морские биотехнические системы; подводно-технические работы; проблемы гидробионики, сохранения и восстановления редких и исчезающих видов растений и животных; общей и прикладной экологии. Научно-методический потенциал и экспериментальная база позволяют проводить многоплановые исследования на берегу и в акватории, а также на глубинах до 2000 метров [3].

В 2010 году в Москве, в Институте Океанологии им. Ширшова была проведена VII Международная научно-практическая конференция «Аквариум как средство познания мира».

К сожалению, в Украине очень скудная библиотека по проектированию и формированию океанариумов.

Кочнев А.В. является одним из немногих российских экспертов по проектированию и организации океанариумов [4].

Всемирной ассоциацией зоопарков и аквариумов (WAZA) составлен этический кодекс и обязательства членов. В кодексе представлены принципы, которыми обязаны руководствоваться все члены WAZA. Также, оговорено то, что члены WAZA должны в любых ситуациях действовать в соответствии с местными, национальными и

международными законами, стремясь к выполнению самых высоких требований во всех областях деятельности. Особое внимание уделено благополучию животных [8].

В мире построено более сотни океанариумов. Самое большое количество океанариумов – в Японии, что совершенно не удивляет, ведь близость Тихого океана позволяет производить отлов самых редких и интересных видов морских обитателей.

Украина, как развивающаяся страна, должна перенимать лучшие тенденции и опыт других стран по размещению океанариумов в наиболее туристически притягательных местах. Для лучшей реализации проектов необходимо проведение исследований по данной тематике.

### **ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Цель статьи – провести рассмотрение существовавших на протяжении своей истории океанариумов и их видоизменение в соответствии с современными потребностями людей в отдыхе и развлечениях, и технологическими возможностями.

Задачи: 1. Систематизировать в хронологическом порядке знаковые в истории формирования океанариумов публичных экспозиций морских обитателей. 2. Рассмотреть современные океанариумы и ситуацию их распределения в мире.

### **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ**

Методикой исследования является научный анализ и систематизация полученных данных.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ**

Океанариум, океанарий, бассейн с морской водой, предназначенный для содержания морских животных: беспозвоночных, рыб, пресмыкающихся, млекопитающих. Как правило, в океанариумах имеется несколько бассейнов различного объёма. В небольших содержат мелких рыб и беспозвоночных; одну из боковых стенок делают прозрачной для наблюдения за их обитателями. В крупные помещают больших рыб, черепах, ластиногих, сирен, китообразных; в стенах имеются смотровые окна; сбоку в виде амфитеатра расположены места для зрителей [6].

Первый в мире океанариум открыт в 1928 году в штате Флорида (США).

Вторая мировая война почти ничего не оставила от экспозиционной аквариумистики в европейских странах.

После 1945 года наибольшее количество публичных аквариумов и океанариумов действовало в США.

Самая первая экспозиция аквариумов приняла посетителей в 1849 году в Риджент-Парке Лондоне. Затем, в 1860 году был открыт первый материковый морской публичный аквариум в Вене. В Париже – в 1861 году, в Берлине – в 1869 году (первый морской публичный аквариум с искусственной соленой водой). В США первые два публичных аквариума открылись в 1865 году – сначала в Нью-Йорке, а затем в Бостоне (в последнем даже содержались акулы и скаты). Во Франкфурте-на-Майне публичный океанариум был открыт в 1877 году.

В 1960-е годы стремительно догонять США начала Япония, а уже в 1970–1980-х годах обе страны разделили лидерство в этой области. В настоящее время быстро растет количество подобных учреждений в Западной Европе, Юго-Восточной Азии и Китае.

В России широкая публика впервые увидела аквариумы в 1863 году на Первой акклиматизационной выставке в Москве. А всего в период с 1863 по 1913 годы в разных городах Российской Империи состоялось более 120 публичных демонстраций обитателей аквариума – больше, чем во всех государствах Европы вместе взятых.

В 1864 году открытие Московского зоопарка сопровождалось организацией первой аквариумной выставки. Она создавалась как «Морской аквариум» (за год до открытия первых морских публичных аквариумов в США). Однако использовать аквариум по назначению не удалось, и его приспособили под водоплавающих птиц.

Первый публичный морской аквариум Российской империи был открыт в 1897 году в цокольном этаже здания Севастопольской биологической станции и успешно работает до сих пор.

Океанариум – это специфическая искусственная среда обитания, в которой должны быть обеспечены максимально приближенные условия для жизни морских обитателей. Организация океанариумов должна удобно сочетать потребности животных с потребностями посетителей (смотри рис.1 и рис.2).

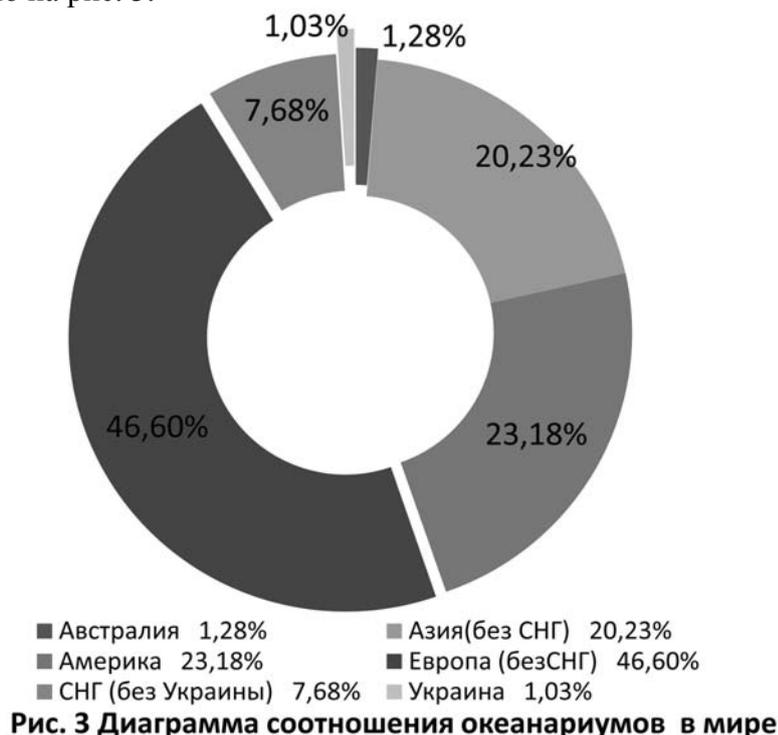


**Рис.1. Схема потребностей животных**

**Рис.2. Схема потребностей посетителей**

Впечатления, которые оставляет посещение современных океанариумов, можно охарактеризовать лишь как волшебные, восхитительные, незабываемые. Вспомните, как притягивает прохожих простейший 500-литровый аквариум в торговом центре. А теперь представьте такой же, но на миллион литров и с акулами, черепахами, пингвинами и аквалангистами. А ведь сооружений такого масштаба в мире десятки, но, к сожалению, ни одного на территории Украины.

Процентное распределение публичных океанариумов и сходных с ними объектов в мире представлено на рис. 3.



**Рис. 3 Диаграмма соотношения океанариумов в мире**

Рассмотрим самые грандиозные океанариумы мира:

### **1. OCEANÁRIO DE LISBOA, ЛИССАБОН, ПОРТУГАЛИЯ.**

Открытый в 1998 году самый большой в Европе Лиссабонский океанариум состоит из центрального резервуара размером 32 x 23 м и объемом около 5 тысяч кубометров, который окружают четыре водоема меньших размеров, представляющих Тихий и Атлантический океаны, а также обитателей арктических и антарктических вод. В общей сложности в океанариуме содержится более 8 тысяч морских обитателей и 500 видов растений.

### **2. L'OCEANOGRÀFIC, г. ВАЛЕНСИЯ, ИСПАНИЯ (РИС.4).**



Рис. 4. L'Oceanogràfic, Валенсия, Испания

Океанариум Валенсии находится в самом центре футуристического города Искусств и Наук. Это самый крупный в Европе океанографический парк, расположенный на открытом воздухе. Он занимает площадь более 110 тысяч м<sup>2</sup>. Основное здание в форме водяной лилии было спроектировано известным испанским архитектором Феликсом Канделой. В L'Oceanogràfic проживает 45000 рыб и морских животных, которые представляют собой экосистемы Средиземного моря, Арктики и Антарктики, а также тропических морей.

### **3. AQWA, г. ПЕРТ, АВСТРАЛИЯ.**

Океанариум австралийского города Перт примечателен наличием эндемических австралийских морских обитателей, собранных со всего побережья Западной Австралии. Основной аквариум имеет размеры 40x20 м и глубину 4,5 м. Но более всего посетителей привлекает 98-метровый подводный туннель с полностью прозрачными стенками, через которые можно понаблюдать за живописными коралловыми рифами, морскими звездами, акулами, черепахами и тюленями.

### **4. THE OKINAWA SHURAUMI AQUARIUM, г. ОКИНАВА, ЯПОНИЯ.**

До постройки океанариума в Атланте «Окинава Тюрауми» считался крупнейшим в мире сооружением подобного рода. Японский океанариум устроен с таким расчетом, чтобы наиболее полно отобразить морскую жизнь японских островов, и разделен на три зоны. Сначала посетители осматривают мир мелководья и коралловых рифов и постепенно спускаются вглубь аквариума к обитателям вод теплого течения Курошио и далее к жителям таинственных глубин, обычно скрытых от любопытных взглядов.

### **5. THE AQUADOM, г. БЕРЛИН, ГЕРМАНИЯ.**

Построенный в пятизвездочном берлинском отеле Radisson SAS огромный аквариум можно назвать самым впечатляющим океанариумом мира. Возвышающийся в атриуме отеля гигантский цилиндр имеет высоту более 25 м и наружный диаметр 11 м. Объем аквариума составляет почти миллион литров воды и в нем обитает более 2600 рыб 56 разновидностей. Внутри цилиндра ходит прозрачный двухэтажный лифт, неспешно доставляющий посетителей и туристов из холла первого этажа через весь аквариум на

верхнюю смотровую площадку, расположенную под большим стеклянным куполом отеля. Лифт может вместить в себя одновременно 30 человек.

#### **6. THE GEORGIA AQUARIUM, Г. АТЛАНТА, США (РИС.5)**



**Рис.5. The Georgia Aquarium, Атланта, США**

Самый большой океанариум в мире емкостью более 31 тыс.м<sup>3</sup> содержит более 100 тысяч обитателей водных глубин. По форме здание аквариума напоминает огромный круизный лайнер, разделенный на 60 отдельных аквариумов. Самый большой аквариум занимает примерно три четверти всего объема здания. Там живут две китовых акулы, которых относят к самым крупным рыбам в океане. Океанариум Атланты не только развлекательный центр, который за год посещает более 2 млн. человек, но и также серьезная база для океанологических исследований [1,4].

#### **7. DUBAI AQUARIUM & DISCOVERY CENTRE, ДУБАИ, ОАЭ.**

В океанариуме Дубаи обитает около 33000 рыб и морских животных 85 различных видов. Его гигантское смотровое окно занесено в книгу рекордов Гиннеса как «самая крупная в мире акриловая панель». Её длина 32,88 м, ширина 8,3 м, толщина 750 мм. Океанариум в Дубаи является частью огромного торгово - развлекательного центра, который был открыт в ноябре 2008 года.

Привлечение, избалованной зрелищами публики диктует все новые и новые требования не только к разнообразию представленных в экспозициях видов, но и к зрелищности, масштабам экспозиций, наглядности и антуражу. Как следствие, современные океанариумы - это не только аквариумы с тропическими рыбками, но и гигантские бассейны с касатками и акулами. Подводные туннели с полностью прозрачными стенками, через которые можно наблюдать за живописными коралловыми рифами, морскими звездами, акулами, черепахами и тюленями. Аквариумы, построенные вокруг лифтов [4].

В вопросе зрелищных демонстраций играют немалую роль и передовые технологии. Так, для океанариума «Окинава Турауми» компания «Ниппура» создала уникальные акриловые стекла поразительной величины и прозрачности, попавшие в «Книгу рекордов Гиннеса», как самые крупные в мире[3].

При проектировании современных океанариумов учитываются: принципы функционального зонирования, основанные на многолетних исследованиях поведения животных; взаимодействие структур экспозиционных учреждений, передвижения посетителей и их потребности.

#### **Выводы**

1. Рассмотрены этапы развития океанариумов мира на основе самых известных экспозиций.
2. Проанализированы схемы-требования к современным океанариумам с учетом потребностей не только посетителей, но и живых экспонатов.

3. Выявлены лидирующие регионы мира по размещению океанариумов и рассмотрены ведущие океанариумы, в которых используются современные инновационные технологии

4. В связи с отсутствием крупных экспозиционных океанариумов в Украине, существует необходимость изучения соответствующих международных требований и тенденций по их формированию. По нашему мнению, наиболее благоприятно и актуально расположение крупного океанариума в Крыму. А именно, в одном из центров курортов (г. Ялта, г. Алушта). Здесь есть все условия и предпосылки. Наличие подобного сооружения, несомненно, повысит уровень рекреации, даст возможность для изучения обитателей вод и, что немаловажно, будет финансово выгодно.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Всё об океанариумах, аквагалереях и дельфинариях. Сайты океанариумов мира [Электронный ресурс] - Режим доступа к официальному сайту: <http://www.oceanarium.su/saity-oceanariumov.html>.
2. Научно-исследовательский центр вооружённых сил Украины. Государственный океанариум [Электронный ресурс] - Режим доступа к официальному сайту: <http://oceanarium.org.ua/index.php?c=his#cont>.
3. Океанариум «Окинава Тураюми» [Электронный ресурс] /Японский блог «сад камней» - 28.12.2008. - Режим доступа к электронному ресурсу: <http://blog-japan.ru/?p=85>.
4. Самые грандиозные океанариумы мира. The Georgia Aquarium, Атланта, США [Электронный ресурс] - Режим доступа к электронному ресурсу: <http://www.ambitour.ru/article.php?id=604>.
5. Скуратова Л.С Основные принципы проектирования зоопарков / Скуратова Л.С. // ВЕСТНИК АлтГТУ им. И.И. Ползунова. - 2010. – Вып. 1-2 - С. 68-72.
6. Словари и энциклопедии на Академике. Большая Советская энциклопедия. [Электронный ресурс] - Режим доступа к электронному ресурсу: [dic.academic.ru/dic.nsf/bse/115843/Океанариум](http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/115843/Океанариум).
7. Сокольская О. Б. Ландшафтная архитектура: специализированные объекты: учеб. пособие для студ. высш. учеб. Заведений / О. Б. Сокольская, В. С. Теодоронский, А. П. Вергунов. – М. : Изда-тельский центр «Академия», 2007. – 224 с.
8. Этический кодекс и обязательства членов Всемирной ассоциации зоопарков и аквариумов (WAZA) в отношении благополучия животных [Перевод Т.Д. Аржановой, С.В. Попова] / Научные исследования в зоологических парках. Московский зоологический парк. – 2006. - Вып. 20 – С. 45-56. Режим доступа к статье: <http://www.oceanarium.su/profes-sionalam/prof-akvariumnye-galerei/>.

## РАЗДЕЛ 2.

### СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

УДК 624.046; 624.012.45

Кореньков П.А., аспирант, Жигна В.В., к.т.н., доцент

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

#### АНАЛИЗ ОПАСНОСТИ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА 22-Х ЭТАЖНОГО ТОРГОВО-ОФИСНОГО ЦЕНТРА В Г. СЕВАСТОПОЛЕ

Приведены результаты расчетного анализа проекта 22-этажного торгово-офисного центра в г. Севастополе на устойчивость к прогрессирующему обрушению и различной интенсивности сейсмического воздействия

**Здания многоэтажные, сейсмостойкость, железобетонные каркасы, аварии, постпредельное состояние, прогрессирующее обрушение**

#### ВВЕДЕНИЕ.

В инженерной практике специалистам часто приходится производить расчеты на различные нагрузки аварийного характера: учет сейсмического воздействия, взрывы, явления прогрессирующего обрушения. Очевидно, что учет этих факторов применительно к железобетонным зданиям может привести к увеличению количества арматуры и как следствие отразится на стоимости здания. Какой из этих неблагоприятных факторов аварийных воздействий будет наиболее однозначно ответить сложно.



**Рис.1. Проектируемое здание**

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ.

Согласно Приложения «Е» ДБН В.2.2-24:2009 [3] с 1 сентября 2009 г. для всех высотных железобетонных монолитных зданий при проектировании рекомендуется выполнять оценку сопротивляемости конструктивной системы прогрессирующему обрушению. Методик проведения оценки ДБН не приводит, однако предписывает производить расчет конструктивных систем методом конечных элементов с использованием специальных сертифицированных в Украине компьютерных программ. Допускается вместо расчета против ПО рассчитывать здания на сейсмическое воздействие эквивалентное 6 баллам [8].

Ранее группой специалистов НИИЖБ (д.т.н. Залесов А.С.), МНИИТЭП (инженеры Шапиро Г.И., Эйсман Ю.А., к.т.н. Коровкин В.С.), РААСН (д.т.н. Травуш В.И.) и НИЦ СтаДиО (к.т.н. Стругацкий Ю.М.) были разработаны рекомендации [1-5]. Рекомендации имеют схожее содержание, отличаясь лишь в разделе конструктивных решений, где учитывается специфика конкретного типа здания. Эти рекомендации предписывают производить расчет кинематическим методом теории предельного равновесия, задаваясь четырьмя наиболее опасными механизмами возможного прогрессирующего обрушения. Реализация данных механизмов для каждого здания индивидуальна.

### ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Целью данной работы является сравнительная оценка двух типов аварийного воздействия. Для получения сравнительных величин расчет каркаса выполнен в двух вариантах:

1. Оценка опасности прогрессирующего обрушения (ПО) по методике, приведенной в [5,6];
2. Расчет на различную интенсивность сейсмического воздействия (6, 7 и 8,5 баллов) в ПК «Лира 9.6».

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.

Поскольку проектируемое здание относится к категории высотных [3,4] (отметка верха покрытия +78,000), то требуется обеспечить его сопротивляемость к прогрессирующему обрушению (ПО). Проектом была обеспечена **пластическая работа** элементов конструктивной системы в предельном состоянии. Анализ опасности ПО выполнен в соответствии с Рекомендациями [5,6]. В настоящей работе производилось удаление двух крайних пилонов, как наиболее уязвимых, а также среднего пилон с наибольшей грузовой площадью. Удаляются пилоны, обозначенные символами #1, #2 и #3 (Рис.2.)

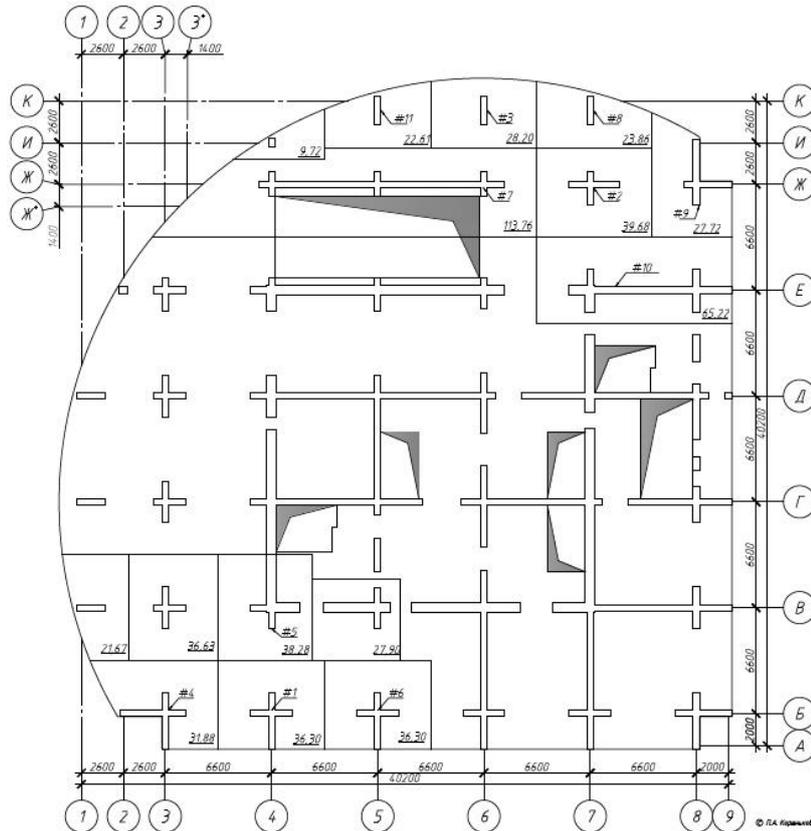
Расчет произвели на особое сочетание нагрузок и воздействий, включающее постоянные и временные длительные нагрузки, а также воздействие гипотетических локальных разрушений несущих конструкций. Величины нагрузок определяли в соответствии с [2]. При этом коэффициенты сочетаний нагрузок и коэффициенты надежности по нагрузке приняты равными единице.

Расчетные прочностные и деформационные характеристики материалов приняты равными их нормативным значениям согласно действующим нормам проектирования [2].

Варианты расположения гипотетических локальных разрушений типового этажа, подлежащие проверке на устойчивость к прогрессирующему обрушению показаны, на Рис.2.. Границы грузовых площадей для вертикальных конструкций показаны линиями, в правом нижнем углу указано значение грузовой площади каждого пилон на стадии эксплуатации.

Несущая система здания представляет собой стены из монолитного железобетона с отдельными пилонами прямоугольной и крестообразной формы. Толщина пилонов 40 см, длина пилонов до 350 см. Перекрытия и покрытия - монолитные, толщиной 20 см, приняты ортотропными, симметрично армированные. Ограждающие конструкции выполнены из трехслойных панелей. Все несущие конструкции здания выполнены из тяжелого бетона класса В25. Рабочая арматура А400. План типового этажа здания представлен на Рис.2.

Нормативные равномерно распределенные нагрузки на перекрытии: собственный вес  $5,5 \text{ кН/м}^2$ ; вес пола в здании  $2 \text{ кН/м}^2$ ; длительная временная нагрузка от людей в здании и на балконах  $2,5 \text{ кН/м}^2$  [2]. Суммарная равномерно распределенная нагрузка: в здании  $10 \text{ кН/м}^2$ ; Вес наружных стен  $7,7 \text{ кН/пог. м}$ .



**Рис.2. План типового этажа**

При каждом выбранном локальном разрушении были рассмотрены все указанные ниже возможные механизмы прогрессирующего обрушения применительно к рассматриваемой конструктивной схеме:

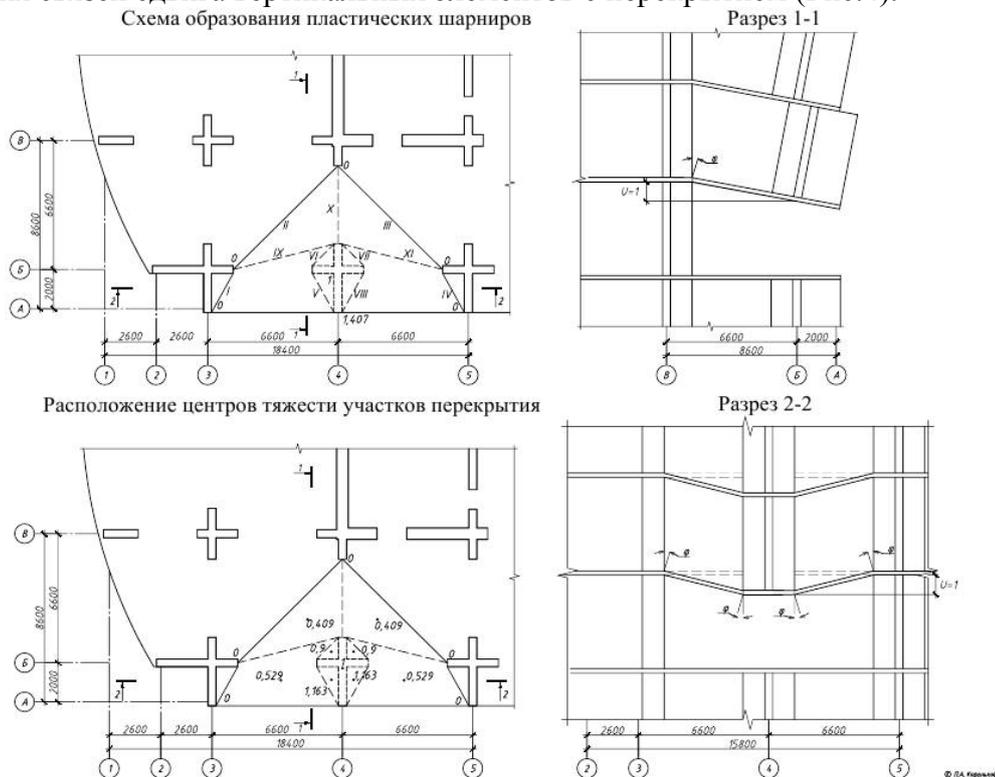
- Первый механизм прогрессирующего обрушения характеризуется одновременным поступательным смещением вниз всех вертикальных конструкций (или отдельных их частей), расположенных над локальным разрушением (Рис.3).

Схема образования пластических шарниров



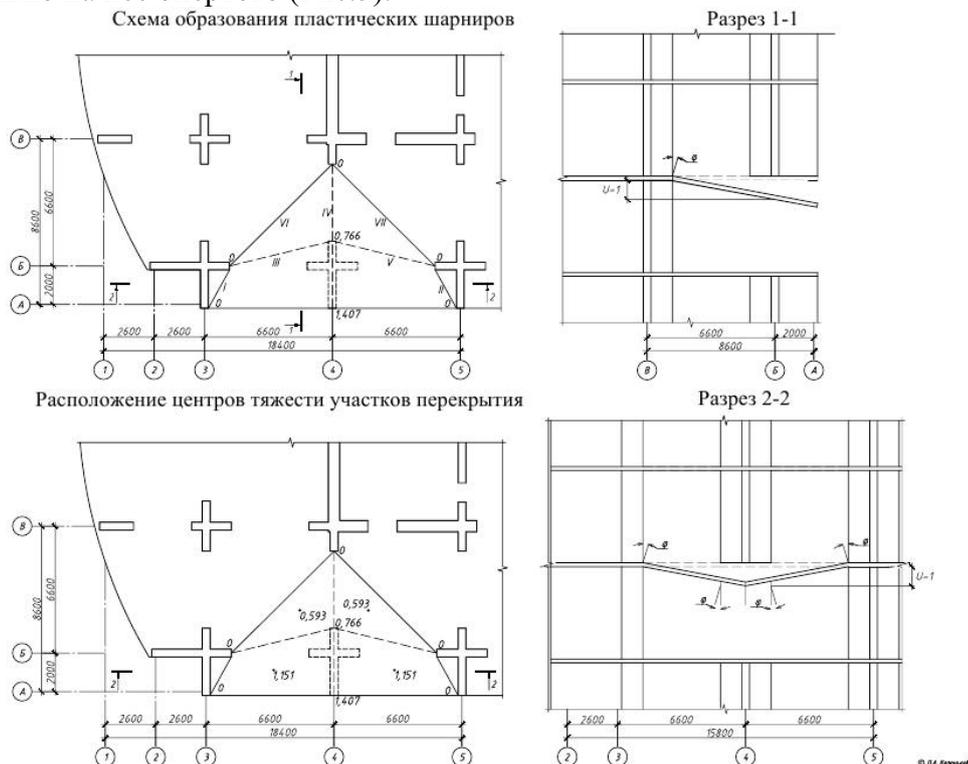
**Рис.3. Первый механизм ПО**

- Механизм прогрессирующего обрушения второго типа характеризуется одновременным поворотом каждой конструктивной части здания, расположенной над локальным разрушением, вокруг своего центра вращения. Такое смещение требует разрушения имеющихся связей этих конструкций с неповрежденными элементами здания; разрушения связей сдвига вертикальных элементов с перекрытием (Рис.4).



**Рис.4. Второй механизм ПО**

- Третий механизм обрушения - это условие не обрушения только участка перекрытия, расположенного непосредственно над выбитой вертикальной конструкцией и первоначально на нее опертого (Рис.5).



**Рис.5. Третий механизм ПО**



В ходе проведенных исследований было установлено, что для проекта данного здания при локальном разрушении отдельных опор (пилонов) в пределах одного этажа, из четырех возможных механизмов обрушения наиболее опасным является механизм первого типа.

В конструкциях перекрытия, запроектированных под интенсивность сейсмической нагрузки 6 баллов для противодействия прогрессирующему обрушению количество арматуры необходимо увеличить в 2 - 2,5 раза. Для конструкций, рассчитанных при учете сейсмического воздействия равного 7 баллов в некоторых случаях потребуется увеличение площади арматуры в 1,2 - 1,5 раза.

Так же производилась проверка устойчивости конструкций, расположенных рядом с гипотетическим разрушением в соответствии с п.3.6 [5,6]. Были определены расчетные равномерно распределенные нагрузки на перекрытии для основного сочетания нагрузок на стадии эксплуатации (с коэффициентами надежности по нагрузкам), и вес вертикальных элементов (на один этаж). По этим данным и по величинам грузовых площадей (**Рис.2, 7-9**) определены расчетные нагрузки, передающиеся на стены и пилоны с одного этажа. Границы грузовых площадей показаны линиями, в правом нижнем углу указано значение грузовой площади каждого пилон при локальном обрушении.

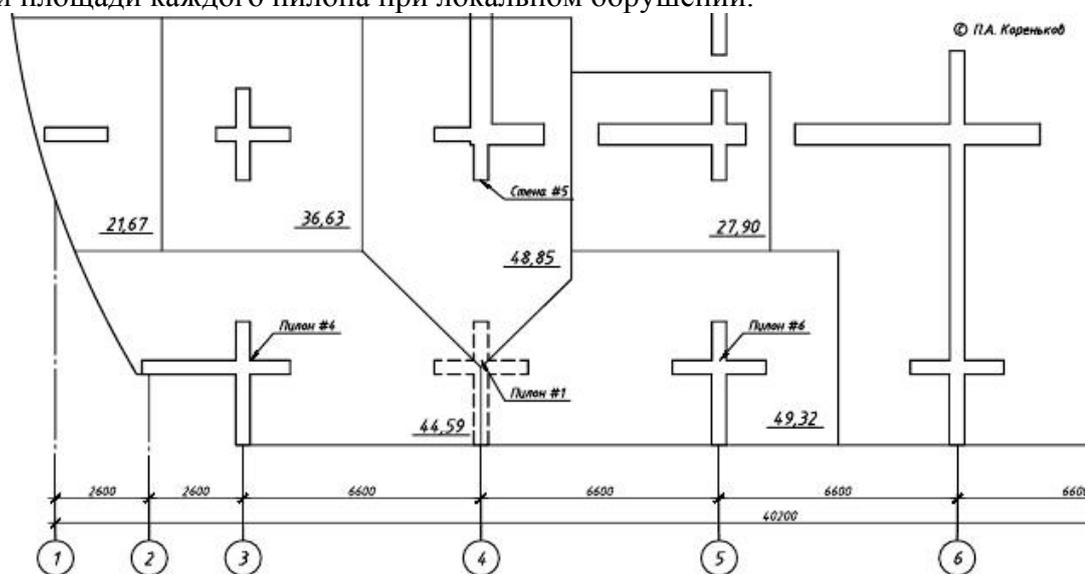


Рис.7. Схема грузовых площадей при возникновении ПО

Таблица 3

Нагрузки, передающиеся на пилоны № 4 и № 6 и стену №5 при локальном разрушении пилон в осях «4/Б»

Нагрузка на пилон	Ед. изм.	Пилон (стена)	Наружные стены	Плита	Всего
<b>Пилон № 4</b>					
При локальном разрушении	кН	418.5	52.206	445.9	916.6
При эксплуатации	кН				721.7
Перегруз					1.27
<b>Пилон № 6</b>					
При локальном разрушении	кН	349.3	50.82	493.2	893.4
При эксплуатации	кН				844.1
Перегруз					1.06
<b>Стена № 5</b>					
При локальном разрушении	кН	527.9	0	488.5	1016.4
При эксплуатации	кН				931.7
Перегруз					1.09

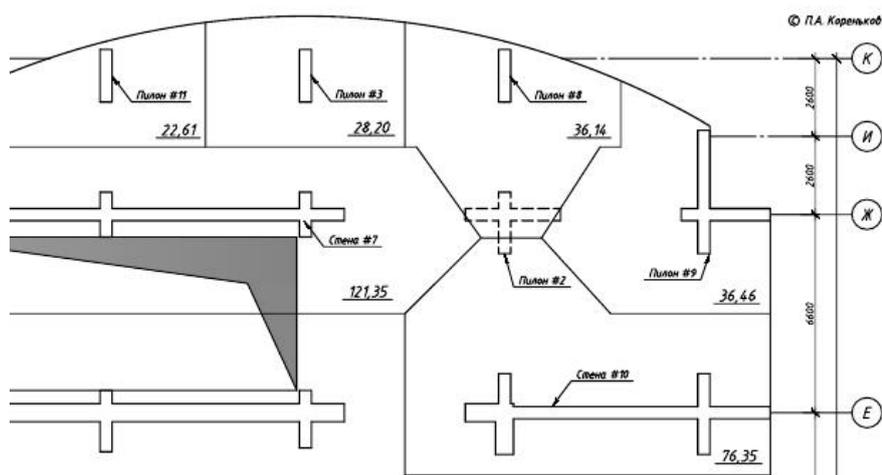


Рис.8. Схема грузовых площадей при возникновении ПО

Таблица 4

Нагрузки, передающиеся на пилоны № 8 и № 9 и стены №7 и №10 при локальном разрушении пилона в осях «7/Ж»

Нагрузка на пилон	Ед. изм.	Пилон (стена)	Наружные стены	Плита	Всего
<b>Стена № 7</b>					
При локальном разрушении	кН	995.6	0	1213.5	2209.1
При эксплуатации	кН				2266.7
Перегруз					0.97
<b>Пилон № 8</b>					
При локальном разрушении	кН	135.9	57.288	361.4	554.6
При эксплуатации	кН				429.9
Перегруз					1.27
<b>Пилон № 9</b>					
При локальном разрушении	кН	321.4	50.82	364.6	736.8
При эксплуатации	кН				671.8
Перегруз					1.10
<b>Стена № 10</b>					
При локальном разрушении	кН	784.5	41.503	763.5	1589.5
При эксплуатации	кН				1608.3
Перегруз					0.99

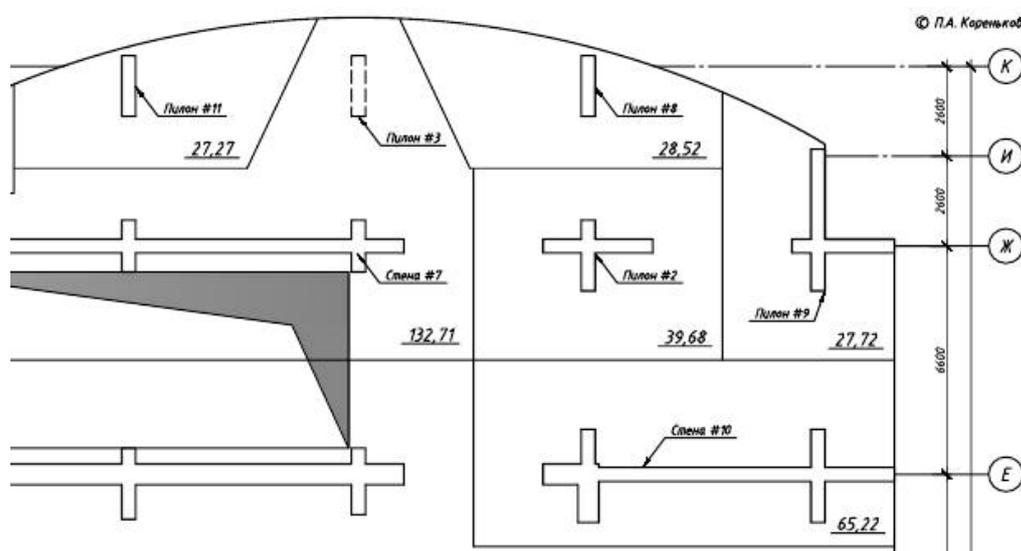


Рис.9. Схема грузовых площадей при возникновении ПО

Таблица 5

**Нагрузки, передающиеся на пилоны № 8 и № 11 и стену №7 при локальном разрушении пилон в осях «Б/К»**

Нагрузка на пилон	Ед. изм.	Пилон (стена)	Наружные стены	Плита	Всего
<b>Стена № 7</b>					
При локальном разрушении	кН	988.6	0	1327.1	2315.7
При эксплуатации	кН				2266.7
Перегруз					1.02
<b>Пилон № 8</b>					
При локальном разрушении	кН	96.8	57.288	285.2	439.3
При эксплуатации	кН				429.9
Перегруз					1.02
<b>Пилон № 11</b>					
При локальном разрушении	кН	96.8	52.668	272.7	422.1
При эксплуатации	кН				410.3
Перегруз					1.03

После выполнения расчета вертикальных конструкций, расположенных рядом с начальным повреждением можно утверждать, что в данном здании догружение близлежащих элементов составляет от 2 до 27 %. В таких случаях, согласно ДБН и рекомендаций [5,6], регламентирующих защиту зданий от прогрессирующего обрушения усиления не требуется.

#### Выводы.

На основании полученных результатов, можно утверждать, что при проектировании зданий с рассматриваемой конструктивной схемой, располагающихся в районе с сейсмичностью 8,5 и более баллов нет необходимости производить оценку опасности прогрессирующего обрушения, профицит несущей способности составляет 26 - 46%. Однако следует предусмотреть специфические конструктивные мероприятия, касающиеся обеспечения непрерывности и обязательной стыковки арматуры перекрытия, а так же надежность анкерки арматуры на крайних опорах. Важной составляющей в защите от ПО является обеспечение пластического характера разрушения.

Предложенная методика расчёта кинематическим методом теории предельного равновесия крайне трудоёмка в применении на практике. При рассмотрении сложных вариантов объёмно-планировочных решений, наиболее опасную форму разрушения надо устанавливать перебором всех возможных вариантов схем локального разрушения. В Рекомендациях не оговаривается оценка прогибов и перемещений плит, что в свою очередь может повлиять на планирование путей эвакуации из поврежденного здания.

На сегодняшний день нет единого алгоритма по проектированию зданий и сооружений, защищенных от прогрессирующего обрушения. Нет единой методики расчета в программных комплексах. Практически отсутствуют опубликованные за последнее время в Украине статьи на тему живучести зданий. Практика проектирования свидетельствует об острой необходимости простых инженерных решений, не требующих детального анализа каждой конкретной конструкции. Решение вышеперечисленных задач носит разносторонний характер и требует проведения дальнейших исследований.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ДБН В.1.1-12:2006 Строительство в сейсмических районах Украины./ Министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Украины. -К.: Укрархбудинформ, 2006. – 84с.
2. ДБН В.1.2-2:2006 Нагрузки и воздействия./ Минстрой Украины. -К.: Издательство «Сталь», 2006.-60 с.

3. ДБН В.2.2-24 2009 Проектування висотних житлових і громадських будинків. К., Укрархбудинформ, 2006. – 105с.
4. ДБН В.1.2 – 7 – 2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. К., Мінрегіонбуд України. 2008. – 53с.
5. «Рекомендации по защите монолитных жилых зданий от прогрессирующего обрушения». М., Москомархитектура. 2005. – 40с.
6. «Рекомендации по защите высотных зданий от прогрессирующего обрушения». М., Москомархитектура. 2006. – 34с.
7. Мутока К. Н. Живучесть многоэтажных каркасных железобетонных гражданских зданий при особых воздействиях: дисс. канд. техн. наук: 05.32.01/ Мутока Кяло Ндунда. - М. МГСУ, 2005. - 185 с.
8. Руденко Д.В. Защита каркасных зданий от прогрессирующего обрушения: дис. маг. техн. наук. – С.-П.: СПГУ. – 2009. – 91 с.

**УДК 621.791.052**

### **ПРОЧНОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ РАБОЧЕЙ АРМАТУРЫ КЛАССА А500С В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ**

**Меннанов Эльмар М., старший преподаватель каф. МиДК, Меннанов Эльдар М., ассистент каф. ГС**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

**Лебедева Л.И., генеральный директор,**

*Институт экономики и технологий в строительстве, г. Киев.*

Рассматриваются особенности конструирования стыков продольной арматуры в конструкциях мостов. Даются рекомендации по выполнению сварных стыков из термоупрочненной стали..

**арматура, накладки, каркас, сейсмика, стык, электроды.**

#### **ВВЕДЕНИЕ**

В Украине основным видом арматуры для железобетонных конструкций являлась арматура периодического профиля класса А400 (А-III). В Украине эта арматура изготавливается из стали марок 35ГС и 25Г2С, которые (особенно 35ГС) по общепринятым нормам являются ограниченно свариваемыми. В частности, для стали 35ГС запрещена дуговая сварка в крест, которая, к сожалению, до сих пор повсеместно применяется.

В результате большинство серьезных аварий ответственных, несущих конструкций в процессе строительства происходит именно по причине дуговых прихваток стали 35ГС, а в отдельных случаях и 25Г2С. Несмотря на высокую прочность сварных соединений этих сталей, выполненных контактной стыковой и другими видами сварки с большими тепловложениями, пластичность получаемых соединений очень низка. Это вынуждает при строительстве зданий из железобетона с использованием арматуры класса А400 (А-III) из стали марки 35ГС полностью отказаться от сварки при выполнении арматурных работ и принимать значительные запасы по сечению арматуры (для вязанных каркасов), так как есть опасность дуговых прихваток сваркой, а надлежащий контроль за качеством арматуры и арматурных работ обеспечивать трудно.

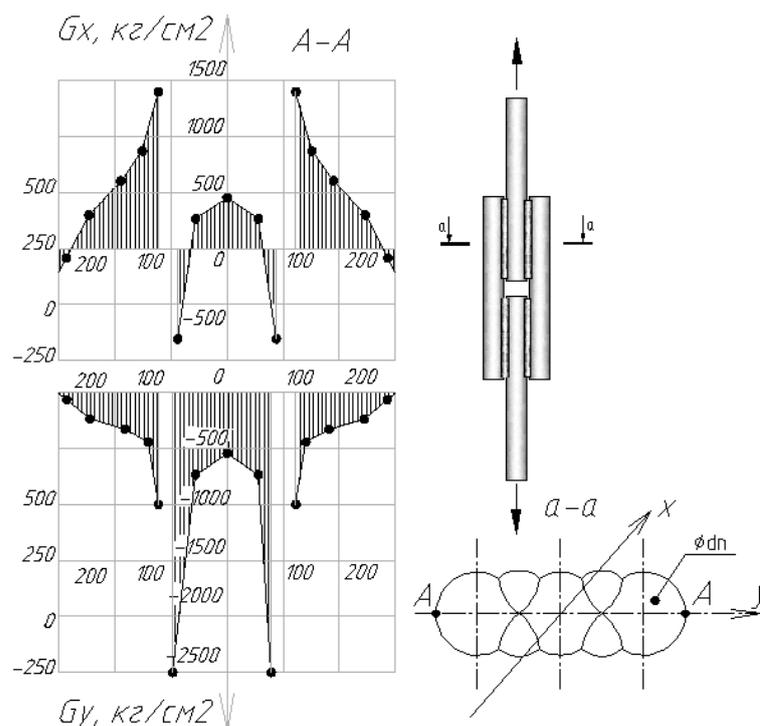
11 декабря 2006 года, вступил в силу ДСТУ 3760:2006, который по аналогии с EN 10080 и ISO/DIS 6935-2 регламентирует нормы химического состава, механические свойства и другие нормативные требования к арматурной стали класса А500С. В соответствии с этими требованиями арматурная сталь выпускается термомеханически упрочненной в потоке проката, горячекатаной с микролегированием или холоднодеформированной.

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Широкую известность получили исследования напряженного состояния основных типов сварных стыков, проведенные Э.Кокером, Л.А. Мордвинцевым, Л.Э. Прокофьевой-Михайловской, А. Солякианом, И. Смитом и другими исследователями.

При исследовании прочности сварных соединений были выявлены их слабые места и проверены возможности для качественного перераспределения критических усилий.

Николаевым Г.А. было установлено, что в случае применения только боковых фланговых сварных швов условия распределения (см. рис. 1) напряжений не получают существенного улучшения и выносливость этих соединений остается на одном и том же уровне.



**Рис. 1. Эпюры напряжений в поперечном сечении модели соединения с накладками**

### ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Снижение материалоемкости в сварных стыках рабочей арматуры класса А500С путем уменьшения сечения парных накладок при обеспечении требуемой надежности соединений.

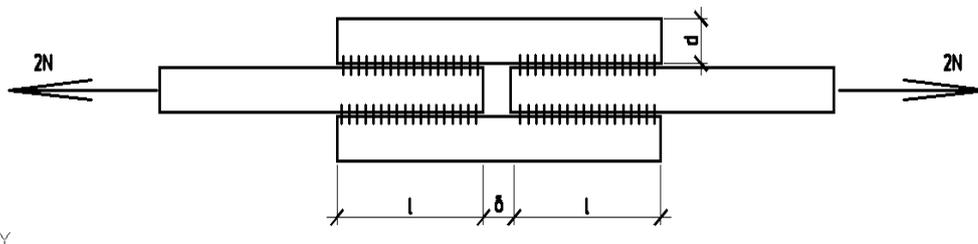
Для поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Теоретически изучить картину распределения усилий в элементах стыка при продольном нагружении арматуры класса А500С.
- По данным теоретических исследований оценить возможность применения боковых накладок уменьшенного сечения.
- Провести математический эксперимент при помощи ПК «Ли́ра» напряженно-деформированного состояния элементов сварного стыка арматуры класса А500С.
- Провести физические экспериментальные исследования сварных стыков арматуры класса А500С с накладками обычного и уменьшенного сечения.
- Провести анализ результатов, полученных теоретическим и экспериментальным путем.
- Разработать технологические карты и инженерную методику по проектированию и изготовлению сварных стыков арматуры класса А500С с накладками уменьшенного сечения.

Основные элементы сварных стыков арматуры и их напряженно-деформированное состояние.

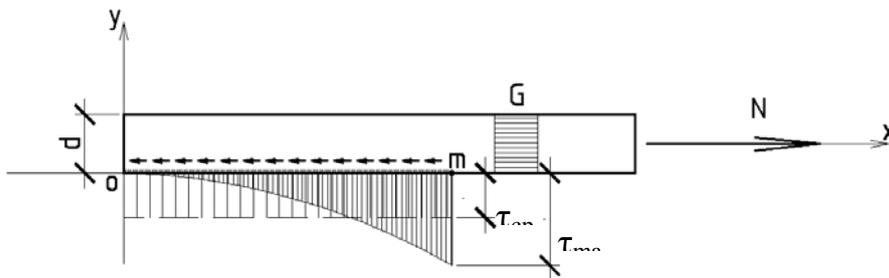
Сварные стыки арматуры с парными накладками широко применяются в строительной практике. Этот способ позволяет соединять арматурные стержни любого диаметра. В соответствии с «Рекомендациями» диаметр накладок принимается равным диаметру соединяемых стержней, а остальные размеры накладок принимаются в зависимости от диаметров накладок.

На первый взгляд, кажется, что накладки имеют двойной запас прочности по сравнению с соединяемыми стержнями. Однако это не совсем так. Рассмотрим напряженно-деформированное состояние накладки в сварном стыке (рис. 2).



**Рис. 2. Конструктивная схема сварного стыкового соединения выполненного при помощи боковых накладок**

Расчетную схему накладки с некоторым приближением можем представить в виде стержня, приваренного к основанию сварным швом на длине  $l$  (рис.3).



**Рис. 3. Расчетная схема боковой накладки**

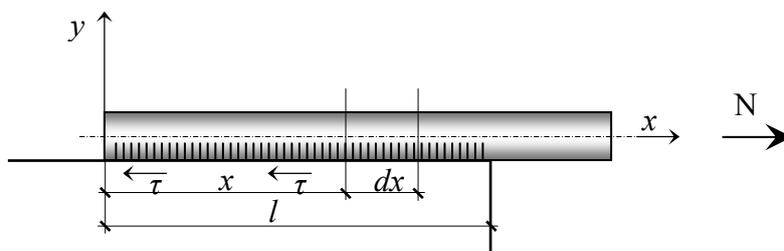
Исходя из рассматриваемой расчетной схемы, мы можем записать величину нормальных напряжений в стержне в месте, где он не приварен к основанию

$$\sigma_0 = \frac{N}{A_n}, \tag{1}$$

где  $N$  – сила, растягивающая стержень;  $A_n$  – площадь стержня (накладки).

В нашем случае исследованию подвергаются два растянутых стержня площадью  $A_c$  соединенных парными параллельными накладками площадью  $A_n$  при помощи сварных фланговых швов.

Рассмотрим, как распределяются касательные усилия вдоль флангового сварного шва на примере прикрепления стержня к абсолютно жесткому элементу. Пусть растянутый стержень площадью  $A$  прикреплен при помощи сварного флангового шва к жесткому элементу (рис. 4).



**Рис. 4. Конструктивная схема накладки**

Закрепление стержня обеспечивается касательными усилиями  $\tau$  вдоль сварного флангового шва.

Величина значения коэффициента концентрации будет равна

$$\mu = \sqrt{1 + \frac{\kappa ch \alpha l}{E \alpha sh \alpha l}} \quad (2)$$

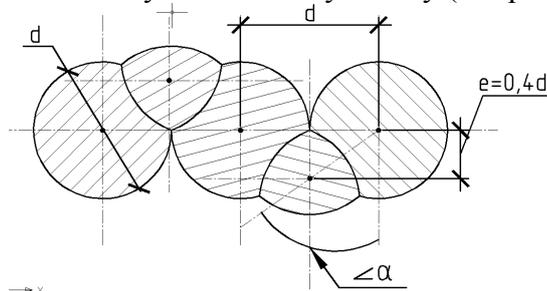
Зная величину концентрации напряжения, суммарная площадь накладок сварного стыка будет определяться

$$\Sigma A_n = \frac{2N}{R_y} \mu \quad (3)$$

То есть, уменьшение площади накладок стыка сварного соединения может быть до определенных пределов, что подтвердили экспериментальные исследования сварных стыков в натуральную величину.

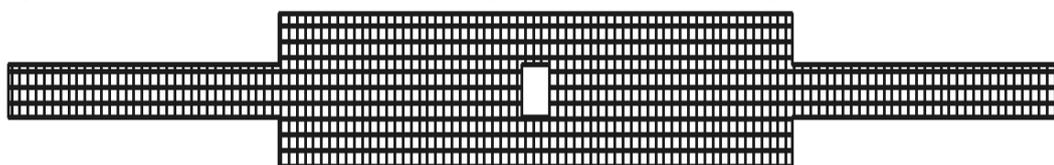
Моделирование сварного стыка с использованием аппарата метода конечных элементов. Методом исследования для решения поставленной задачи является численный эксперимент. Поставленные задачи решали с учетом нелинейных свойств материалов.

Наличие в расчетной схеме сварных швов, расположенных не симметрично в шахматном порядке дополнительно усложняет эту задачу (см. рис. 5).



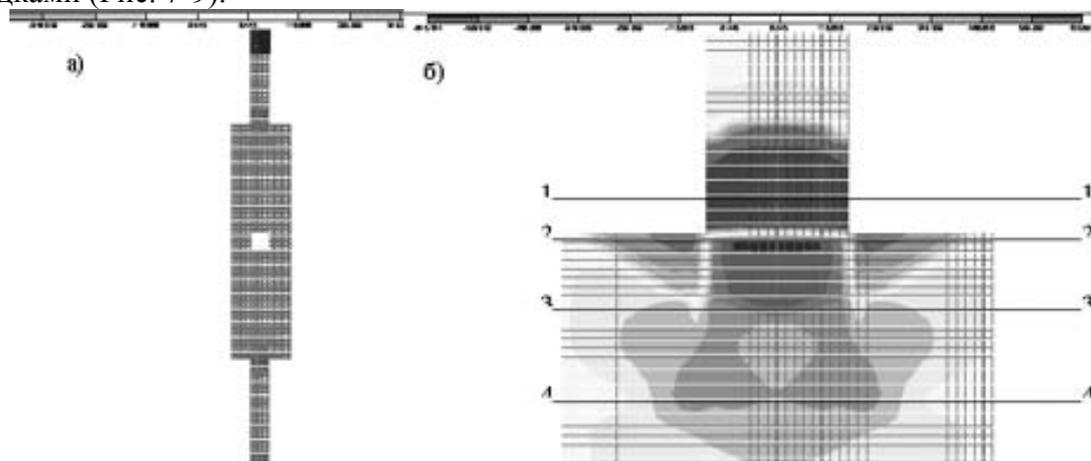
**Рис. 5. Поперечное сечение модели «стержень-накладка-стержень»**

Поэтому, расчетной моделью сварного стыка рабочей арматуры будет являться элементарная пластина толщиной 1 мм, вырезанная по линии продольного сечения (Рис. 6).

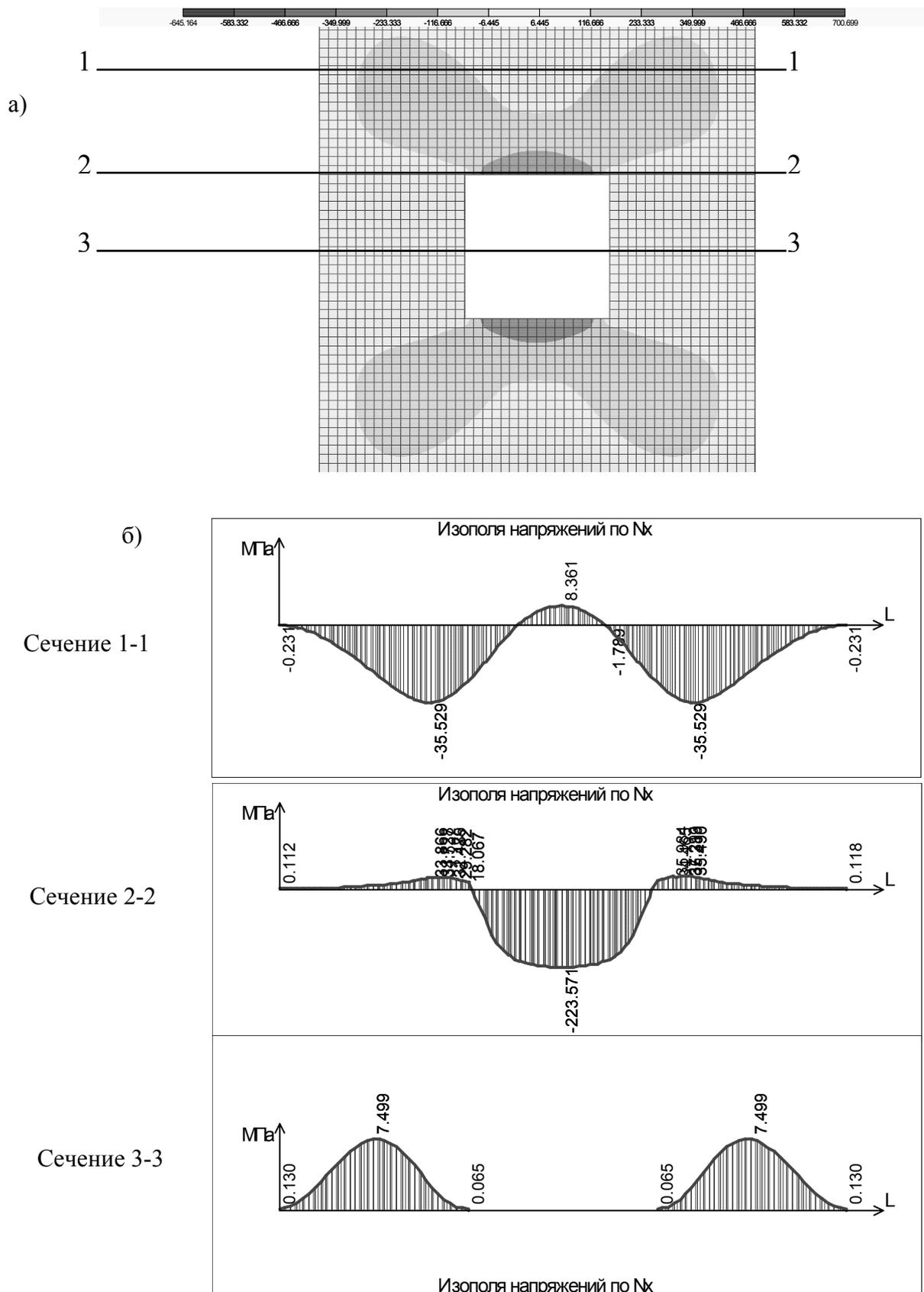


**Рис. 6. Общий вид расчетной модели**

Результаты расчета сварного соединения рабочей арматуры класса А500С с парными накладками (Рис. 7-9).



**Рис. 7. Картина НДС стыка арматурного проката А500С: а) общий вид схемы, б) исследуемый фрагмент**



**Рис. 8. Изополя напряжений  $N_x$  по оси X: а) фрагмент 2, б) сечение 1-1, 2-2, 3-3.**

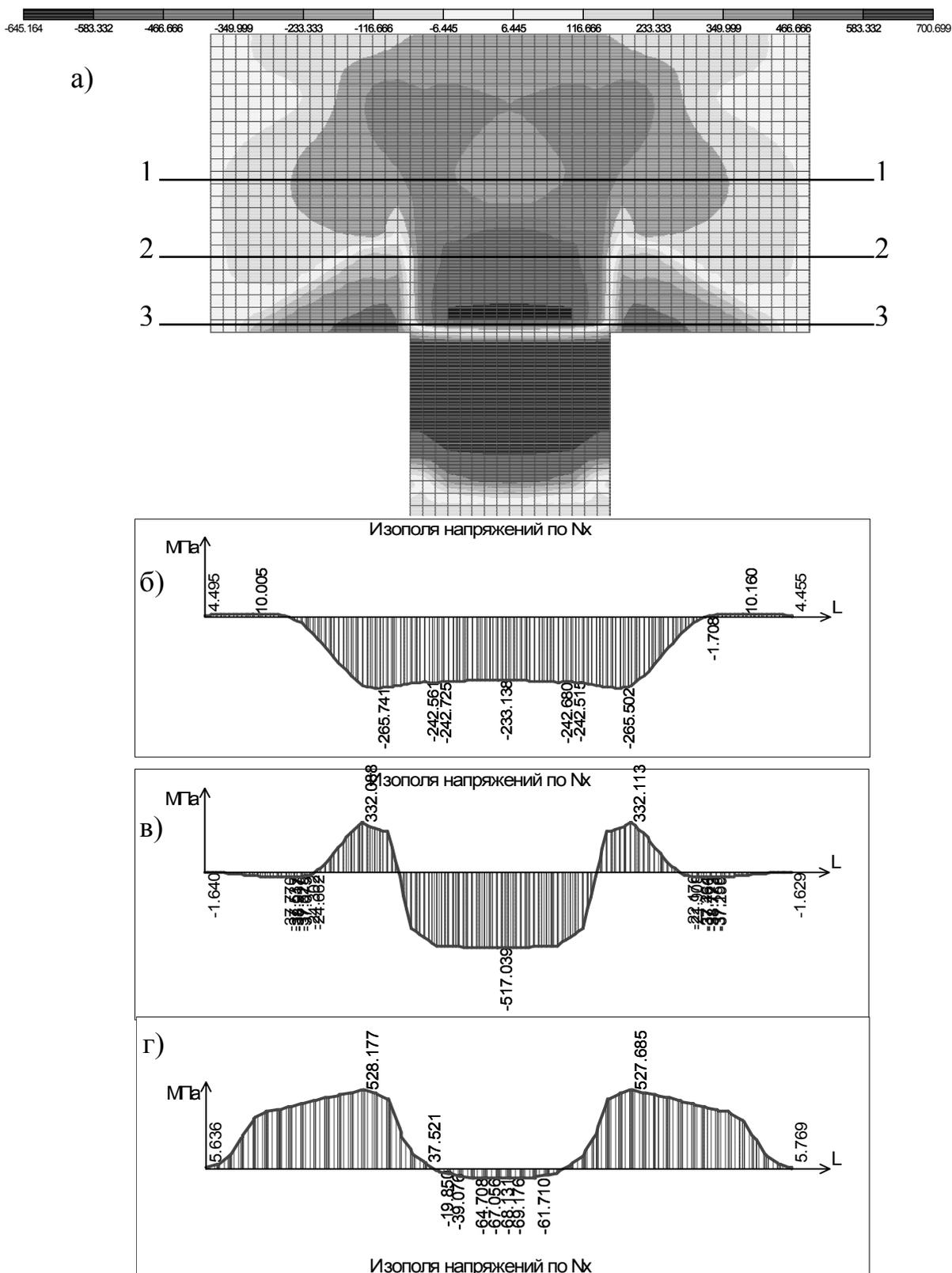


Рис. 9. Изополя напряжений по  $N_x$ : а) фрагмент 3, б) сечение 1-1; в) сечение 2-2; г) сечение 3-3

**Выводы:**

1. Разработаны расчетные модели с нелинейными зависимостями  $\sigma - \varepsilon$  для элементов сварных стыков рабочей арматуры, соответствующие физическим образцам. Анализ результатов математического моделирования показал возможность снижения материалоемкости за счет уменьшения сечения боковых накладок. Наиболее эффективно применение накладок с суммарной площадью не менее полуторной по отношению к сечению основного стержня.

2. Расчетные модели с линейной зависимостью  $\sigma - \varepsilon$  для элементов моделирующих сварной стык арматуры дают достаточно хорошую сходимость с экспериментальными данными на промышленных образцах и могут быть использованы для инженерных расчетов.

3. Предложены численные модели узлов с боковыми парными накладками стандартного и уменьшенного диаметров. В качестве загрузки принята условная вертикальная нагрузка, приложенная к торцевой части стыка.

4. Получены компоненты напряженного состояния и эпюры усилий в элементах, моделирующих узел соединения стержней.

5. По результатам расчета сварного соединения арматурного проката класса А500С с парными боковыми накладками уменьшенного сечения установлено, что при воздействии главных растягивающих напряжений наиболее опасным участком является место резкого изменения сечения. Зона технологического зазора между торцами рабочих стержней не является активным концентратором напряжений.

6. Выявлено что, при уменьшении диаметра боковых накладок снижается влияние концентраторов нормальных напряжений на 14% по оси X, то же в направлении оси Y, касательных – на 20%.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Ажермачев Г.А. Особенности конструирования сейсмостойких стыков железобетонных каркасов при арматуре различных диаметров / Ажермачев Г.А., Меннанов Э.М.; Строительство, реконструкция и восстановление зданий городского хозяйства: Материалы 2-й Международной научно-технической интернет конференции.- Харьков : ХНАГХ, 2007. – с. 12-15
2. Ажермачев Г.А. Особенности применения арматурного проката класса А500С, согласно ДСТУ 3760:2006 при изготовлении сварных стыков рабочей арматуры, сейсмостойких каркасных зданий с использованием ручной дуговой сварки / Ажермачев Г.А., Меннанов Э.М.; Строительство, материалы, машиностроение. / Сб. науч. трудов. – Днепрпетровск: ПГАСА, 2008. Выпуск 48 – с. 80-84.
3. Ажермачев Г.А. Сварные стыки продольной арматуры класса А500С в колоннах сейсмостойких каркасов / Ажермачев Г.А., Меннанов Э.М., Абдурахманов А.З. / Будівельні конструкції. / Зб. наук. праць.- К.: НДІБК, 2008. Вип. 69 – с.611- 618.
4. Ажермачев Г.А. Сварные стыки продольной арматуры класса А500С в каркасах сейсмостойких зданий и сооружений / Ажермачев Г.А., Меннанов Э.М., Абдурахманов А.З. - Баштові споруди: матеріали, конструкції, технології. Вісник ДНАБА. Вип.. 2009-4(78), Зб. наук. праць.- Макіївка, 2009. – с. 139-143.
5. Меннанов Э.М. Альтернативный стык арматуры класса А500С / Меннанов Э.М., Шевченко Н.Н., Швечкова Ю.И.: Строительство и техногенная безопасность.. / Сб. науч. трудов. – Симферополь: НАПКС, 2008. Выпуск 24-25 – с. 28-32.
6. Меннанов Э.М. О выборе электродов для сварки продольной арматуры в каркасах сейсмостойких зданий и сооружений / Меннанов Э.М., Сеттаров Р.Э., Карпова В.С.: Строительство и техногенная безопасность./ Сб. науч. трудов. – Симферополь: НАПКС, 2008. Выпуск 24-25 – с. 24-27.
7. Меннанов Эльмар. Исследование работы сварных стыковых соединений арматурного проката класса А500С с уменьшенными боковыми накладками / Меннанов Эльмар,

- Шевченко Николай / Motrol. Motorszation and power industry in agriculture, Simferopol – Lublin 2010. Volume 11B – P/133-144.
8. Mennanov Elmar The peculiarities of designing of longitudinal steel reinforcement butls in structural frame columns are considerd / Mennanov Elmar, Shevchenko Nikolay / Motrol. Motorszation and power industry in agriculture, , Simferopol – Lublin 2009. Volume 11B– P/ 24-27.
9. Меннанов Э.М Усиление по результатам коэрцитивной диагностики сварных соединений арматуры класса А500С/ Меннанов Э.М., Шевченко Н.Н., Удовиченко Т.М.: Строительство и техногенная безопасность. / Сб. науч. трудов. – Симферополь: НАПКС, 2011. Выпуск 35. – с. 252-254.
10. Меннанов Э.М НДС сварных стыков арматурного проката класса А500С с парными накладками уменьшенного сечения/ Ажермачев Г.А., Меннанов Эльмар М., Меннанов Эльдар М.: Строительство и техногенная безопасность. / Сб. науч. трудов. – Симферополь: НАПКС, 2011. Выпуск 35. – с. 254-262.

**УДК 629.124.74:622.242**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАСШИРЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СПБУ**

**Лившиц Б.Р.**

*ОАО «ЦКБ «Коралл»*

Рассматриваются вопросы надежности и обеспечения прочности основных элементов самоподъемных плавучих буровых установок (СПБУ). Анализируются результаты исследования характеристик стали опорных колонн построенной платформы, и перспективы расширения эксплуатационных возможностей.

**рейки, СПБУ, опорные колонны, прокат, предел текучести, математическое ожидание**

В настоящее время, как Украине, так и в России целенаправленно ведется подготовка к освоению шельфа. Ведутся научные изыскания, конструкторские работы. В практическом отношении страны делают решительные шаги - Украина приобрела самоподъемную плавучую буровую установку (СПБУ) проекта KFELS В Class, в Российской Федерации уже прошли испытания СПБУ «Арктическая» на верфи ЦС «Звездочка» (см. рисунок 1).

В таблице 1 представлены основные характеристики указанных платформ.

**Таблица 1.**

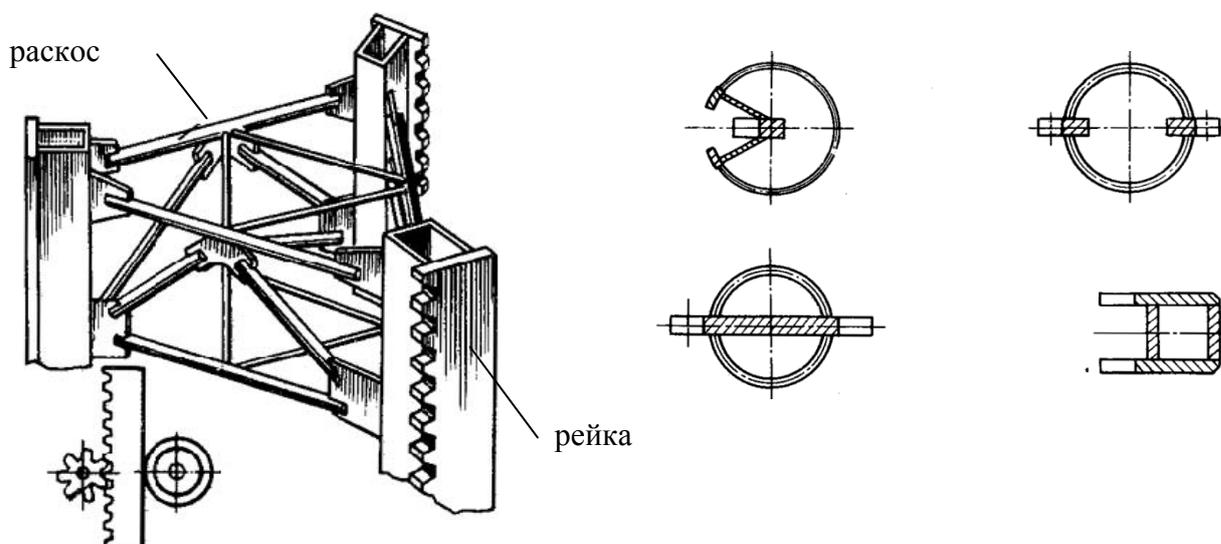
**Характеристики плавучих буровых платформ**

<b>Характеристики СПБУ</b>	<b>«Арктическая» (РФ, проект ЦКБ «Коралл»)</b>	<b>«West Juno» (Украина, проект KFELS)</b>
Длина корпуса, м	88,0	71,3
Ширина корпуса с аутригерами, м	66,0	63,4
Высота борта, м	9,7	7,62
Тип опоры	трёхгранная ферменного типа	трёхгранная ферменного типа
Расстояние между осями стоек, м	10,0	
Длина опоры, м	139,0	157,0
Грузоподъемность ОПУ при стоянке, т	13800,0	21228,0



**Рис.1. Общий вид СПБУ**

Главный элемент опорных колонн ферменного типа любой СПБУ – рейки (общий вид трехгранной опорной колонны и применяемые типы реек показаны на рисунке 2), проектируются из высокопрочной стали. В силу соотношения геометрических характеристик элементов опорных колонн (мощных реек и раскосов) воспринимают вертикальную (от веса СПБУ) и горизонтальную (от волнения и сеймики) нагрузку по принципу несущих поясов пространственных ферм, вследствие чего являются основным несущим элементом, определяющим надежность всей конструкции.



**Рис. 2. Форма рейки СПБУ**

В классификационных проектах СПБУ рассматриваются вопросы обеспечения прочности опорных колонн в различных режимах ветро-волнового воздействия, при этом уровень допускаемых напряжений принимает различные величины (см. таблицу 2).

Особый интерес для проектировщиков (с технической точки зрения) и для компаний - операторов бурения (с практической), представляет анализ потенциальной возможности воспринимать усилия выше проектных. Подобный анализ можно выполнить только при наличии полной информации о механических характеристиках стали, которая всегда имеется на верфи, у проектировщиков и у судовладельца. Но при надлежащем обосновании, с использованием несложных статистических выкладок, возможность эпизодически эксплуатировать СПБУ при увеличенном количестве запасов или возможность установки платформы в сейсмоопасном районе без дополнительных мероприятий возможна.

Ответственные конструкции реек СПБУ проектируются из сталей повышенной прочности и высокопрочных сталей. Классификацию по категориям сталей осуществляют в соответствии с Правилами [1], в соответствии с которыми ведется строгий надзор за плавкой и контроль на всех стадиях.

Таблица 2

## Уровень проектных нагрузок

Режим работы	Учитываемые нагрузки	Допускаемые напряжения	Описание
Транспортировка	Вес конструкций Вес оборудования Вес 10% запасов Волновая	$0,7 R_{eH}$	Волнение с высотой волны обеспеченностью 3% $h_{3\%}=5..6$ м Средняя скорость ветра (десятиминутное осреднение) $v_{10}=17$ м/с
Рабочий	Вес конструкций Вес оборудования Вес 100% запасов Волновая Ветровая	$0,7 R_{eH}$	Волнение обеспеченностью 1% повторяемостью 1 раз в год. Ветер принимается характеризуемый максимальной скоростью ветра (с десятиминутным осреднением) $v_{10}$ , м/с
Экстремальный шторм	Вес конструкций Вес оборудования Вес 80% запасов Волновая Ветровая	$0,84 R_{eH}$	Волнение экстремальным обеспеченностью 1% повторяемостью 1 раз в 100 лет. Ветер принимается характеризуемый максимальной скоростью ветра (с десятиминутным осреднением) $v_{10}$ , м/с
Сейсмическое воздействие	Вес конструкций Вес оборудования Вес 80% запасов	$0,9 R_{eH}$	Уровень сейсмического воздействия уровня ПЗ и МРЗ назначается в соответствии с сейсмичностью площадки, с учетом грунтовых условий.

В настоящее время для изготовления реек используются высококачественные углеродистые, низколегированные и легированные стали, изготовленные в мартеновских печах и конвекторах с продувкой кислородом сверху. Эти стали, обладающие более высокими физико-техническими и механическими свойствами по сравнению с железуглеродистой сталью, являются в судостроении основным конструкционным материалом, так как они наиболее полно отвечают техническим и технологическим требованиям к продукции этой отрасли промышленности.

Действительно, изначально в проекте СПБУ «Арктическая» на изготовление реек (схема рейки показана на рисунке 3) была заложена толстолистовая сталь АБ2Р (12ХН4МБД), выпускаемая по ТУ 5.961-11579-95 [2] см. таблицу 3.

В процессе строительства из-за разделения работ между подрядчиками, часть реек опорных колонн, показанных на рисунке 3 была изготовлена из стали, заложенной в проект, а часть реек была изготовлена из стали EN10025-6 S690QL1mod (прокат выполнен в Германии) и была поставлена из Финляндии компанией SDG.

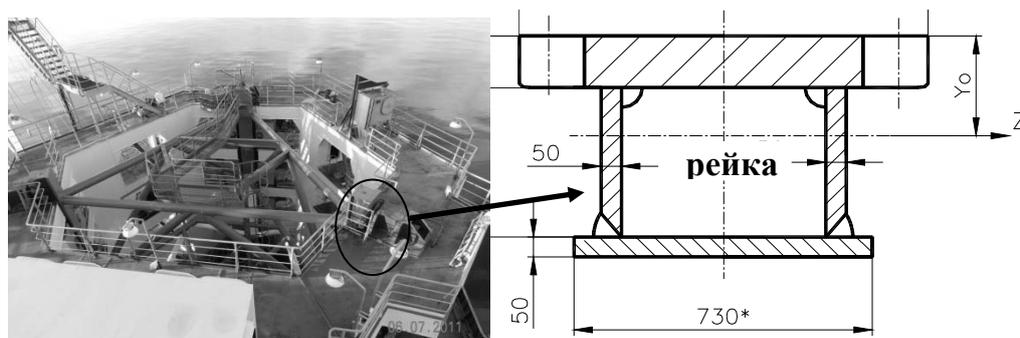
Таблица 3.

## Массовая доля элементов % стали АБ2Р

углерод	кремний	марганец	хром	никель	медь	молибден	ниобий	алюминий	кальций
0,1-0,13	0,2-0,4	0,3-0,5	0,6-0,9	3,5-4,0	0,5-0,9	0,35-0,45	0,02-0,05	0,02-0,06	0,03

Массовая доля серы, фосфора и азота не более 0,008 – 0,010 %

Листы поставляются после закалки и высокого отпуска



**Рис. 3. Сечение рейки СПБУ**

Контроль проката для реек предъявляемых партиями из одной плавки проводится по ограниченному числу испытаний различных видов и по результатам этого контроля делается вывод о пригодности партии в целом. Учитывается Бейесовский метод, применимый для контроля качества проката по среднему значению для выборок малого объема.

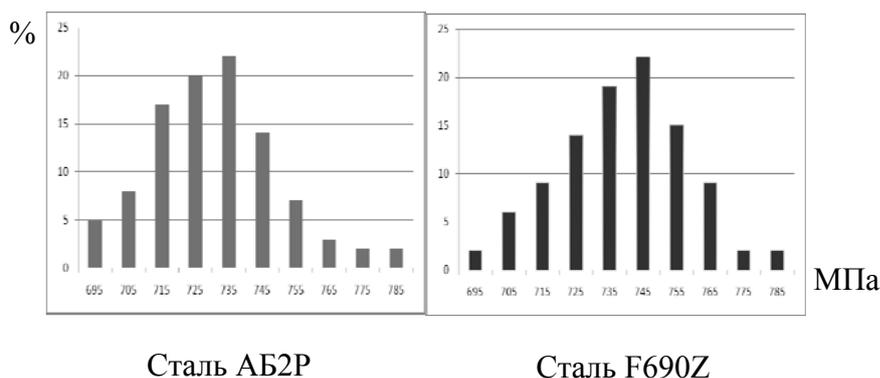
Для оценки вероятности появления партий некондиционного материала учитывается, что каждая партия представляет собой частную совокупность, принадлежащую генеральной совокупности металла по признаку толщины и пределу текучести. Контролируемый признак рассматривается как случайная величина, характеризующаяся некоторой функцией распределения. В таблице 4 представлены результаты анализа характеристик поступившей стали по пределу текучести из которой реально изготовлены рейки.

**Таблица 4.**

**Распределение предела текучести стали  $R_y$ , МПа**

Предел текучести	Количество %	Предел текучести	Количество %
<b>АБ2Р</b>		<b>F690Z</b>	
690 – 700	5	690 – 700	2
700 – 710	8	700 – 710	6
710 – 720	17	710 – 720	9
720 – 730	20	720 – 730	14
730 – 740	22	730 – 740	19
740 – 750	14	740 – 750	22
750 – 760	7	750 – 760	15
760 – 770	3	760 – 770	9
770 - 780	2	770 - 780	2
780 - 790	2	780 - 790	2
	100		100

На рисунке 4 представлено распределение предела текучести стали реек опорных колонн.



**Рис. 4. Распределение предела текучести стали в процентах**

Для установления реальной несущей способности опорных колонн далее следует рассмотреть возможность применения методов теории надежности сооружений в отношении оценки специальных конструкции СПБУ.

Главный критерий надежности функционирования СПБУ – это свойство сохранять во времени в установленных пределах значения основных параметров, характеризующих способность выполнять функции в рабочем и экстремальном режимах.

Методы теории надежности сооружений вообще, и СПБУ в частности, дают теоретическую основу для обоснования состава и количества статистической информации, относящейся к нагрузкам, действующим на сооружение, характеристикам сталей и конструкций. Эти методы отражают случайную природу основных расчетных величин и зависимости между внешними воздействиями и прочностью конструкций [3].

Надежность конструкций СПБУ характеризуется качественными параметрами – способностью обеспечить выживаемость, предотвратить газо – нефтепроявления и обеспечить ремонтпригодность и срок эксплуатации около 25 – 30 лет. При рассмотрении внешнего интенсивного сейсмического воздействия (или ветро-волнового) основной характеристикой следует считать выживаемость и предотвращение взрыва газа, а оставшиеся параметры отвечают за поведение конструкций за весь срок эксплуатации без проявления особых видов динамической нагрузки.

Главным критерием надежности СПБУ является понятие отказа – утрата некоторого необходимого качества при воздействии нагрузок. Для несущих конструкций опор СПБУ под отказом понимается разрушение.

Уровень надежности СПБУ и его элементов устанавливается на этапе проектирования. На безопасность функционирования платформы влияют проектные решения по конструктивной схеме, физико-механическим характеристикам и параметрам материалов и конструкций, предусматриваемые методы строительства на верфи и контроля качества работ. Особое значение имеют методы расчета конструкций, представляемые в соответствующих разделах СНиП, которые содержат определенные запасы.

Условие непревышение предельного состояния записывается в виде [4]:

$$F(\gamma_f F_n, \frac{R_p}{\gamma_m}, \gamma_n, \gamma_a, \gamma_d) \geq 0,$$

где:  $\gamma_f, \gamma_m, \gamma_n, \gamma_d$  - коэффициенты надежности по нагрузке, материалу, назначению конструкции, условиям работы;  $F_n$  - нагрузка,  $R_p$  – предел текучести (прочность) материала.

При воздействии на платформу нескольких видов нагрузок вводятся коэффициенты сочетаний (меньше 1,0), учитывающие уменьшение вероятности одновременного проявления.

Предельные состояния разделены на две группы. В первую группу включены состояния, которые приводят к потере несущей способности отдельных элементов конструкции или всей конструкции (предельные состояния по прочности и устойчивости).

К предельным состояниям по первой группе относятся: разрушение элементов основных конструкций вследствие превышения возникших усилий расчетных характеристик стали, общая и/или местная потеря устойчивости и формы, нарушения в соединениях элементов СПБУ.

Вторая группа включает предельные состояния, которые приводят к невозможности штатной эксплуатации оборудования бурового комплекса, механизмов опорно – подъемного устройства и аварийного оборудования энергетического комплекса.

Зависимости предельных состояний отличаются тем, что входящие в них параметры принимают свои значения случайным образом. Но в условии рассматриваемые параметры записаны в виде системы детерминированных коэффициентов, уже учитывающих их случайный характер.

Каждый из коэффициентов характеризует изменчивость только одной величины, поэтому такие коэффициенты называют частными коэффициентами надежности [3]. Метод предельных состояний принимается для практических расчетов в детерминированном виде, но может быть применен для вероятностного подхода при определении наступления предельных состояний. Тогда надежность конструкции определяется вероятностью того, что расчетные параметры системы лежат в границах не превышения значений предельных состояний.

Учитывая вышеприведенные теоретические выкладки обратимся к особенностям определения нормативных нагрузок. Как в действующих Правилах [1], так и в СНиПе II-23-81 [5] нормативные значения нагрузок и значения расчетного сопротивления (предела текучести стали) не совпадают с математическим ожиданием. Существует сдвиг по отношению к среднему значению :

$$\begin{cases} F_n = \bar{F} + \bar{F}\mu_f V(F) = \bar{F} + \mu_f \sigma(F) \\ R_n = \bar{R} - \bar{R}\mu_r V(R) = \bar{R} + \mu_r \sigma(F) \end{cases}$$

где  $\bar{F}$ ,  $V(F)$  - математическое ожидание и коэффициент вариации нормативного значения нагрузки;

$\bar{R}$ ,  $V(R)$  - математическое ожидание и коэффициент вариации расчетного сопротивления;

$\mu_f$ ,  $\mu_r$  - коэффициенты, показывающие какое число стандартов отсчитывается от математического ожидания при назначении нормативных значений нагрузки и сопротивления соответственно.

При коэффициенте изменчивости прочности стали, который составляет менее 0,06-0,08 [2] применяется нормальный закон распределения.

По СНиП II-23-81 [5] «Стальные конструкции. Нормы проектирования» (приложение 8а, стр. 92) при испытаниях металла **нормативное значение** предела текучести  $R_{yn}$  или временного сопротивления стали  $R_{tm}$  определяется по результатам статистической обработки:

$$R_n = M(R) - \alpha \cdot \sigma(R),$$

где  $M(R) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$  или  $M(R) = \sum_{i=1}^n R_i p_i$  — математическое ожидание предела текучести или временного сопротивления;

$\sigma(R)$  — среднеквадратическое отклонение предела текучести или временного сопротивления.

$$p_1 = p_2 = \dots = p_n = \frac{1}{n} \quad (\text{если } R_i \text{ появляется один раз}).$$

$p_i$  — вероятность появления возможных значений  $R_i$  предела текучести;

$n$  — число испытанных образцов (полная группа несовместных событий);

$\alpha = f(n) = \alpha = 1.65 \left( 1 + \frac{0.91}{\sqrt{n}} + \frac{1.5}{n} \right)$  — коэффициент, учитывающий объем выборки,

показывающий, на какое число стандартов  $\sigma(R)$  сдвинуто нормативное сопротивление по отношению к математическому ожиданию.

Расчетное сопротивление вычисляется как:  $R_y = \frac{R_{yn}}{\gamma_m}$  ;

Нормативные значения принимаются с обеспеченностью 0,95, т. е. вероятность того, случайное фактическое сопротивление  $R > R_n$  равна 0,05, т. е.  $P(R_n) = \int_{-\infty}^{R_n} P(x)dx = 0,05$  или, приняв нормальное распределение, через интеграл вероятности Гаусса  $\Phi(x)$ :

$$P(R_n) = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{R_n - \bar{R}}{\sigma(R)}\right) = 0,05.$$

По данным, представленным в таблице 4 определены статистические характеристики распределения предела текучести сталей из которых изготовлены рейки:

$M = 14,76$  МПа – математическое ожидание стали F690Z;

$CKO = 44,04$  МПа – среднеквадратичное отклонение стали F690Z.

Определим, насколько сдвинуто влево от среднеквадратичного значения предела текучести  $R_y = R_{yn} + CKO = 734$  МПа расчетное сопротивление по пределу текучести  $R_y$ .

$$\gamma_m = 1.025; \nu(R) = 0.05; R_{yn} = 690 \text{ МПа}; \bar{R}_y = 734 \text{ МПа};$$

$$R_y = \frac{R_{yn}}{\gamma_m} = \frac{690}{1.025} = 673 \text{ МПа};$$

$$\Delta = \bar{R}_y - R_y = 734 - 673 = 61 \text{ МПа};$$

тогда  $\sigma(R) = \nu(R)\bar{R}_y = 0,05 \cdot 734 = 36,7$  МПа.

Таким образом, расчетное сопротивление сдвинуто влево от математического ожидания предела текучести  $\bar{R}_y$  на  $\frac{\Delta}{\sigma(R)} = \frac{61}{36,7} = 1,66\sigma(R)$  и вероятность того, что предел

текучести будет меньше расчетного сопротивления  $\bar{R}_y$  равна:

$$P(R_y) = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{R_y - \bar{R}_y}{\sigma(R)}\right) = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{673 - 734}{36,7}\right) = \frac{1}{2} - \Phi(1,66) = 0,0485$$

Обеспеченность расчетного сопротивления стали равна:

$$1 - P(R_y) = 1 - 0,0485 = 0,9515.$$

Видим, что обеспеченность вполне достаточного уровня и с учетом полученных величин предела текучести стали рейки СПБУ, были переопределены величины нагрузок, которые может воспринять сооружение (таблица 5).

**Таблица 5.**

**Предельный уровень нагрузок**

Режим работы	Учитываемые нагрузки
<b>Транспортировка</b>	Возможность осуществлять транспортировку платформы при высоте волны $h_{3\%} = 6 \dots 6,5$ м
<b>Рабочий</b>	Возможность увеличить количество принимаемых запасов на 10%
<b>Экстремальный шторм</b>	Возможность воспринимать волновую нагрузку превышающую проектную на 5 – 7 %
<b>Сейсмическое воздействие</b>	Возможность воспринимать сейсмическую нагрузку на 10% выше проектной

В качестве основного вывода следует отметить, что учет статистически обоснованных реальных характеристик материала опорных колонн СПБУ вместо их нормированных значений может позволить «улучшить» эксплуатационные характеристики платформы в целом. Применение подобного подход, конечно не может быть применено при традиционной оценке прочности СПБУ по допускаемым напряжениям, но для расчетов, выполняемых с применением вероятностных методов при некотором развитии может быть вполне обоснованно, особенно при оценке динамической (сейсмической) прочности.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ. Российский Морской Регистр Судоходства, СПб.: 2008.
2. Прокат толстолистовой свариваемый из стали марок 10ХН4МД (АБ2Р) и 10ХН5МДФ (АБ2ПКМ). Технические условия ТУ 5.961-11579-95/ ЦНИИ КМ «Прометей» - 1995 - 21 с.
3. Г.Шпете. Надежность несущих строительных конструкций/ Пер. с нем. О.О.Андреева. – М.Стройиздат, 1994 – 288
4. Райзер В.Д. Теория надежности в строительном проектировании:– М.: Изд-во АСВ, 1998.-304 с.
5. СНиП II-23-81 «Стальные конструкции. Нормы проектирования» М.: 1982.

*УДК 624.014.25*

## КОМБИНИРОВАННЫЕ НЕСУЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ ЗДАНИЙ ИЗ ХОЛОДНОГНУТЫХ СВАРНЫХ ТРУБ И МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ И ПЛАСТМАСС

**Сребняк В.М. , к.т.н., доц., Жигна В.В. , к.т. н., доц., Жигна М.В., инж.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

Приведен опыт проектирования конструкций покрытия спортивного зала, выполненного в виде комбинированного металлодеревянного цилиндрического свода-оболочки шириной 19,4 м. Показана эффективность и даны рекомендации по назначению основных размеров поперечных сечений арочных опорных конструкций цилиндрического свода-оболочки.

**Здание, сооружения, арка, свод-оболочка, диафрагмы, бортовые элементы**

### ВВЕДЕНИЕ.

Появление новых эффективных строительных материалов, таких как профилированный стальной и алюминиевый лист, изделий из стеклопластиков, материалов на основе древесины и пластмасс, холодногнутых сварных труб и других позволяет применять эти материалы не только для ограждающих конструкций, но и для несущих конструкций промышленных и гражданских зданий.

Механические свойства новых материалов и их ассортимент значительно повысились. Стало возможным выполнять комбинированные несущие конструкции из материалов с разными физическими свойствами, а также выполнять конструкции, в которых совмещены несущие и ограждающие функции, технологически проще стало выполнять пространственные конструкции.

Уменьшение нагрузок от собственного веса несущих и ограждающих конструкций покрытия зданий любых пролетов является основной задачей при проектировании объектов строительства. Особенно это становится актуальным для зданий, эксплуатируемых в условиях повышенной сейсмической активности. Основные пути снижения веса конструкций: применение легких ограждающих конструкций; использование высокопрочных сталей и эффективных профилей в несущих конструкциях; включение ограждающих конструкций в совместную работу с несущими; применение пространственных покрытий, которые обычно экономичнее плоскостных.

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

определить эффективность применения холодногнутых сварных труб для конструкций покрытий зданий пролетом 18...24 м при использовании их в плоских арках и в арочных диафрагмах пространственных цилиндрических комбинированных сводах-оболочках.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- определить расчетные значения усилий, напряжений, деформаций и перемещений в опорных конструкциях покрытий здания на основе компьютерного моделирования с использованием ПК «Лира»;
- на основе полученных данных выполнить сравнительный анализ результатов;
- дать рекомендации по назначению основных размеров арочных конструкций комбинированных сводов-оболочек;
- произвести оценку преимуществ и недостатков использования холодногнутых сварных труб в арочных плоскостных и цилиндрических сводчатых конструкциях покрытий зданий.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ АНАЛИЗ.

Опыт проектирования конструкций с применением эффективных материалов для покрытий зданий имеется в инвестиционно-строительной компании «ЮгИнвестСтройСервис». Авторы статьи совместно с сотрудниками этой компании разработали проект теплого покрытия спортивного зала Киевского национального экономического университета в г. Симферополе.

Спортивный зал расположен на последнем этаже здания размерами в плане 19,4х30 м. Конструкция покрытия разработана в виде комбинированного металлодеревянного цилиндрического свода-оболочки, опорами которого являются торцевые стены и промежуточные поперечные диафрагмы, выполненные в виде сегментных арок с шагом 6 м. Оболочка принята из древесно-стружечной плиты OSB толщиной 30 мм, пролет оболочки – 6,0 м, длина волны – 19,4 м.

Оболочка подкреплена металлическими продольными неразрезными рёбрами с шагом 0,5 м (трубы сечением 100х50х3 мм) и поперечными ребрами с шагом 3 м (трубы сечением 40х50х4 мм). Промежуточными опорами оболочки являются сегментные арки: пояса – квадратные трубы сечением 100х100х3,5 мм и 100х100х4 мм. Высота поперечного сечения арок в осях – 0,7 м. Арки жестко сопряжены с железобетонным каркасом здания. Бортовыми элементами оболочки являются стропильные конструкции карнизов здания, шаг стропильных конструкций карниза – 1,0 м.

При вариантном проектировании было рассмотрено три варианта конструктивных схем покрытия здания. По первому и второму вариантам были рассмотрены конструктивные схемы с плоскими арками кругового очертания и прогонами с шарнирным и жестким опиранием на арки. В третьем варианте была принята конструктивная схема покрытия в виде пространственного цилиндрического короткого комбинированного свода-оболочки из труб с прямоугольными ячейками. Крепление плит OSB к элементам ячеек выполнено на податливых связях.

Расчет плоских несущих конструкций покрытия зала, рассматриваемых в первом и втором вариантах, выполняли согласно [1,2,3] по несущей способности и пригодности к нормальной эксплуатации конструкций. Для пологих арок (отношение стрелы подъема арки к её пролёту не более 1/8...1/6) сквозного сечения при поясах из труб и треугольной решеткой с дополнительными стойками высоту сечения арок рекомендуется принимать в пределах 1/30...1/45 пролета арки [4].

Устойчивость в плоскости арок при небольших изгибающих моментах оценивается критической силой

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l_{ef}^2}, \quad (1)$$

где  $I$  - момент инерции сечения арки, для сквозной арки  $I = (0,35...0,4)A \cdot h^2$ ;

$A$  - площадь пояса,  $h$  - высота сечения арки;  $l_{ef} = \mu \cdot S$  - расчетная длина арки;

$S$  - полная длина дуги арки;  $\mu$  - коэффициент, зависящий от отношения стрелы подъема арки к её пролету. Для бесшарнирных арок  $\mu = 0,35$ .

При расчете на устойчивость  $N_{cr}$  должна быть больше максимальной продольной силы на 20...30%.

Расчет прогонов и настила производят как для балочных конструкций, работающих на поперечный изгиб.

При расчете и конструировании пространственных комбинированных конструкций, приведенных в третьем варианте, должны соблюдаться требования, суть которых состоит в следующем.

Однопоясные сетчатые оболочки цилиндрических сводов покрытия должны быть неопределимыми стержневыми системами.

Для образования цилиндрических оболочек приемлемы сетки сводов только с геометрически неизменяемой ячейкой – треугольной или квадратной с раскосами. Устойчивость таких систем обеспечивают жестким соединением стержней в направлении нормали к поверхности оболочки и соблюдают условие

$$\frac{a^2}{R \cdot i} < 9, \quad (2)$$

где  $a$  - длина стержня;  $R$  - радиус кривизны оболочки;  $i$  - радиус инерции поперечного сечения стержня.

Кроме жестких узлов торцы оболочки должны иметь жесткую конструкцию, а для обеспечения устойчивости оболочек используют промежуточные поперечные диафрагмы и продольные ребра жесткости.

В разработанном цилиндрическом сетчатом своде все вышеперечисленные требования выполнены и только сетка свода принята из прямоугольных ячеек без раскосов. Для обеспечения геометрической неизменяемости прямоугольной ячейки на неё накладывали дополнительные связи. В качестве дополнительных связей использовали листы из фанеры или древесно-волоконистые плиты OSB, которые закрепляли на стальных стержнях прямоугольной ячейки с помощью самонарезных болтов либо использовали болтоклеевые соединения. Такую конструкцию свода можно рассматривать как оболочку, подкрепленную металлическими продольными неразрезными ребрами и поперечными подкрепляющими ребрами. Опорами оболочки являются торцевые стены, а промежуточными опорами оболочки являются сегментные арки. Функцию бортовых элементов оболочки выполняют конструкции карнизов здания.

Расчет основных несущих конструкций рассматриваемых покрытий спортивного зала выполнен с использованием программного комплекса «Лира». При создании расчетной модели покрытия были использованы реальные жесткостные и геометрические характеристики, принятые на стадии предварительного проектирования. При назначении прочностных и деформативных характеристик прокатного металла и древесно-стружечных плит учитывали данные, приведенные в сертификационных документах. Элементы арок, прогонов, продольных и поперечных ребер жесткости свода-оболочки моделировали стержневыми элементами, древесно-стружечные плиты - пластинчатыми элементами типа плита-оболочка, при этом учитывали совместную работу плиты с элементами продольных и поперечных ребер жесткости.

Конечно-элементная модель опорных конструкций покрытия спортивного зала приведена на рис. 1, а геометрическая схема арки на рис. 2.

При расчете учитывали нагрузку от собственного веса опорных конструкций покрытия, постоянную нагрузку от кровли (0,8 кН/м<sup>2</sup>), кратковременные снеговые (2 схемы загрузки в соответствии с Приложением Ж [1]) и ветровую нагрузку.

В результате расчета получены все компоненты напряженно-деформированного состояния от расчетных сочетаний нагрузок по трем вариантам конструктивного решения покрытия спортивного зала.

По результатам расчета сформировано 4 варианта расчетных сочетаний усилий (РСН):

РСН1 – нагрузка от собственного веса опорных элементов покрытия и постоянная нагрузка от кровли;

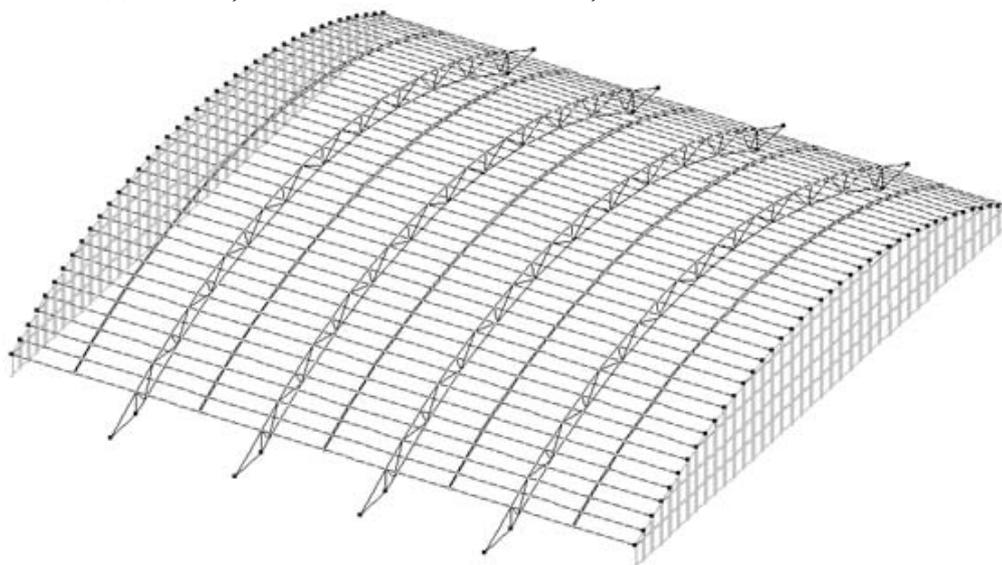
РСН2 - нагрузка от собственного веса опорных элементов покрытия, постоянная нагрузка от кровли, снеговая нагрузка схеме 1;

РСН3 - нагрузка от собственного веса опорных элементов покрытия, постоянная нагрузка от кровли, снеговая нагрузка схеме 2;

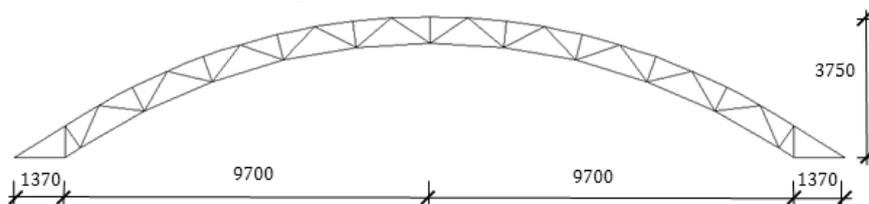
РСН4 - нагрузка от собственного веса опорных элементов покрытия, постоянная нагрузка от кровли, ветровая нагрузка;

Наибольшие усилия в элементах арок возникают при расчетном сочетании нагрузок РСН2. При этом усилия от постоянных нагрузок составляют примерно половину от полных нагрузок. Ветровые нагрузки

уменьшают усилия в элементах арки, уменьшение составляет около 1/3 от усилий, возникающих от постоянных нагрузок. Аварийное сочетание нагрузок также не рассматривали, так как усилия от расчетных сочетаний нагрузок, включающих сейсмическое воздействие, значительно меньше чем, в сочетании РСН2.



**Рис. 1. Общий вид расчетной схемы конечно-элементной модели**

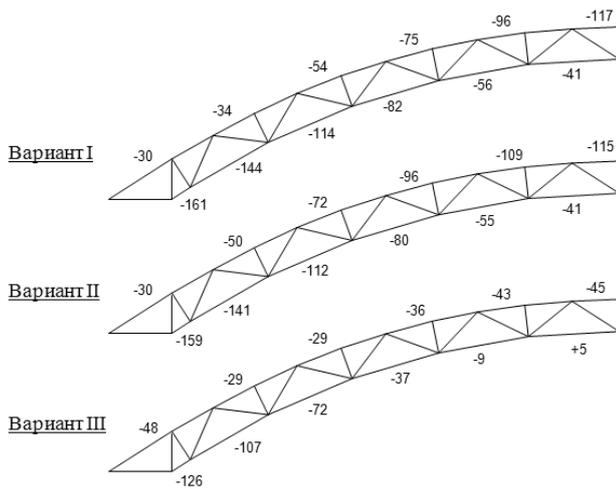


**Рис. 2. Геометрическая схема арки**

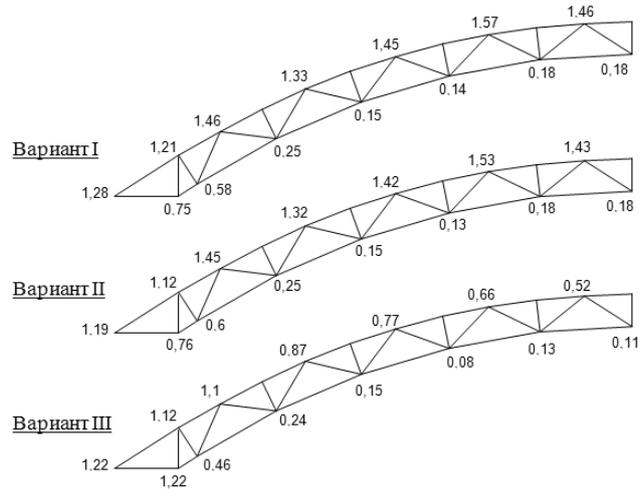
Максимальные усилия в поясах арочных конструкций при сочетании РСН2 по всем вариантам покрытия приведены на рис. 3, 4.

Наибольшие усилия возникают в поясах плоскостных арок (вариант I и II), при этом усилия по длине арок изменяются, а отношение максимальных усилий к минимальным достигает 3,5...4.

Продольные силы в верхнем поясе, работающем совместно с плитой оболочки (вариант III), практически не изменяются по длине арки и по значению в 2...2,5 раза меньше, чем максимальные продольные силы в плоских арках. Усилия в нижнем поясе арок распределяются аналогично усилиям в плоских арках, а их максимальные значения на 25% меньше по сравнению с плоскими арками. Узловые изгибающие моменты незначительны (рис. 4) и изменение высоты сечения арок практически не влияет на их значения. В элементах решетки арок продольные силы минимальны.



**Рис. 3. Максимальные продольные усилия (кН) в поясах арочных конструкций покрытия**



**Рис. 4. Максимальные узловые изгибающие моменты (кН·м) в поясах арочных конструкций покрытия**

Относительный прогиб в середине пролета для плоских арок составил  $1/1700 \dots 1/1800$  пролета арки, для арок цилиндрического свода (вариант III) вертикальные перемещения вдвое меньше. Полученные результаты свидетельствуют о достаточно большой изгибной жесткости арок и есть резервы для уменьшения высоты сечения арок.

#### Выводы

1. Применение холодногнутых сварных труб в плоскостных арочных конструкциях покрытий зданий пролетом до 24 м менее эффективно по сравнению с применением их в пространственных конструкциях типа цилиндрических сводов-оболочек.

2. Высоту сечения бесшарнирных арок для цилиндрических коротких сводов-оболочек рекомендуется принимать переменной. На длине  $1/8$  пролета арки от опор высоту сечения арок следует принимать, как и для плоских арок ( $1/30 \dots 1/45$  пролета арки), среднюю часть арок - постоянной высоты в пределах  $1/50 \dots 1/60$  пролета арки. Высоту сечение труб верхних поясов можно принимать постоянной по всей длине пояса.

3. Решетка арок рекомендуется треугольная с дополнительными стойками. Допускается внецентренное соединение элементов решетки к поясам, сечение элементов решетки назначать конструктивно. Рекомендуются трубы сечением  $30 \times 30 \times 3$ ,  $50 \times 50 \times 3$  мм.

4. Необходимы дальнейшие исследования и анализ напряженно-деформированного состояния других элементов комбинированного свода-оболочки (продольных, поперечных ребер жесткости и связывающих их плоских плит-оболочек) для разработки рекомендации по их расчету и конструированию.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ДБН В.1.2-2:2006. Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования. Минстрой Украины.- Киев, 2006, -60 с.
2. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Прогибы и перемещения. Требования проектирования. Минстрой Украины.- Киев, 2006, -10 с.
3. СНиП II-23-81\*. Стальные конструкции. Нормы проектирования.- М: ЦИТП Госстроя СССР, 1981.-120 с.
4. Металлические конструкции. Справочник проектировщика./Под ред. Н.П. Мельникова. -М: Стройиздат, 1980. -776 с.

### РАЗДЕЛ 3. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 666.9.022.3

#### ВЛИЯНИЕ КАРБОНИЗАЦИИ НА ПРОЧНОСТЬ ПРЕССОВАННЫХ ОБРАЗЦОВ ИЗ ОТХОДОВ ГОРНЫХ ПОРОД НА ЦЕМЕНТНОМ И ИЗВЕСТКОВО-ЦЕМЕНТНОМ ВЯЖУЩЕМ

Елькина И.И., аспирант, Федоркин С.И., д.т.н., профессор

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

Исследовано влияние процесса карбонизации на прессованные образцы из шламов гранодиоритовых пород с использованием цементного и известково-цементного вяжущего, изучено формирование структуры материала. Выявлена возможность получения качественных стеновых материалов на основе вторичного сырья.

**Карбонизация, шлак, прессование, сырьевые смеси, рентгеноструктурный анализ, электронная микроскопия**

#### ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных причин постоянного ухудшения состояния окружающей среды и сокращения количества природных ресурсов во всем мире, является структура потребления и производства, не обеспечивающая устойчивости.

Существующие условия активного научно-технического развития и ограниченное количество природных ресурсов требуют усовершенствования незамкнутых технологий производств различной продукции.

Таким образом, утилизация различного вторичного сырья, в частности углекислого газа и мелких отходов горных пород при производстве щебня и песка из гранодиоритовых пород, как сырьевых компонентов в производстве стеновых изделий различного назначения, приобретает практическое значение. Существующие направления их утилизации малоэффективны и не могут в полной мере решить проблему накопления шлама. Поэтому необходимо создать технологии, для которых мелкие отходы горных пород, а именно шлак, стал бы основным сырьевым материалом.

Перспективным является изучение вопросов формирования искусственного камня на основе альтернативных подходов к организации процессов твердения кальциевой извести – карбонизации изделий на ее основе в среде углекислого газа. Реализация этой идеи позволит на 2/3 утилизировать выделяющийся при обжиге известняка углекислый газ, используя его в качестве основного сырьевого компонента, и получить стеновой материал, экологичность и экономичность которого не требует доказательств [2].

#### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Процесс длительной карбонизации цементных бетонов изучен достаточно полно. Искусственную карбонизацию извести как процесс интенсификации твердения изделий на ее основе впервые использовал А.А. Байков, предложивший способ производства карбонизированного известково-песчаного кирпича из гидравлической извести [2].

Следует отметить двоякую роль этого процесса: как положительную, так и отрицательную. С одной стороны, углекислый газ переводит гидроксид кальция в гидрокарбонаты и карбонаты кальция, что приводит к уменьшению показателя рН и вызывает коррозию арматуры в железобетоне. С другой стороны, воздействие углекислого газа уплотняет поверхностный слой бетона за счет вновь образовавшегося карбоната кальция.

В результате цементный бетон приобретает повышенную прочность, водонепроницаемость, что повышает его морозостойкость и стойкость к воздействию агрессивных сред, в частности морской воды [1].

На наш взгляд искусственная карбонизация цементных и известково-цементных бетонов изучена недостаточно. Отсутствуют данные о влиянии карбонизации на материалы, полученные полусухим прессованием.

### ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЙ

В настоящее время в АР Крым при производстве щебня и песка из гранодиоритовых пород образуется значительное количество шламов – продуктов промывки этих заполнителей. Например, на Шархинском карьере скопилось около 1 млн. тонн отходов, которые складываются в отвалах и шламоотстойниках и наносят экологический урон окружающей среде южного берега Крыма.

Нами разрабатываются технологии переработки таких отходов в мелкоштучные стеновые материалы с использованием известковых, известково-цементных и цементных вяжущих путем полусухого прессования изделий при высоких давлениях (до 30МПа). Если искусственная карбонизация известковых изделий не вызывает сомнений и позволяет получить материал с прочностью до 40МПа [3], то карбонизация прессованных материалов на цементном и известково - цементном вяжущем требует дальнейшего изучения.

Цель настоящей работы – исследовать влияние карбонизации на формирование структуры и свойств прессованных образцов на основе мелкодисперсных продуктов промывки гранодиоритовых пород с использованием цементного и известково-цементного вяжущего, изучить формирование структуры материала и на основе этого выявить возможность получения качественных стеновых материалов на основе вторичного сырья.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве сырьевых материалов в исследованиях использован шлам промывки гранодиоритовых песка и щебня Шархинского карьера, портландцемент Бахчисарайского цементного завода, известь из известняка Бештерикского месторождения. Гранулометрический и химический состав шлама приведен в табл.1 и табл.2 соответственно.

**Таблица 1**  
**Характеристика фракционного состава Шархинских шламов**

Место отбора проб	Содержание фракции размерами (мм), %									
	1,25-0,63	0,63-0,315	0,315-0,15	0,15-0,08	0,08-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,002	0,002-0,001	Менее 0,001
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Середина шламоотстойника	0,324-0,673	0,207-0,518	0,389-0,518	2,722-2,795	8,125-11,304	59,653-62,348	7,386-8,195	6,263-7,292	3,448-3,839	6,242-6,897

**Таблица 2**  
**Химический состав Шархинских шламов**

Место отбора проб	Состав в пересчете на окислы, процентов													
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MnO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Середина шламоотстойника	61,55	0,28	15,60	5,60	4,50	0,66	0,11	0,98	2,40	0,14	0,03	0,50	4,68	0,32

Нуммулитовый известняк Бештерекского месторождения, используемый при производстве извести соответствует классу А по ГОСТ 21-27-76 «Породы карбонатные для производства строительной извести» с содержанием (CaCO<sub>3</sub> + MgCO<sub>3</sub>) не менее 95 %. Содержание (CaCO<sub>3</sub> + MgCO<sub>3</sub>) – показатель, обязательный для контроля.

Химический состав известняка Бештерекского месторождения представлен в табл.3.

Таблица 3

### Химический состав известняка

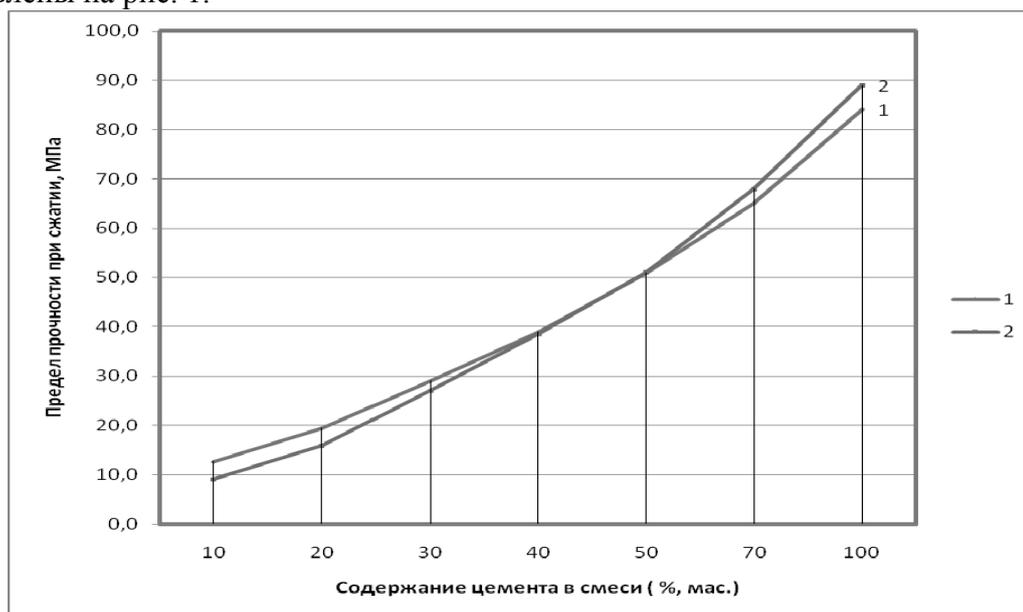
Состав, процентов (мас.)							
SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	п.п.п.	титр
0,5-10,0	0,7-1,8	0,4-1,3	7,7-55,1	0,2-0,9	0,1-0,2	38,1-43,0	95,0-98,0

Из исходных материалов готовили сырьевые смеси в заданном соотношении, увлажняли их до 10% (мас.) и при удельном давлении 30МПа прессовали образцы цилиндры диаметром и высотой 3 см. Часть полученных образцов твердели в естественных условиях. Вторую часть образцов карбонизировали в течение 3 часов в специальной карбонизационной камере, после чего образцы испытывали в возрасте 7 суток по стандартной методике.

Изучение структуры материалов проводили с использованием методов рентгеноструктурного анализа и электронной микроскопии. Рентгеноструктурный анализ выполнен на дифрактометре ДРОН – 2,0. Структуру исследуемых систем изучали с помощью электронной сканирующей микроскопии на микроскопе РЕМ-106, SELMI.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

На первом этапе исследований изучено влияние карбонизации на прочность образцов из шлама Шархинского карьера и портландцемента в количестве 10,20,30,40,50,70% (мас.). Для сравнения изготовлены образцы из чистого портландцемента. Полученные результаты представлены на рис. 1.



**Рис. 1. Влияние карбонизации на прочность образцов из шлама портландцемента в возрасте 7 сут. (1 – образцы, твердеющие в естественных условиях; 2 – карбонизированные образцы)**

Как видно из графика при содержании цемента в смеси до 45% карбонизация снижает прирост прочности образцов с 28% до 0%. При увеличении содержания цемента более 45-50% прочность карбонизированных образцов возрастает по сравнению с некарбонизированными образцами на 7% (при 70% цемента в смеси). Прирост прочности наблюдается в образцах из чистого цемента.

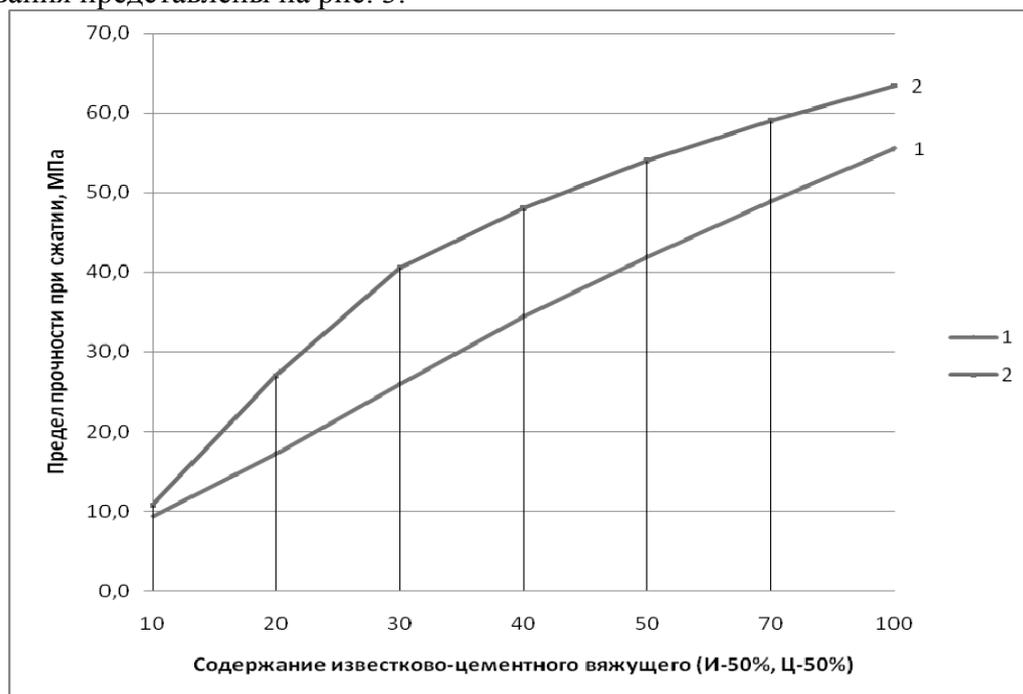
Рентгенограммы образцов свидетельствуют об уменьшении содержания гидросиликатов кальция в материале при содержании цемента в смеси менее 40%.

Снижение количества цементирующих гидросиликатов кальция, связывающих частицы шлама, обусловлено переводом значительного количества гидроксида кальция в

карбонат кальция, который обладает меньшей прочностью. Это подтверждается также снижением рН образцов с 13,5 до 9,0. Следствием этого является снижение прочности образцов в целом.

При содержании цемента в смеси более 50% количество гидроокиси кальция является достаточным для образования необходимого количества гидросиликатных связей наряду с карбонатными, что повышает прочность карбонизированных образцов.

На втором этапе исследований изучено влияние карбонизации на прочность образцов из шлама Шархинского карьера и известково-цементного вяжущего, состоящего из 50% (мас.) извести - пушонки и 50% (мас.) портландцемента. Количество известково-цементного вяжущего в смеси составляло 10, 20, 30, 70% (мас.). Кроме того, для сравнения были сформованы образцы из чистого известково-цементного вяжущего. Результаты исследования представлены на рис. 3.



**Рис. 3. Влияние карбонизации на прочность образцов из шлама и известково-цементного вяжущего в возрасте 7 сут. (1 – образцы, твердеющие в естественных условиях; 2 – карбонизированные образцы)**

Анализ полученных графических зависимостей свидетельствует о существенном росте прочности образцов при их карбонизации. Максимальный прирост прочности образцов составляет 30-78% при содержании известково-цементного вяжущего в смеси от 30 до 70%. Оптимальное содержание известково-цементного вяжущего в смеси - 20-30%. При этом прочность возрастает на 47-78%.

Рентгенограммы образцов свидетельствуют о наличии в структуре кристаллических гидросиликатов, гидроалюминатов и других фаз цемента, а также значительного количества кальцита. Т.е. можно утверждать о реализации гидросиликатно-карбонатного механизма твердения материала.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о возможном положительном влиянии карбонизации на процессы твердения и формирования прочной структуры прессованных материалов из шлама промывки гранодиоритовых пород на цементном и известково-цементном вяжущем.

Состав сырьевых смесей должен подбираться таким образом, чтобы обеспечить оптимальное соотношение связующих компонентов, образующихся при гидратации и твердении цемента и карбонатов кальция, связывающих частицы шлама. Использование карбонизации образцов из шлама на цементном и известково-цементном вяжущем в

количестве 20-30% позволяют получить материал с пределом прочности при сжатии 25-40 МПа.

### Выводы

1. Исследовано влияние процесса карбонизации на прессованные образцы из шламов гранодиоритовых пород с использованием цементного и известково-цементного вяжущего. Установлено, что формирование структуры материала осуществляется с реализацией гидросиликатно-карбонатного механизма твердения.

2. Показано, что карбонизация прессованных образцов из шлама на цементном и известково-цементном вяжущем в количестве 20-30% повышает их прочность до 25-40 МПа, что позволяет получить качественные стеновые материалы на основе вторичного сырья.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шторк И. Долговечность бетона / Шторк И., Вихт Б. ; пер. с немец. А. Тулаганова под ред. П. Кривенко. — Киев : Оранта, 2004. — 301 с.
2. Бахтин А.С. Строительные облицовочные изделия на основе известково-известняковых композиций карбонизационного твердения: дис. ... кандидата технических наук : 05.23.05 / Бахтин Александр Сергеевич. – Симферополь, 2011. – 216 с.
3. Технологические принципы получения стеновых изделий на основе известии карбонизационного твердения с использованием отходов камнедобычи известняков / [Н.В. Любомирский, С.И. Федоркин, А.С. Бахтин, А.М. Акимов] // Сборник докладов II международной конференции BetonForumUA «Современные бетоны. Перспективы развития», г. Киев 7-8 апреля 2010 г. – Киев: Укрцемент, 2010. – С. 31 – 35.

*УДК 624.072.2.011*

## К ВОПРОСУ ПРОЧНОСТИ ФАНЕРНЫХ СТЕНОК ДЕРЕВОФАНЕРНЫХ БАЛОК ПЕРЕМЕННОЙ ВЫСОТЫ

**Пинчук Е.А., аспирант**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

Аналитическим путем, а также с помощью программного комплекса «Лира» выполнено исследование распределения главных растягивающих напряжений в фанерных стенках двускатной коробчатой балки и даны рекомендации по расчёту прочности фанерных стенок.

**Балки, переменная высота, фанерные стенки, прочность.**

### ВВЕДЕНИЕ.

Применение деревофанерных конструкций позволяет значительно снизить их массу, уменьшить затраты энергии на их производство, транспортирование и монтаж. Эффективность повышается при применении балочных и рамных элементов переменного сечения по длине, что достигается только за счет изменения высоты фанерных стенок без перерезания волокон пиломатериалов, из которых изготавливаются поясные элементы.

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ.

Экспериментальные исследования деревофанерных балок с параллельными продольными кромками и имеющими поперечные рёбра жесткости, часто показывают, что исчерпание их несущей способности связано с разрушением фанерных стенок в приопорных зонах, т.е. там, где действуют как касательные, так и нормальные напряжения [1,2]. Характер ступенчатого разрыва стенок, идущий от нижней части стенки к середине для балок с поперечным расположением рубашки фанеры по отношению к продольной оси

балки может быть подтверждением влияния главных растягивающих напряжений, направленных под углом к оси стенки [2].

Для ортогональной фанеры, являющейся листовым ортотропным материалом, прочностные свойства на растяжение (сжатие) в значительной степени зависят от направления действия сил, и минимальные их значения находятся для углов, близких к  $45^{\circ}$ . Это подтверждается многочисленными экспериментальными исследованиями, проведенными ранее в СССР и за рубежом [3]. На основании этого, в полярных и декартовых координатах построены зависимости как пределов прочности, так и расчётных сопротивлений для клееной берёзовой фанеры, фанеры из лиственницы и бакелизированной фанеры [1,4,5].

В действующие нормы проектирования деревянных конструкций для расчета прочности фанерных стенок деревофанерных балок, кроме проверки по максимальным касательным напряжениям в опорном сечении, помещен критерий прочности по главным растягивающим напряжениям и приведены графики определения расчетных сопротивлений фанеры растяжению в зависимости от углов приложения сил [6]. В связи с этим, открытым остаётся вопрос о нахождении сечения, в котором необходимо выполнять эту проверку. В вышедшем позднее пособии по проектированию деревянных конструкций эту проверку рекомендуется выполнять в зоне первого от опоры стыка в точках стенки, контактирующих с нижним (растянутым) поясом, а также, кроме того, предусмотрена проверка прочности фанерной стенки по нормальным растягивающим напряжениям в месте действия максимальных нормальных напряжений в поясах [7].

Следует отметить, что при изгибе величина главных растягивающих напряжений и их направление в значительной мере зависит от значений касательных напряжений, которые в действующей инструктивно-нормативной литературе рекомендуется выполнять по известной формуле Журавского с учётом приведенного сечения, что справедливо только для элементов постоянного сечения по длине. Поскольку в настоящее время получены принципиально новые результаты по определению скалывающих напряжений в двутавровых (коробчатых) элементах переменной высоты [9], то и распределение главных напряжений в стенках балок будет отличаться от общепринятого в литературе. Кроме того, в исследованиях по определению напряженно-деформированного состояния деревофанерных элементов обычно не учитываются ортотропные свойства фанеры.

#### **ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.**

Основной целью настоящей работы является оценка прочности фанерных стенок балок с линейно изменяющейся высотой. Для реализации поставленной цели необходимо решение задач определения нормальных, касательных и главных растягивающих напряжений в стенках двускатных деревофанерных балок при рассмотрении их как неоднородных систем, так и с учетом анизотропии фанерных стенок.

#### **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

Согласно действующим нормам и рекомендациям по проектированию деревянных конструкций [6, 7] для деревофанерных балок с продольным расположением волокон рубашки фанеры проверку прочности фанерных стенок рекомендуется выполнять исходя из условий: прочности на срез в месте действия максимальной поперечной силы, как правило, на опоре; прочности стенки на растяжение в сечении с максимальными усилиями в поясах; прочности по главным растягивающим напряжениям в зоне первого от опоры стыка.

Проверка прочности фанерной стенки на срез как для балок с параллельными гранями, так и переменной высоты выполняется в опорном сечении, в котором без учета переменной касательные напряжения можно определять по формуле Журавского. Постановка опорного ребра, участвующего в совместном восприятии со стенкой напряжений от опорной реакции, способствует повышению сдвиговой прочности фанерной стенки. В связи с этим, прочность фанерной стенки балки в опорном сечении в настоящей работе не рассматривается.

**ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ ПО НОРМАЛЬНЫМ НАПРЯЖЕНИЯМ.**

Проверку прочности фанерной стенки по краевым нормальным напряжениям согласно [6,7] рекомендуется выполнять по формуле:

$$\sigma_{\phi} = \frac{M}{W_{np}^{\delta}} \cdot \frac{E_{\phi}}{E_{\delta}} \leq R_{\phi p} \cdot m_{\phi}, \quad (1)$$

где  $M$  и  $W_{np}^{\delta}$  – изгибающий момент и момент сопротивления сечения, приведенный к материалу поясов;  $E_{\phi}$  и  $E_{\delta}$  – соответственно модули упругости фанеры и древесины вдоль волокон;  $R_{\phi p}$  – расчетное сопротивление фанеры растяжению вдоль волокон наружных слоев (для пятислойной фанеры  $R_{\phi p} = 14 \text{ МПа}$ );  $m_{\phi}$  – коэффициент, учитывающий снижение расчетного сопротивления фанеры в стыке на «ус» ( $m_{\phi} = 0,8$ ).

Проверка краевых напряжений в нижнем (растянутом) поясе в этом же сечении производится по формуле

$$\sigma_{\delta} = \frac{M}{W_{np}^{\delta}} \leq R_p, \quad (2)$$

где все обозначения соответствуют принятым ранее, а  $R_p$  – расчетное сопротивление растяжению древесины вдоль волокон (для сосны II сорта  $R_p = 9 \text{ МПа}$ ).

Пользуясь зависимостями (1), (2) краевые напряжения в фанерной стенке можно выразить через напряжения в поясе

$$\sigma_{\phi} = \sigma_{\delta} \times \frac{E_{\phi} \cdot 1,2}{E_{\delta}}, \quad (3)$$

где  $1,2$  – коэффициент к модулю упругости фанеры, работающей на изгиб в плоскости листа, введенный с учетом требований руководства [7].

Поскольку соотношение  $\frac{E_{\phi} \cdot 1,2}{E_{\delta}} = \frac{9000 \cdot 1,2}{10000} = 1,08$ , то приняв значение

максимальных напряжений в поясах равным расчетному сопротивлению растяжению для сосны II сорта максимальные значения напряжений в фанерной стенке согласно (3) составят

$$\sigma_{\phi}^{\max} = 9 \cdot 1,08 = 9,72 \text{ МПа}, \text{ что меньше } R_{\phi p} \cdot m_{\phi} = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ МПа}.$$

Отсюда следует, что прочность фанерной стенки при достижении предельных значений нормальных напряжений в растянутом поясе, всегда обеспечена.

Если принять для растянутого пояса древесину I сорта (для сосны  $\sigma_{\delta}^{\max} = R_p = 12 \text{ МПа}$ ), то

$$\sigma_{\phi}^{\max} = \sigma_{\delta}^{\max} \cdot 1,08 = 12 \cdot 1,08 = 12,96 \text{ МПа} > R_{\phi p} \cdot m_{\phi} = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ МПа}.$$

В этом случае, при наличии стыка в фанерной стенке, проверку выполнять необходимо. Если в приведенной выше формуле не вводить коэффициент  $1,2$  в значении модуля упругости фанеры, то проверку прочности фанерной стенки для древесины как первого, так и второго сорта выполнять не следует.

**ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ СТЕНКИ ПО ГЛАВНЫМ РАСТЯГИВАЮЩИМ НАПРЯЖЕНИЯМ.**

Проверка прочности фанерных стенок по главным растягивающим напряжениям выполняется по формуле

$$\frac{\sigma_{cm}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{cm}}{2}\right)^2 + \tau_{cm}^2} \leq R_{фр\alpha} \quad (4)$$

где  $\sigma_{cm}$  и  $\tau_{cm}$  - нормальные и касательные напряжения в стенке на уровне внутренней кромки нижнего пояса;  $R_{фр\alpha}$  - расчетное сопротивление растяжению фанеры под углом  $\alpha$ . Направление главных напряжений определяется из известной формулы

$$\alpha = \frac{1}{2} \arctg \frac{2\tau_{cm}}{\sigma_{cm}}.$$

Для деревофанерных балок с параллельными продольными кромками и балок с линейно изменяющейся высотой, при углах наклона граней до  $15^\circ$  нормальные напряжения в стенках могут быть определены по элементарной формуле  $\sigma_\phi = M \cdot y / I_{np}^\phi$ , касательные напряжения в элементах переменной высоты – согласно результатов работ [9, 10]. Прочность стенки оценивается согласно условия (4), предварительно вычислив значения и построив траектории главных растягивающих напряжений. После этого для каждой точки стенки можно определить по графикам [6] расчётные сопротивления растяжению фанеры под углом  $\alpha$  к направлению волокон. Такую задачу, а также определение всех компонент напряжений с учетом анизотропных свойств фанеры, включая и приопорные зоны, позволяют выполнить существующие программные комплексы путем построения конечно-расчетных схем. Задачу для проверки прочности стенки будем решать с помощью метода конечных элементов и аналитическим путём, пользуясь для определения касательных напряжений в стенке результатами работ [2,9,10].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛАВНЫХ РАСТЯГИВАЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ МКЭ.

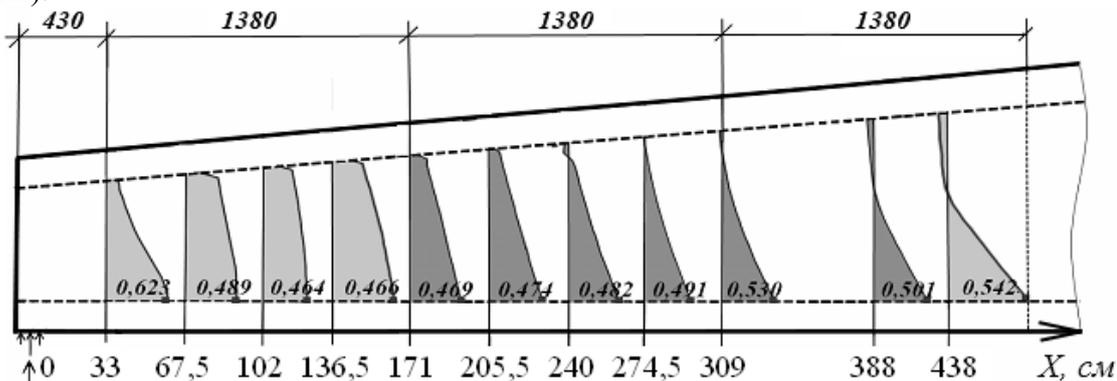
Вычислим главные растягивающие напряжения в двускатной деревофанерной балке коробчатого сечения, пролетом 11,9м, аналитический расчет которой представлен в [8]. Численный расчет балки выполним с помощью программного комплекса «Лира» (версия 9.6) с сохранением принятых в указанном примере геометрических размеров сечения балки

$$b_n = 13,2 \text{ см}, \quad h_n = 16,0 \text{ см}, \quad \delta_{cm} = 1,0 \text{ см}, \quad h_{on} = 90 \text{ см}, \quad h_{cp} = 148 \text{ см}$$

Пояса балки разбивались на объемные конечные элементы типа 36 и 34 с размерами  $2 \times 2 \times 3,3 \text{ см}$ , а стенки - на конечные элементы плоской задачи типа 27 и 24 размерами  $2 \times 2 \text{ см}$ . Количество конечных элементов по высоте опорного сечения составило 45КЭ, а в середине балки – 74КЭ. Опорные реакции прикладывались в узлах сетки по нижнему поясу вдоль опорных площадок длиной по  $2 \times 10 = 20 \text{ мм}$ . Нагрузка распределялась по верхним контурным узлам конечных элементов интенсивностью  $0,13 \text{ кН}$  в узле, что соответствует расчетной предельной нагрузке  $q = 16,62 \text{ кН/м}$ , принятой в [8]. Жесткостные характеристики конечных элементов поясов принимались следующими: модуль упругости  $E = 10000 \text{ МПа}$ ; коэффициент Пуассона  $\nu = 0,02$ ; плотность  $\rho = 5 \text{ кН/м}^3$ . Для фанерной стенки рассматривались два случая жесткостных характеристик: изотропная и ортотропная фанерная стенка. В первом случае рассчитывалась балка с изотропными характеристиками КЭ стенок: модуль упругости  $E = 9000 \text{ МПа}$ ; коэффициент Пуассона  $\nu = 0,085$ ; плотность  $\rho = 6 \text{ кН/м}^3$ . Во втором случае конечным элементам фанеры были присвоены ортотропные свойства со следующими характеристиками: модули упругости вдоль (x) и поперек (z) наружных волокон шпона -  $E_x = 9000 \text{ МПа}$ ,  $E_z = 6000 \text{ МПа}$  и коэффициенты Пуассона

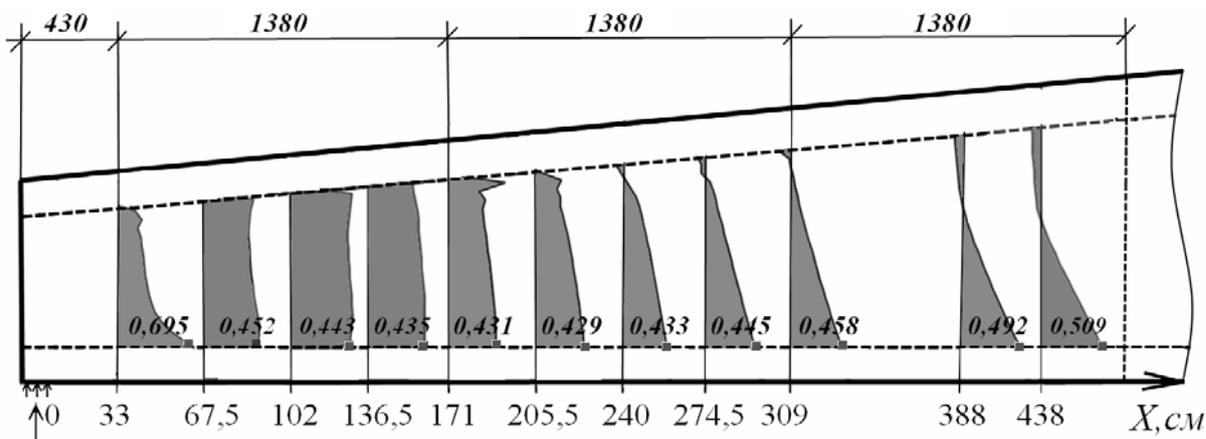
$\nu_{xz} = 0,085$ ,  $\nu_{zx} = 0,065$  соответственно. Модуль сдвига  $G_{xz} = 750 \text{ МПа}$ , плотность  $\rho = 6 \text{ кН/м}^3$ . Эти упругие постоянные соответствуют принятым в нормах проектирования деревянных конструкций [6].

В результате расчета получены нормальные  $\sigma_x$ , касательные  $\tau_{xy}$  и главные растягивающие напряжения (в  $\text{кН/см}^2$ ), а также траектории последних в различных точках по длине и высоте поперечных сечений фанерной стенки. На рис. 1 представлены эпюры главных растягивающих напряжений ( $\text{кН/см}^2$ ) в стенке без учёта её ортотропии в сечениях трех приопорных отсеков ( $x$  - расстояние от опорного до рассматриваемого сечения).



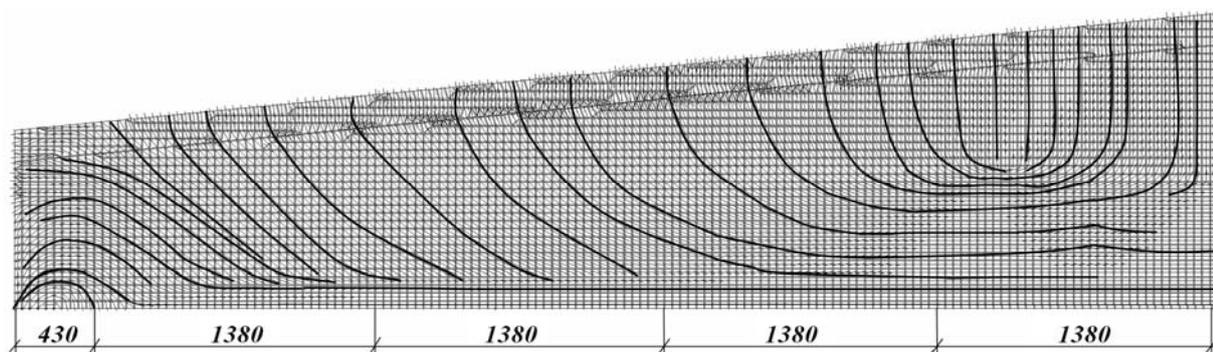
**Рис. 1. Эпюры главных растягивающих напряжений в стенке без учёта её ортотропных свойств**

В верхней части рисунка также нанесены места вертикальных стыков фанеры по длине балки, перекрываемые поперечными рёбрами жёсткости.



**Рис. 2. Эпюры главных растягивающих напряжений в фанерной (ортотропной) стенке**

На рис. 2 показаны эпюры главных растягивающих напряжений (в  $\text{кН/см}^2$ ) по высоте фанерных стенок с учетом ортотропных свойств фанеры на участках между внутренними кромками поясов в сечениях, представленных на предыдущем рисунке. Путем соединения направлений напряжений смежных конечных элементов фанерной (ортотропной) стенки были получены траектории главных растягивающих напряжений, представленные на рис. 3.



**Рис. 3 Траектории главных растягивающих напряжений в фанерной (ортотропной) стенке**

Согласно представленным эпюрам, наиболее неблагоприятное для фанерной стенки сочетание значений и направления действия главных растягивающих напряжений характерно для первой приопорной панели. В табл. 1 приведены результаты вычисления значений главных напряжений и сопоставления с соответствующими значениями расчетных сопротивлений фанеры в сечениях на расстоянии  $x = 67,5 \text{ см}$ ,  $102,0 \text{ см}$ ,  $136,5 \text{ см}$ ,  $171,0 \text{ см}$  от опоры для двух случаев упругих характеристик фанерной стенки. Эти расстояния приняты равномерно удаленными от первого от опоры стыка с интервалом  $34,5 \text{ см}$ .

**Таблица 1**  
**Сравнение значений главных растягивающих напряжений с расчетными сопротивлениями фанерной стенки**

\	у, см	Изотропная стенка				Ортотропная стенка			
		главные напряжения	$\alpha$ , град.	$R_{фра}$	перенапряжение («+»); недонапряжение («-»), %	главные напряжения	$\alpha$ , град.	$R_{фра}$	перенапряжение («+»); недонапряжение («-»), %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
76,5	76	0,316	39,9	0,41	-23	0,424	35,9	0,43	-1
	56	0,385	37,1	0,42	-8	0,389	35,4	0,43	-9
	36	0,463	37,5	0,42	+10	0,432	33,3	0,48	-10
	16	0,489	40,9	0,40	+22	0,452	36,2	0,43	+6
102,0	86	0,307	43,8	0,40	-23	0,465	35,1	0,42	-11
	60	0,377	42,6	0,41	-8	0,434	38,8	0,42	+3
	36	0,437	41,4	0,40	+9	0,459	38,2	0,42	+9
	16	0,464	39,6	0,41	+13	0,443	40,2	0,41	+8
146,5	84	0,226	46,8	0,39	-42	0,361	36,0	0,43	-16
	64	0,314	44,1	0,40	-22	0,373	38,0	0,41	-9
	40	0,397	40,6	0,41	+3	0,338	37,7	0,42	-20
	16	0,466	35,5	0,42	+11	0,435	37,7	0,42	+4
171	16	0,469	32,4	0,39	+21	0,431	34,6	0,36	+5

В последней строке этой таблицы приведены значения главных растягивающих напряжений и условия прочности в нижней точке стенки сечения на расстоянии  $x = 171,0 \text{ см}$  (место вертикального стыка фанеры). В шестом и десятом столбцах этой таблицы представлены процентные значения перенапряжений или недонапряжений.

Исходя из данных табл. 1, наибольшее перенапряжение по главным растягивающим напряжениям (22%) при рассмотрении стенки без учета ортотропных свойств наблюдается, кроме сечения со стыком фанеры, в сечении при  $x = 76,5 \text{ см}$ , находящемся на расстоянии  $0,85h_{он}$  ( $h_{он}$  - высота опорного сечения) на уровне внутренней грани нижнего пояса. Учёт ортотропии фанерных стенок значительно уменьшает значения главных растягивающих напряжений и здесь перенапряжение в фанерной стенке составляет не более 6-8%.

**АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛАВНЫХ РАСТЯГИВАЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ.**

Как было отмечено ранее, при определении главных растягивающих напряжений в фанерной стенке балок переменной высоты при уклонах до  $15^{\circ}$  и неучете влияния приопорных зон, нормальные напряжения в поясах и в фанерной стенке можно определять исходя из гипотезы плоских сечений.

Касательные напряжения в фанерной стенке несимметричной балки с учётом приведенного сечения могут определяться согласно выражения, полученного в [9]

$$\tau_{\phi} = \frac{QS}{\delta I_{np}^{\phi}} + \frac{M}{\delta I_{np}^{\phi}} \left( \frac{dS_{np}^{\phi}}{dx} + \frac{1}{2} \delta y \frac{dh}{dx} \right) - \frac{MS_{np}^{\phi}}{\delta I_{np}^{\phi 2}} \cdot \frac{dI_{np}^{\phi}}{dx}, \quad (5)$$

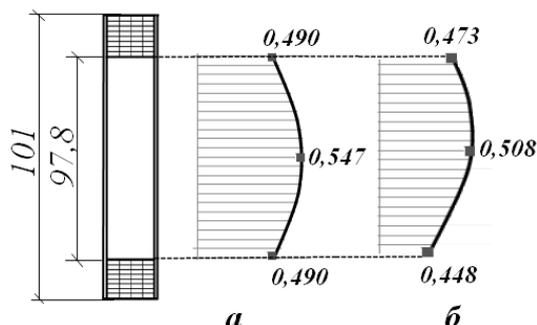
где  $M, Q$  – изгибающий момент и поперечная сила в сечении балки;  $\delta$  – толщина стенки (для коробчатой балки  $\delta = 2\delta_{\phi}$ );  $y$  – расстояние от нейтральной оси до точки, в которой определяются напряжения (положительным считается направление в сторону наклонной грани балки);  $\frac{dh}{dx}$  – производная функции высоты сечения балки (для балок с линейно изменяющейся высотой – тангенс угла наклона грани).

В этом выражении момент инерции сечения  $I_{np}^{\phi}$ , статический момент отсечённой части сечения  $S_{np}^{\phi}$  на уровне  $y = (h - 2h_n)/2$  и их производные по  $x$  для коробчатой балки вычисляются следующим образом

$$S_{np}^{\phi} = \frac{1}{2} \left[ b_n h_n \frac{E_{\phi}}{E_{\delta}} (h - h_n) + \delta \cdot h_n (h - h_n) \right], \quad \frac{dS_{np}^{\phi}}{dx} = \frac{1}{2} \left[ b_n h_n \frac{E_{\phi}}{E_{\delta}} + \delta \cdot h_n \right] \frac{dh}{dx}, \quad (6)$$

$$I_{np}^{\phi} = 2 \left[ \frac{b_n h_n^3}{12} + b_n h_n \left( \frac{h - h_n}{2} \right)^2 \right] \frac{E_{\phi}}{E_{\delta}} + \frac{\delta h^3}{12}, \quad \frac{dI_{np}^{\phi}}{dx} = \left[ b_n h_n (h - h_n) \frac{E_{\phi}}{E_{\delta}} + \frac{\delta h^2}{4} \right] \frac{dh}{dx}.$$

По приведенным зависимостям выполним проверку прочности фанерной стенки на действие главных растягивающих напряжений в сечении при  $x = 76,5 \text{ см}$ , где внутренние усилия  $M = 61,8 \text{ кНм}$ ,  $Q = 86,0 \text{ кН}$ . Полная высота сечения  $h = 1,01 \text{ м}$ , момент инерции  $I_{np}^{\phi} = 817256 \text{ см}^4$ ,  $I_{np}^{\delta} = 879503 \text{ см}^4$ . На рис. 4 показаны эпюры скалывающих напряжений в фанерной стенке этого сечения, построенных по значениям напряжений по формуле Журавского и согласно (5).



**Рис. 4. Эпюры касательных напряжений в фанерных стенках: а) по формуле Журавского; б) с учетом переменности сечения**

Нормальные напряжения в этом сечении в фанерной стенке на уровне внутренней грани нижнего пояса

$$\sigma_{\phi} = \frac{M \cdot (h/2 - h_n)}{I_{np}^{\circ}} \times \frac{E_{\phi}}{E_o} = \frac{6180 \cdot (101/2 - 16)}{879503} \cdot \frac{9000 \cdot 1,2}{10000} = 0,262 \text{ кН/см}^2 .$$

Сначала выполним проверку прочности стенки по главным растягивающим напряжениям на уровне внутренней кромки растянутого пояса по формуле (4) при значении касательных напряжений, вычисленных по формуле Журавского

$$\sigma_p = \frac{0,262}{2} + \sqrt{\left(\frac{0,262}{2}\right)^2 + 0,49^2} = 0,638 \text{ кН/см}^2 > R_{\phi p \alpha} = 0,42 \text{ кН/см}^2 , \quad \text{где}$$

расчетное сопротивление фанеры  $R_{\phi p \alpha} = 0,42 \text{ кН/см}^2$  принято для угла

$$\alpha = \frac{1}{2} \arctg \frac{2 \cdot 0,490}{0,262} = 37,5^{\circ} \text{ согласно [6]. Перенапряжение здесь составляет 52\%.$$

Проверка прочности фанерной стенки по главным растягивающим напряжениям при значении касательных напряжений, вычисленных с учетом переменной высоты:

$$\sigma_p = \frac{0,262}{2} + \sqrt{\left(\frac{0,262}{2}\right)^2 + 0,448^2} = 0,598 \text{ кН/см}^2 > R_{\phi p \alpha} = 0,42 \text{ кН/см}^2 .$$

В этой формуле расчетное сопротивление фанеры  $R_{\phi p \alpha} = 0,42 \text{ кН/см}^2$  соответствует направлению главных растягивающих напряжений

при  $\alpha = \frac{1}{2} \arctg \frac{2 \cdot 0,448}{0,262} = 36,9^{\circ}$ . Сравнение значений главных растягивающих

напряжений показало, что учёт переменной сечения балки даёт некоторое (до 7%) их уменьшение.

### Выводы

1. При достижении в поясе предельных значений растягивающих напряжений, равных расчетному сопротивлению растяжению нет необходимости в выполнении проверки прочности стенки по нормальным напряжениям, включая и место стыка.

2. Переменность сечения вносит существенное влияние на величину и характер распределения скалывающих напряжений в фанерных стенках. Их уменьшение (по сравнению с вычисленными по формуле Журавского) является некоторым резервом прочности стенок на действие главных растягивающих напряжений.

3. Кроме проверки прочности фанерной стенки по главным растягивающим напряжениям, в сечении первого от опоры стыка, необходима также проверка в нижних точках приопорной панели в интервале  $(0,85 - 1,2)$  высоты опорного сечения.

4. Рассмотрение фанерных стенок в виде ортотропных пластин в сочетании с учётом переменной сечения по длине даёт значительное уменьшение главных напряжений, что повышает их надёжность при прочностных расчетах.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Корзон С.А., Светозарова Е.И., Серов Е.Н. Некоторые вопросы экспериментального исследования клефанерных балок // Повышение надежности и долговечности строительных конструкций: Межвуз. темат. научно-техн. сб. № 2 / ЛИСИ, 1972. – С. 85-92.
2. Кириленко В.Ф., Кузенков М.Ю., Пинчук Е.А. Напряжения в деревофанерных балках постоянного и переменного сечения // Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. - vol.11B.– Simferopol – Lublin, 2009. – С. 196-211.
3. Справочное руководство по древесине / Лаборатория лесных продуктов США. Пер. с англ. - М.: Лесная пром-сть, 1979. - 544 с.

4. Светозарова Е.И., Серов Е.Н., Корзон С.А., Лихачев В.Д. Результаты исследования физико-механических свойств фанеры ФСФ сорта В/ВВ и повышение эффективности ее конструктивного использования для балок // Инженерные конструкции: Краткое содержание докладов к XXXI научной конференции / ЛИСИ, 1973. – С. 104-107.
5. Ашкенази Е.К. Анизотропия древесины и древесных материалов. – М.: «Лесная промышленность», 1978. – 224 с.
6. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции. Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1983.– 31 с.
7. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80) / ЦНИИСК им. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1986. – 216 с.
8. Индустриальные деревянные конструкции. Примеры проектирования: Учеб. пособие / под ред. Ю.В. Слишкоухова. – М.: Стройиздат, 1991. – 256 с.
9. Кириленко В.Ф., Пинчук Е.А. Напряжения в стенках деревофанерных элементов переменной высоты // Современные строительные конструкции из металла и древесины: Сб. научн. тр. / ОГАСА. – Одесса, 2010. – Вып. 14 (Часть 1). - С. 108-112.
10. Кириленко В.Ф., Махновский В.Л. К вопросу расчета деревофанерных балок переменной высоты // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 1999. - Вип. 8. – С. 164-168.

**РАЗДЕЛ 4.****ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, МЕХАНИКА И СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ***УДК 69.059.22***БУРОИНЪЕКЦИОННЫЕ СВАИ С ЛОКАЛЬНЫМ ЗАКРЕПЛЕНИЕМ ГРУНТА, ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ****Литовченко П.А. доц. к.т.н., Панасюк Т.В. аспирант***Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

Обоснована необходимость изучения напряженно-деформируемого состояния буроинъекционных свай с локальным закреплением грунта при совместном действии вертикальной и горизонтальной нагрузки, рассмотрены возможные расчетные схемы данного типа свай.

**Основания, фундаменты, буроинъекционные сваи, локальное закрепление грунта, гибкость ствола свай, расчетная схема свай.**

**ВВЕДЕНИЕ**

Новое строительство в современных условиях тесно связано с проблемой наличия свободных территорий. Решением данной проблемы является строительство в сложных геологических условиях, реконструкция и перепрофилирование существующих зданий. С каждым годом человечество занимает под строительство все более опасные территории (зоны с повышенной сейсмичностью, территории с оползнями и т.п.). Кроме того возрастает этажность возводимых зданий, что соответственно приводит к увеличению нагрузки на основание. Поэтому к конструкциям фундаментов предъявляют повышенные требования прочности, надежности и долговечности. Инженеры всего мира заняты поиском новых надежных, безопасных и, в свою очередь, экономичных решений в области фундаментостроения.

Данная проблема особенно остро проявляется при строительстве на территории Крыма, где практически все строительные площадки характеризуются сложными инженерно-геологическими условиями, в которых наиболее целесообразным является применение различного вида свай.

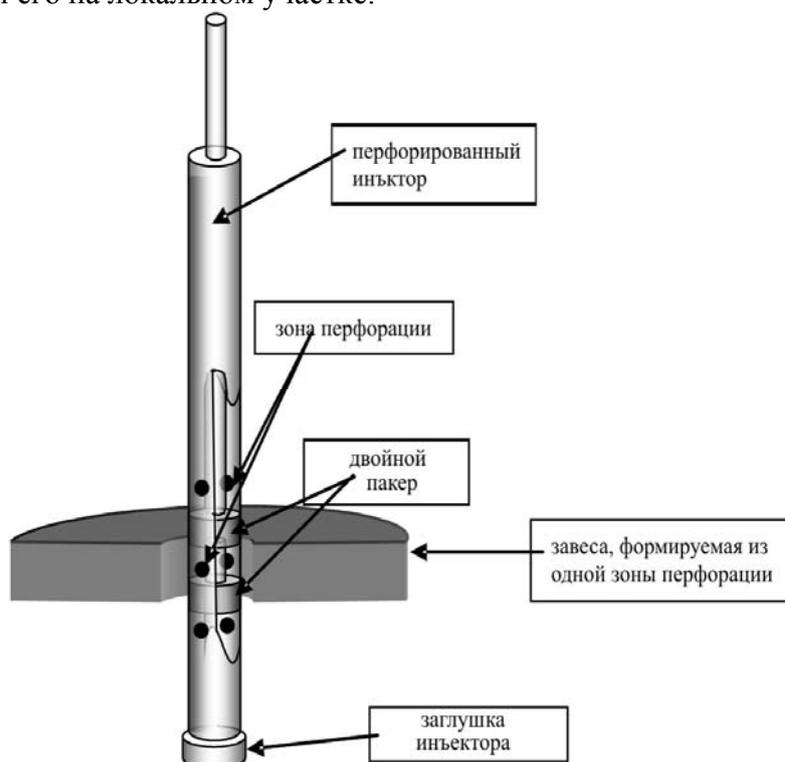
Устройство свайного основания при возведении новых объектов и реконструкции существующих [8] в условиях плотной городской застройки часто обуславливает повреждение уже имеющихся строений вызванное применением традиционных технологий бурения скважин и забивкой свай. Поэтому предпочтение отдается буроинъекционным сваям. При их использовании отсутствуют динамические и вибрационные воздействия на грунт при выполнении работ, характерно относительно бесшумное и быстрое проведение работ с применением малогабаритного оборудования и минимальным использованием ручного труда.

На сегодняшний день разработаны различные конструктивные схемы буроинъекционных свай [4], обеспечивающие их высокую несущую способность и экономическую эффективность. Одной из таких схем является устройство буроинъекционных свай с локальным закреплением грунта, позволяющие улучшить прочностные свойства грунта [3] и повысить жесткость свай.

**АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ**

Буроинъекционные сваи являются одной из разновидностей набивных свай [5]. Они отличаются большой гибкостью ( $l/d = 80-120$ ) в связи с малым диаметром ( $d = 120-250$  мм); материалом ствола (цементный раствор); способом изготовления (инъекция раствора в скважину). Повышенная гибкость свай создает проблему потери устойчивости. Избежать этого позволяет технология, разработанная и применяемая ООО «ТИССА», путем выполнения буроинъекционных свай с локальным закреплением грунта. Смысл указанной

технологии (рис.1) заключается в том, что при нагнетании цементно-силикатного раствора в грунт через перфорацию иньектора образуется цементное уширение, проникающее в грунт и закрепляя его на локальном участке.



**Рис.1. Схема формирования локальной зоны закрепления**

Технологическая схема устройства таких свай (рис.2) включает:

1. - бурение скважины;
2. - монтаж в скважине трубчатого каркаса;
3. - формирование тампонажной обоймы;
4. - разрыв тампонажной обоймы и иньектирование растворной смеси в окружающий грунт;
5. - срезание головы сваи.

Выбор инструмента бурения (шнек, шарошечное долото или колонковая труба) определяется грунтовыми условиями, а диаметр бура принимают в зависимости от требуемой несущей способности сваи с учетом марки станка. Для предотвращения искривления ствола скважины используются направляющие.

Тело сваи армируют пространственным каркасом, изготавливаемым из стержневой арматуры, соединенным с трубчатым иньектором, который по окончании работ остается в теле сваи и является дополнительной жесткой арматурой. Иньектор изготавливается из стальной трубы, в которой предусмотрены отверстия, расположенные с определенным шагом. При необходимости иньектор собирается секциями на резьбовых соединениях методом скользящей посадки.

Формирование тампонажной обоймы осуществляется путем заполнения скважины цементным раствором через подающий шланг иньекционной станции, опущенный в забой скважины.

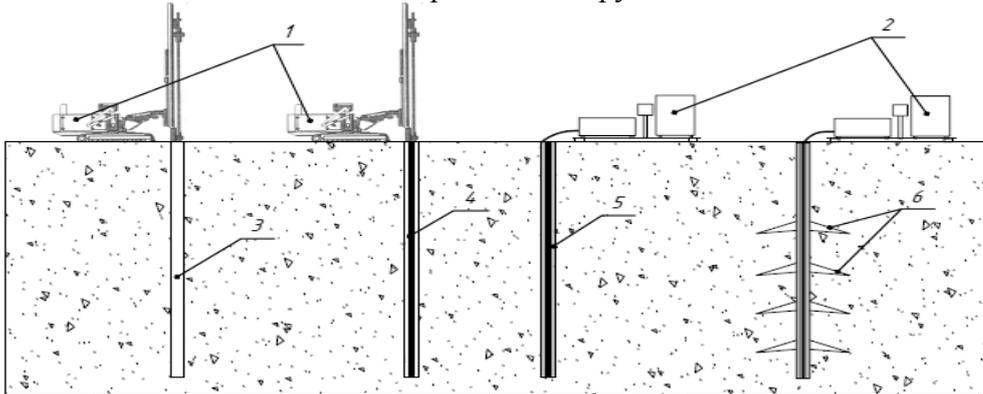
Разрыв тампонажной обоймы, для создания цементных уширений, выполняется не ранее 12 часов и не позже 24 часов после их формирования. Разрыв производится цементно-силикатным раствором при помощи двойного или одинарного пакера. В зависимости от грунтовых условий давление разрыва составляет от 15 бар до 30 бар. Нагнетание цементно-силикатного раствора в зоны клапанов выполняется снизу-вверх.

После окончания нагнетания цементного раствора по всей длине, необходимо срезать голову сваи в уровень чистого пола.

Учитывая относительно малый диаметр пробуриваемой скважины и, следовательно, малые габариты применяемых буровых машин, описанная технология может быть легко реализована на строительной площадке в условиях сложных рельефов и плотной застройки. Буровые работы можно проводить с помощью установок IPC DRILL 830BB и IPC DRILL 1400. Однако, не смотря на явные преимущества свай данного типа по сравнению с обычными буронабивными сваями, их широкому внедрению препятствует отсутствие нормативной базы расчета и проектирования.

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Выявить несоответствия в расчетной схеме, принятой при определении несущей способности свай в нормативной методике, с реальным деформированным состоянием буронабивных свай с локальным закреплением грунта.



**Рис.2. Технологическая схема устройства буронабивной сваи:**

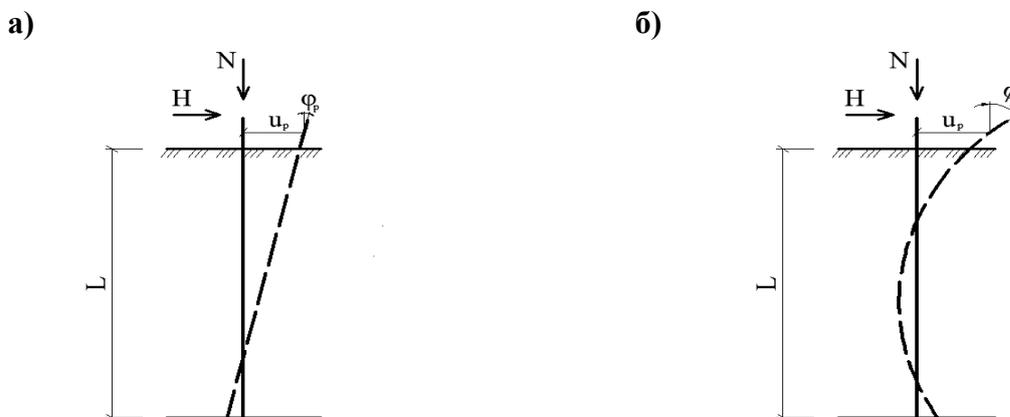
1 – буровая машина; 2 – инъекционный комплекс; 3 – пробуренная скважина; 4 – арматурный каркас с инъектором; 5 – цементная тампонажная обойма; 6- цементное уширение

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ нормативной и технической литературы по вопросам расчета напряженно-деформированного состояния буронабивных свай при действии вертикальной и горизонтальной нагрузки.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Вопрос взаимодействия свай с окружающим грунтом изучали многие исследователи [2]. По результатам работ Герсевича Н.М., Завриева К.С., Костерина Э.В., Снитко Н.К., Шпиро Г.С., Голубкова В.Н., Знаменского В.В., Федоровского В.Г., Швеца В.Б. были приняты расчетные схемы (рис.3) деформированного состояния свай, положенные в основу расчетных положений современных норм [1].



**Рис. 3. Расчетные схемы горизонтально нагруженных свай:**

а - для коротких жестких свай, поворачивающихся в грунте без изгиба;  
б - для свай, изгибающихся в грунте.

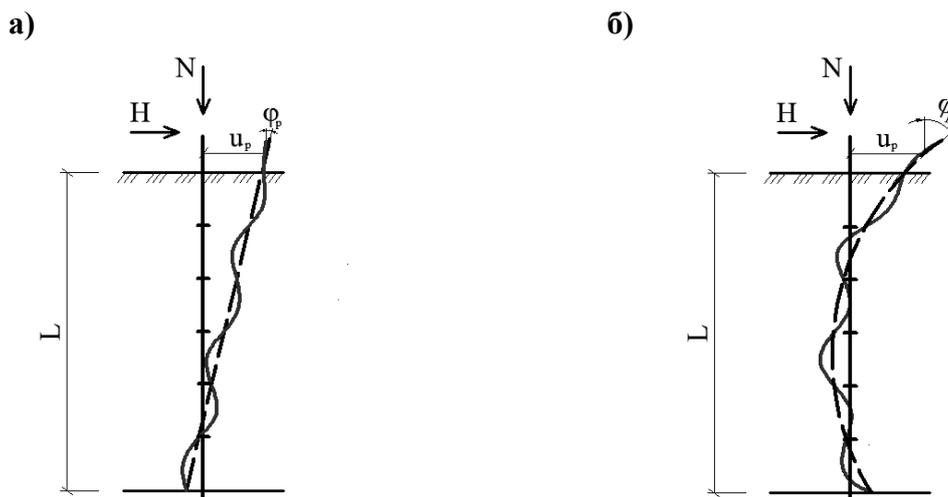
В зависимости от характера деформаций свай в грунте различают:

1. Короткие жесткие сваи, поворачивающиеся в грунте без изгиба. Разрушение системы «свая-грунт», в данном случае, происходит за счет потери устойчивости грунтом основания[6];

2. Сваи, изгибающиеся в грунте. При совместном действии вертикальной и горизонтальной нагрузки свая испытывает продольно-поперечный изгиб, который характеризуется прогибом сваи по одной полуволне синусоиды[6].

В первом случае расчет базируется на положениях теории предельного равновесия грунтов. Во втором расчетные положения основаны на использовании модели местных упругих деформаций, согласно которым различают две стадии напряженно-деформируемого состояния системы «свая-грунт». В первой стадии грунт, окружающий сваю, рассматривается как упругая линейно-деформируемая среда, во второй стадии - в верхней части грунта, образуется зона предельного равновесия (пластическая зона).

С нашей точки зрения обе расчетные модели не отражают особенности взаимодействия буроинъекционных свай с зонами локального закрепления грунта и основания, что приводит к недооценке их несущей способности. Это связано с тем, что зоны локального закрепления грунта по высоте сваи, выполняют роль дополнительных связей, что несколько изменяет характер деформирования сваи, а следовательно и расчетную схему (рис.4). Учет отмеченной особенности позволит приблизить расчетную схему сваи к ее реальному поведению под нагрузкой в предельном состоянии и уменьшить расчетную длину ствола сваи.



**Рис.4. Предлагаемые расчетные схемы буроинъекционных свай с локальным закреплением грунта:**

**а – для коротких свай; б - для свай, изгибающихся в грунте.**

#### **Выводы**

1. Применение буроинъекционных свай с локальным закреплением грунта являются одним из передовых способов устройства свайных оснований.

2. Принятые в нормах [1] расчетные схемы свай не учитывают особенности взаимодействия буроинъекционных свай с зонами локального закрепления грунта и основания

3. Формирование зон локального закрепления грунта в буроинъекционных сваях накладывает специфическое влияние на деформированную схему сваи при приложении нагрузки. Зоны локального закрепления грунта можно рассматривать как дополнительные горизонтальные связи ствола сваи.

4. Для обоснованного применения предложенных расчетных схем в практике проектирования буроинъекционных свай с локальным закреплением грунта необходимо провести экспериментальные и теоретические исследования их напряженно-деформируемого состояния при действии горизонтальной и вертикальной нагрузки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ДБН В.2.1-10-2009. Зміна № 1. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. – Взамен СНІП 2.02.03-85; Введ. 01.07.2011. – К.:Мінрегіонбуд України, 2011
2. Знаменский В.В. Инженерный метод расчета горизонтально нагруженных групп свай. Учебное пособие для вузов.-М.: АСВ, 2000. – 128 с., с илл.
3. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти» (видання друге, перероблене і доповнене) / М.Л. Зоценко, В.І. Коваленко, А.В. Яковлев, О.О. Петраков, В.Б. Швець, О.В. Школа, С.В. Біда, Ю.Л. Винников. – Полтава: ВАТ «Видавництво «Полтава», 2004. – 568 с.
4. Мангушев Р.А., Ершов А.В., Осокин А.И. Современные свайные технологии: Учебное пособие.- 2-е изд., перераб. и доп. – М.: АСВ, 2010. – 240 с.
5. Рекомендации по применению буроинъекционных свай./ НИИОСП им. Н. М. Герсеванова Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1984. – 28 с.
6. Сваи и свайные фундаменты (справочное пособие). Н. С. Метелюк, Г. Ф. Шишко, А. Б. Соловьева, В. В. Грузинцев. – Киев: Будівельник, 1977. – 256 с
7. Тугаенко Ю.Ф. Процессы деформирования грунтов в основаниях фундаментов, свай и свайных фундаментов. – О.: Астропринт, 2008. – 216с.
8. Швец В.Б., Феклин В.И., Гинзбург Л.К. Усиление и реконструкция фундаментов. – М.: Стройиздат, 1985 – 204 с. с ил.

**УДК 502(477.75):624.131.23**

## УРАВНЕНИЯ РЕГРЕССИИ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЁССОВЫХ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ РАВНИННОГО КРЫМА

**Сухорученко С.К., инженер-геолог I категории**

*Частное предприятие «Институт «КРЫМГИИИТИЗ»*

В статье рассматриваются особенности корреляционной зависимости прочностных характеристик от физических свойств просадочных лёссовых грунтов Равнинного Крыма и их изменение под влиянием хозяйственной деятельности человека. Приведены регрессионные уравнения зависимости удельного сцепления от плотности грунта и угла внутреннего трения от естественной влажности.

**Лёсс, просадочные грунты, физические характеристики, удельное сцепление, угол внутреннего трения, регрессионные уравнения, Равнинный Крым.**

### ВВЕДЕНИЕ И АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

Модель состояния грунта показывает наиболее существенные свойства объекта исследования, а второстепенные игнорируются, поэтому любые модели состояния природного объекта приближительны [1], но составление таких моделей в виде регрессионных уравнений являются наиболее эффективной формой обобщения физико-механических свойств грунтов [2].

Лёссовый грунт – континентальный пылевато-глинистый грунт разного происхождения, который содержит более 50% пылеватых частиц и имеет свойственные только ему признаки, при этом его разновидности обладают или утратили свойствами проседания [2].

Лёссовые грунты Равнинного Крыма это первые от поверхности отложения, после почвы, на которых осуществляется и преобладает хозяйственная деятельность человека в Равнинном Крыму, поэтому к данным грунтам должно быть повышенное внимание при изучении их состояния и инженерно-геологических свойств. Лёссы Равнинного Крыма, стратиграфически принадлежать всем отделам четвертичной системы, генетически – к эолово-делювиальным отложениям, их мощность колеблется от 3 до 50м. На формирование лёссовых пород Равнинного Крыма оказали влияние тектонические движения, миграция

морских бассейнов и особенности рельефа [3, 4]. Лёссовые породы занимают более 50% Крымского полуострова [4].

Для лёссовых отложений Украины установлена корреляционная зависимость между прочностными характеристиками и физическими характеристиками такими, как плотность грунта и влажность на границе текучести [2].

Актуальность создания регрессионных уравнений прочностных характеристик лёссовых грунтов Равнинного Крыма, для природных (ПК) и природно-технических комплексов (ПТК) заключается в оперативном прогнозировании возможных изменений состояния лёссов при взаимном влиянии грунтового массива и инженерных объектов. Это позволяет повысить эффективность при инженерно-геологических и проектно-испытательских работах. Необходимость составления двух различных таблиц прочностных характеристик для ПК и ПТК, заключается в участившихся разрушениях сооружений и зданий, после их 10-20-летней эксплуатации, которые объяснить, заложенными при проектировании характеристиками невозможно. Составление отдельных таблиц для ПК и ПТК лёссовых грунтов Равнинного Крыма предложено впервые.

#### **ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ, ОБЪЕКТ, ПРЕДМЕТ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ**

Цель работы – оценка изменения прочностного состояния просадочных лёссовых отложений Равнинного Крыма при помощи регрессионных уравнений.

Задачи исследования:

– установления коэффициентов корреляции между прочностными характеристиками и их физическими характеристиками для ПК и ПТК;

– составление регрессионных уравнений зависимостей между удельным сцеплением, углом внутреннего трения и их физическими характеристиками для ПК и ПТК.

Объектом исследования служат лёссовые суглинки и глины Равнинного Крыма.

Предмет исследования – изменение удельного сцепления, угла внутреннего трения просадочных лёссовых отложений от их физических характеристик при хозяйственной деятельности человека.

Изучение изменения геологической среды проводилось на основе инженерно-геологических и лабораторных методов применяемых в Украине, корреляционного анализа и математических методов.

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Для Равнинного Крыма среди лёссовых отложений преобладают суглинки (63%) от общего количества определений (5290), оставшаяся часть – это глины. Супеси в лёссах Равнинного Крыма практически отсутствуют (всего 19 определений из 5309), поэтому они, в данной статье, не рассматриваются, из-за недостаточного количества определений.

Определения прочностных показателей производилось по результатам консолидированного сдвига для этих грунтов. Для оценки тесноты связи между удельным сцеплением, углом внутреннего трения и их физическими характеристиками использовано 397 парных определений из ПК и 509 – из ПТК при помощи коэффициента корреляции (табл. 1).

Удельное сцепление в ПК образует корреляционную связь с плотностью грунта (глины и суглинки) и с естественной влажностью, влажностью на границе текучести и раскатывания (глины), а угол внутреннего трения с естественной влажностью (глины и суглинки).

Удельное сцепление и угол внутреннего трения в ПТК обладают меньшими значениями коэффициента корреляции и это притом, что количество парных определений на 22% больше, чем из ПК. Данное обстоятельство не говорит о том, что между прочностными характеристиками нет связей с их физическими характеристиками, здесь можно говорить только о наличие неизвестных переменных факторов, которые влияют на эти связи. Поэтому рассмотрение лёссовых грунтов из ПТК рассматриваются по схеме предложенной для этих грунтов из ПК.

Для создания таблиц значений удельного сцепления и угла внутреннего трения были определены крайние значения естественной влажности и плотности грунта в ПК и ПТК (табл. 2). Для удельного сцепления составлены уравнения регрессии от плотности грунта (табл. 3), а для угла внутреннего трения – естественной влажности (табл. 4).

Выбранные физические характеристики отражают более точный прогностический результат прочностных характеристик, в отличие от ДБН В.2.1-10-2009 [5], где значения прочностных характеристик для четвертичных грунтов подбираются в зависимости от коэффициента пористости.

**Таблица 1**  
**Оценка корреляционной связи между прочностными показателями лёссовых отложений Равнинного Крыма и их физическими характеристиками при помощи коэффициента корреляции**

Прочностные характеристики	Физические характеристики	ПК		ПТК	
		глины	суглинки	глины	суглинки
Удельное сцепление	Естественная влажность, д.е.	0,368	0,298	0,006	0,060
	Влажность на границе текучести, д.е.	0,459	0,204	0,115	0,019
	Влажность на границе раскатывания, д.е.	0,458	0,060	-0,038	0,068
	Число пластичности, б.р.	0,153	0,079	0,195	-0,042
	Показатель текучести, б.р.	0,030	0,162	-0,035	0,037
	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>	0,329	0,398	0,323	0,219
	Плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup>	0,177	0,260	0,320	0,203
	Плотность частичек грунта, г/см <sup>3</sup>	0,224	0,094	0,042	-0,032
	Коэффициент пористости, б.р.	-0,133	-0,266	-0,292	-0,185
	Пористость, %	-0,153	-0,251	-0,254	-0,204
	Коэффициент водонасыщения, б.р.	0,002	-0,022	-0,043	-0,006
Угол внутреннего трения	Естественная влажность, д.е.	-0,518	-0,308	-0,205	-0,102
	Влажность на границе текучести, д.е.	-0,190	-0,077	0,011	0,088
	Влажность на границе раскатывания, д.е.	-0,234	-0,061	0,031	-0,030
	Число пластичности, б.р.	0,021	-0,070	-0,083	0,139
	Показатель текучести, б.р.	-0,398	-0,263	-0,214	-0,079
	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>	-0,168	-0,201	-0,044	-0,138
	Плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup>	0,115	0,260	0,048	-0,083
	Плотность частичек грунта, г/см <sup>3</sup>	-0,001	0,058	-0,013	0,004
	Коэффициент пористости, б.р.	-0,126	0,058	-0,051	0,113
	Пористость, %	-0,123	0,038	-0,021	0,107
	Коэффициент водонасыщения, б.р.	-0,040	0,104	-0,122	0,154

**Таблица 2**

**Крайние значения естественной влажности и плотности грунта лёссовых отложений Равнинного Крыма в ПК и ПТК**

Физическая характеристика	Наименование грунта	Значение			
		минимальное		максимальное	
		ПК	ПТК	ПК	ПТК
Естественная влажность, д.е.	Глина	0,093	0,115	0,310	0,354
	Суглинок	0,056	0,070	0,294	0,326
Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>	Глина	1,44	1,42	2,15	2,11
	Суглинок	1,43	1,40	2,11	2,09

**Таблица 3**

**Регрессионные уравнения, которые отражают зависимость между удельным сцеплением (С, кПа) и плотностью грунта (ρ, г/см<sup>3</sup>) лёссовых отложений Равнинного Крыма в ПК и ПТК**

Состояние лёссовых отложений	Показатель текучести, $I_L$	Наименование грунта	
		Глина	Суглинок
Ненарушенные (для ПК)	$I_L < 0$	$C = 59,9 \cdot \rho - 69,8$	$C = 37,5 \cdot \rho - 43,5$
	$0 \leq I_L \leq 0,25$	$C = 56,5 \cdot \rho - 69,2$	$C = 37,6 \cdot \rho - 30,3$
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	$C = 34,3 \cdot \rho - 40,7$	$C = 26,8 \cdot \rho - 32,4$
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	$C = 22,0 \cdot \rho - 25,5$	$C = 24,0 \cdot \rho - 32,2$
Нарушенные техногенным влиянием (для ПТК)	$I_L < 0$	$C = 57,8 \cdot \rho - 70,6$	$C = 34,5 \cdot \rho - 40,8$
	$0 \leq I_L \leq 0,25$	$C = 54,9 \cdot \rho - 68,8$	$C = 30,5 \cdot \rho - 38,2$
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	$C = 30,4 \cdot \rho - 36,5$	$C = 25,5 \cdot \rho - 32,8$
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	$C = 20,6 \cdot \rho - 25,6$	$C = 15,9 \cdot \rho - 20,7$

**Таблица 4**

**Регрессионные уравнения, которые отражают зависимость между углом внутреннего трения (φ, градуса) и естественной влажностью (W, д.е.) лёссовых отложений Равнинного Крыма в ПК и ПТК**

Состояние лёссовых отложений	Показатель текучести, $I_L$	Наименование грунта	
		Глина	Суглинок
Ненарушенные (для ПК)	$I_L < 0$	$\varphi = 28,7 - 55,2W$	$\varphi = 33,1 - 45,8W$
	$0 \leq I_L \leq 0,25$	$\varphi = 28,0 - 59,6W$	$\varphi = 32,5 - 46,7W$
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	$\varphi = 24,8 - 54,7W$	$\varphi = 29,8 - 47,9W$
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	$\varphi = 18,6 - 38,8W$	$\varphi = 22,4 - 29,0W$
Нарушенные техногенным влиянием (для ПТК)	$I_L < 0$	$\varphi = 27,8 - 58,6W$	$\varphi = 32,8 - 60,2W$
	$0 \leq I_L \leq 0,25$	$\varphi = 24,0 - 50,1W$	$\varphi = 31,8 - 65,2W$
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	$\varphi = 20,9 - 45,5W$	$\varphi = 24,3 - 45,3W$
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	$\varphi = 16,5 - 35,1W$	$\varphi = 20,2 - 37,8W$

В табл. 5 и 6 приведены значения удельного сцепления (С) лёссовых суглинков и глин Равнинного Крыма соответственно от плотности грунта (ρ) для ПК и ПТК.

**Таблица 5**

**Значения удельного сцепления (кПа) лёссовых суглинков Равнинного Крыма в зависимости от плотности грунта (г/см<sup>3</sup>) для ПК и ПТК**

Состояние лёссовых отложений	Показатель текучести, $I_L$	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>								
		2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4
Ненарушенные (для ПК)	$I_L < 0$	39	35	32	28	24	20	17	13	9
	$0 \leq I_L \leq 0,25$	30	28	25	22	19	17	14	11	8
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	27	24	21	19	16	13	10	8	5
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	22	19	17	14	12	10	7	5	2
Нарушенные техногенным влиянием (для ПТК)	$I_L < 0$	35	32	28	25	21	18	14	11	8
	$0 \leq I_L \leq 0,25$	29	26	23	20	17	14	11	8	5
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	23	21	18	16	13	11	8	5	3
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	14	13	11	10	8	6	5	3	2

Таблица 6

**Значения удельного сцепления (кПа) лёссовых глин Равнинного Крыма в зависимости от плотности грунта (г/см<sup>3</sup>) для ПК и ПТК**

Состояние лёссовых отложений	Показатель текучести, $I_L$	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>								
		2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4
Ненарушенные (для ПК)	$I_L < 0$	62	56	50	44	38	32	26	20	14
	$0 \leq I_L \leq 0,25$	55	49	44	38	33	27	21	16	10
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	35	31	28	24	21	18	14	11	7
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	23	21	19	16	14	12	10	8	5
Нарушенные техногенным влиянием (для ПТК)	$I_L < 0$	57	51	45	39	33	28	22	16	10
	$0 \leq I_L \leq 0,25$	52	46	41	36	30	25	19	14	8
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	30	27	24	21	18	15	12	9	6
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	20	18	16	14	11	9	7	5	3

В табл. 7 и 8 приведены значения угла внутреннего трения ( $\varphi$ ) лёссовых суглинков и глин Равнинного Крыма соответственно от естественной влажности ( $W$ ) для ПК и ПТК.

Таблица 7

**Значения угла внутреннего трения (градусы) лёссовых суглинков Равнинного Крыма в зависимости от естественной влажности (д.е.) для ПК и ПТК**

Состояние лёссовых отложений	Показатель текучести, $I_L$	Естественная влажность, д.е.						
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
Ненарушенные (для ПК)	$I_L < 0$	31	29	26	24	22	19	17
	$0 \leq I_L \leq 0,25$	30	28	25	23	21	18	16
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	27	25	23	20	18	15	13
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	21	20	18	17	15	14	12
Нарушенные техногенным влиянием (для ПТК)	$I_L < 0$	30	27	24	21	18	15	12
	$0 \leq I_L \leq 0,25$	29	25	22	19	16	12	9
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	22	20	18	15	13	11	8
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	18	16	15	13	11	9	7

Таблица 8

**Значения угла внутреннего трения (градусы) лёссовых глин Равнинного Крыма в зависимости от естественной влажности (д.е.) для ПК и ПТК**

Состояние лёссовых отложений	Показатель текучести, $I_L$	Естественная влажность, д.е.						
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
Ненарушенные (для ПК)	$I_L < 0$	26	23	20	18	15	12	9
	$0 \leq I_L \leq 0,25$	25	22	19	16	13	10	7
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	22	19	17	14	11	8	6
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	17	15	13	11	9	7	5
Нарушенные техногенным влиянием (для ПТК)	$I_L < 0$	25	22	19	16	13	10	7
	$0 \leq I_L \leq 0,25$	21	19	16	14	11	9	6
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	19	16	14	12	10	7	5
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	15	13	11	9	8	6	4

### **Выводы**

1. Среди лёссовых отложений Равнинного Крыма преобладают суглинки (63%), супесчаные отложения для этих отложений не свойственны и практически отсутствуют.

2. Достоверные связи между удельным сцеплением лёссовых глин и суглинков наблюдаются с плотностью грунта (коэффициент корреляции составил 0,219 – 0,398), а угла внутреннего трения (коэффициент корреляции составил -0,102 – -0,518) с естественной влажностью.

3. При использовании показателя удельного сцепления и угла внутреннего трения в замоченном состоянии, возможно, принимать его на два порядка ниже по показателю текучести, чем в естественном состоянии.

4. Значения удельного сцепления и угла внутреннего трения из ПТК уменьшились, по сравнению с аналогичными отложениями из ПК у суглинков в 1,03-1,78раза, у глин – 1,04-1,60раза.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Теоретические основы инженерной геологии. Механико-математические основы / [Под ред. Е.М. Сергеева]. – М.: Недра, 1986. – 254с.
2. Розроблення нормативних значень характеристик міцності та деформованості ґрунтів на території України: Звіт про науково-дослідну роботу / державне підприємство «УкрНДПНТБ» / Г.Г. Стріжельчик, А.В. Дроздов, М.А. Ігрунова. – №0109V007535; Інв. №25016. – Харків, 2009. – 77с.
3. Лёссовые породы СССР. Том II. Региональные особенности / [Под ред. Е.М. Сергеева, В.С., Быковой, Н.Н. Комиссаровой]. – М.: Недра, 1986. – 276с.
4. Краев В.Ф. Инженерно-геологическая характеристика пород лёссовой формации Украины. – К.: «Наукова Думка», 1971. – 228с.
5. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. – Взамін СНиП 2.02.01-83; Введ. 01.07.2009. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 104с.

## **РАЗДЕЛ 5. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

*УДК 69.059.25:725.94*

### **ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ МЕТОДОВ РЕСТАВРАЦИИ АРОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СВОДОВ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ. ВЛИЯЮЩИЕ ФАКТОРЫ**

**Осипов С.А., асп., ассистент**

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры*

В результате выполненного сбора мнений специалистов по характеру и уровню влияния основных факторов на технологию реставрации арочных конструкций и сводов памятников архитектуры; последующего обобщения полученных мнений экспертов и выполненного анализа опыта реставрации памятников архитектуры, в том числе арочных конструкций и сводов, а также результатов обследования объектов-представителей, представляющих собой случайную выборку, осуществлено формирование основной совокупности влияющих факторов.

**Влияющие факторы, технология, реставрация, арочные конструкции, своды, памятники архитектуры.**

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Одним из наиболее ответственных комплексов строительно-монтажных работ при реставрации памятников архитектуры является восстановление, усиление, укрепление арочных конструкций и сводов, представляющих основную часть памятников архитектуры – несущий остов. Эти работы обладают большой трудоемкостью, материалоемкостью и себестоимостью.

Как правило, работы по реконструкции арочных конструкций составляют значительную часть общего объема работ, поэтому принятие верных технологических решений при восстановлении этих конструкций обуславливает правильность выполнения реставрации в целом.

#### **АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ**

Анализ практического опыта и научно-исследовательских работ в области технологии реставрации арочных конструкций и сводов позволяют сделать вывод, что, несмотря на широкий круг выполненных исследований, возникает необходимость создания научно обоснованной системы рациональных методов и технологических решений, максимально приспособленных к условиям реставрации памятников архитектуры и позволяющих гарантированно обеспечить сохранность и историческую идентичность восстанавливаемых конструкций и памятника в целом.

#### **ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Целью исследования является выявление системы доминирующих факторов, оказывающих наибольшее влияние на выбор и обоснование рациональных методов реставрации арочных конструкций и сводов памятников архитектуры.

#### **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ**

Методика исследования факторов включает три этапа:

- первый этап – анализ и систематизация условий производства строительно-монтажных работ при реставрации арочных конструкций и сводов памятников архитектуры, их строительно-технологических характеристик, особенностей статической работы, характера повреждений и основных дефектов;

- второй этап – установление значимости сформированных групп факторов методами экспертного опроса;

- третий этап – статистический анализ факторов, имеющих наибольшее влияние на выбор рациональных методов и параметры технологии реставрации арочных конструкций и сводов памятников архитектуры.

Обоснование группы основных влияющих факторов (первый этап) выполнено в две стадии.

На первой стадии выполнен сбор мнений специалистов по характеру и уровню влияния основных факторов на технологию реставрации арочных конструкций и сводов памятников архитектуры [1].

На второй стадии, на основе обобщения ранее полученных мнений экспертов и выполненного анализа опыта реставрации памятников архитектуры, в том числе арочных конструкций и сводов, а также результатов обследования объектов-представителей, представляющие собой случайную выборку, осуществляется формирование основной совокупности влияющих факторов.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Сбор мнений специалистов (стадия 1) выполнен по методике мозговой атаки «обмен мнениями» [2]. Мозговая атака «обмен мнениями» выполнена группой экспертов в составе 11 специалистов ( $M=11$ ), численный и квалификационный состав которой был обусловлен предполагаемым количеством объектов исследования (влияющих групп факторов;  $N=5-6$ ), а также наличием экспертов-специалистов, имеющих достаточный уровень компетентности по рассматриваемой проблеме, при соблюдении условия  $M \square N$ .

По мнению экспертов, наибольшее влияние на выбор технологии реставрации арочных конструкций и сводов оказывают четыре группы факторов:

- конструктивное решение арок и сводов (относительная частота упоминания  $h_j=0,375$ );
- параметры фронта работ и условия реставрации ( $h_j=0,2$ );
- техническое состояние распорных конструкций и памятника в целом ( $h_j=0,15$ );
- архитектурно-историческая ценность конструкций [3] ( $h_j=0,1$ ).

Для получения согласованного документа о группах основных влияющих факторов (стадия 2) выполнена мозговая атака «в разнос» с обобщением ранее полученных мнений экспертов, а также результатов анализа и систематизации условий реставрации и строительско-технологических характеристик арочных конструкций и сводов памятников архитектуры с обобщением, усовершенствованием и генерированием новых групп факторов.

Мозговая атака «в разнос» выполнена другой группой экспертов в составе пяти человек, с жесткой критикой заранее подготовленных документов (опросных листов) с одновременными предложениями по усовершенствованию состава и смыслового содержания групп факторов и подготовкой единого согласованного документа.

В результате выполненной мозговой атаки «в разнос» был получен новый полностью согласованный документ – группы факторов, влияющих на выбор рациональных методов реставрации арочных конструкций и сводов памятников архитектуры (табл. 1).

**Таблица 1**

**Основные группы факторов, влияющих на выбор рациональных методов реставрации арочных конструкций и сводов памятников архитектуры**

Группа факторов	Подгруппа факторов
<b>A</b> – факторы Архитектурно-историческая ценность	<b>A.1.</b> Архитектурно-историческая ценность
<b>B</b> – факторы Вид реставрации памятника архитектуры	<b>B.1.</b> Вид реставрации памятника архитектуры

**Продолжение табл. 1**

<b>C</b> – факторы Строительно-технологические характеристики <i>памятника архитектуры</i> (сооружения)	<b>C.1.</b> Объемно-планировочное решение сооружения
	<b>C.2.</b> Конструктивное решение сооружения
	<b>C.3.</b> Техническое состояние сооружения
	<b>C.4.</b> Наличие ранее выполненной реставрации, консервации, реконструкции, ремонта и других видов вмешательства в памятник архитектуры
<b>D</b> – факторы Строительно-технологические характеристики <i>распорных конструкций</i> – арок и сводов	<b>D.1.</b> Вид и геометрические параметры
	<b>D.2.</b> Конструктивное решение
	<b>D.3.</b> Техническое состояние
<b>E</b> – факторы Технологические факторы	<b>E.1.</b> Параметры фронта работ
	<b>E.2.</b> Техника возведения арочных конструкций и сводов
<b>F</b> – факторы Организационные условия и ограничения	<b>F.1.</b> Общая организация реставрации памятника архитектуры
	<b>F.2.</b> Режим реставрации (особенности функционирования памятника и финансирования реставрации)
	<b>F.3.</b> Ограничения на динамические, вибрационные и акустические воздействия, на выброс агрессивных веществ, на изменение температурно-влажностного режима

Каждая группа влияющих факторов состоит из совокупности подгрупп факторов, табл. 2 – 7.

**Таблица 2**

**Декомпозиция А – факторов  
(архитектурно-историческая ценность)**

Группа факторов	Подгруппа факторов	Факторы
А – факторы Архитектурно-историческая ценность	А.1. Архитектурно-историческая ценность	<b>A.1.1.</b> Наличие ценных фресок, мозаик, лепки, росписей
		<b>A.1.2.</b> Уникальность, оригинальность конструктивного исполнения
		<b>A.1.3.</b> Историческая ценность распорных конструкций и здания в целом

**Таблица 3**

**Декомпозиция В – факторов  
(вид реставрации памятника архитектуры)**

Группа факторов	Подгруппа факторов	Факторы
В – факторы Вид реставрации памятника	В.1. Вид реставрации памятника архитектуры	<b>B.1.1.</b> Аналитическая реставрация
		<b>B.1.2.</b> Синтетическая реставрация
		<b>B.1.3.</b> Реставрация с приспособлением
		<b>B.1.4.</b> Консервация

Таблица 4

**Декомпозиция С – факторов**  
(строительно-технологических характеристик *памятника архитектуры*)

Группа факторов	Подгруппа факторов	Факторы
С – факторы Строительно-технологические характеристики <i>памятника архитектуры</i> (сооружения)	С.1. Объемно-планировочное решение	<i>C.1.1.</i> Этажность или количество ярусов сооружения
		<i>C.1.2.</i> Компоновочная схема (количество однородных и неоднородных объемов)
		<i>C.1.3.</i> Геометрические параметры сооружения (ширина, длина, высота)
		<i>C.1.4.</i> Количество пролетов
		<i>C.1.5.</i> Величина пролетов
	С.2. Конструктивное решение	<i>C.2.1.</i> Конструктивная система сооружения (арочно-стоечная, с несущими стенами)
		<i>C.2.2.</i> Конструктивная схема здания (жесткой или условно жесткой конструктивной схемой)
		<i>C.2.3.</i> Конструктивное исполнение основных несущих конструкций
	С.3. Техническое состояние	<i>C.3.1.</i> Техническое состояние и физический износ сооружения в целом
		<i>C.3.2.</i> Техническое состояние и физический износ основных несущих конструкций
		<i>C.3.3.</i> Характер и степень повреждения, разрушения сооружения
		<i>C.3.4.</i> Степень ослабления пространственной жесткости и устойчивости сооружения и отдельных частей
	<i>C.4.</i> Наличие ранее выполненной реставрации, консервации, реконструкции, ремонта и других видов вмешательства в памятник архитектуры	

Таблица 5

**Декомпозиция D – факторов**  
(строительно-технологических характеристик *распорных конструкций – арок и сводов*)

Группа факторов	Подгруппа факторов	Факторы
D – факторы Строительно-технологические характеристики <i>распорных конструкций – арок и сводов</i>	D.1. Вид и геометрические параметры	<i>D.1.1.</i> Вид (тип) свода, арочной конструкции
		<i>D.1.2.</i> Количество ярусов (однойрусные, многоярусные аркады, своды)
		<i>D.1.3.</i> Геометрические размеры (пролет, высота, стрела подъема, ширина, толщина)
	D.2. Конструктивное решение	<i>D.2.1.</i> Конструктивное исполнение и особенности техники и технологии кладки арочных конструкций и сводов
		<i>D.2.2.</i> Конструктивная схема и особенности статической работы
		<i>D.2.3.</i> Особенности текущего напряженно-деформированного состояния
		<i>D.2.4.</i> Вид опорных закреплений (шарнирно-подвижная опора, шарнирно-неподвижная опора, жесткое защемление)
		<i>D.2.5.</i> Массивность конструкции
		<i>D.2.6.</i> Материал конструкции
	D.3. Техническое состояние	<i>D.3.1.</i> Характер и степень повреждения, разрушения арочных конструкций и сводов
		<i>D.3.2.</i> Состояние опорных конструкций
		<i>D.3.3.</i> Состояние материала (камень, раствора, связей) арочных конструкций – его прочность, степень коррозии и механического повреждения
		<i>D.3.4.</i> Общее техническое состояние и физический износ конструкции

Таблица 6

**Декомпозиция E – факторов  
(технологические факторы)**

Группа факторов	Подгруппа факторов	Факторы
E – факторы Технологические факторы	E.1. Параметры фронта работ	E.1.1. Пространственные - фронт работ; - количество ярусов; - количество участков, захваток, деленок; - стесненность технологической зоны.
		E.1.2. Технологические - объемы работ на объекте; - структура процессов; - трудоемкость.
		E.1.3. Временные - интенсивность работ (сменная, суточная); - модуль цикличности; - шаг и темп потока.
	E.2. Техника возведения арочных конструкций и сводов	

Таблица 7

**Декомпозиция F – факторов  
(организационные условия и ограничения)**

Группа факторов	Подгруппа факторов	Факторы
F – факторы Организационные условия и ограничения	F.1. Общая организация реставрации памятника архитектуры	F.1.1. Условия организации строительной площадки, зон производства работ
		F.1.2. Сроки выполнения работ
		F.2.2. Последовательность выполнения работ
	F.2. Режим реставрации	F.2.1. Режим реставрации
		F.2.2. Особенности функционирования памятника архитектуры
		F.2.3. Особенности финансирования реставрации
F.3. Ограничения на динамические, механические, вибрационные и акустические воздействия, на выброс агрессивных веществ, на изменение температурно-влажностного режима		

**Выводы**

В результате выполненного исследования были получены группы и подгруппы основных факторов, оказывающих наибольшее влияние на выбор методов реставрации арочных конструкций и сводов памятников архитектуры.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Аналіз і прогнозування основних тенденцій і напрямків прогресу в будівництві // А.Ф. Осипов, Є.Г. Романушко. – Київ: КНУБА, 2000. – 24 с.
2. С.А. Осипов Методика исследования факторов, влияющих на выбор рациональных методов реставрации арочных конструкций и сводов памятников архитектуры // Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. Збірник/К., КНУБА, 2011. – Вип. 41. – С. 313-318.
3. Строительство. Гл. ред. В.А. Кучеренко, т. 1 – М., «Советская Энциклопедия», 1964 (Энциклопедия современной техники. Энциклопедии. Словари. Справочники) Т. 1. А – Кессон. 1964. 544 с. с илл.

**УДК 69.057.2 (088.8)**

## **ВИЗНАЧЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ МЕТОДІВ МОНТАЖУ ВЕЛИКОРОЗМІРНИХ ПОКРИТТІВ**

**Черненко К. В., інженер 1-ої категорії, аспірант**

*Київський національний університет будівництва і архітектури*

Дослідження методів монтажу надважких і великорозмірних покриттів дав змогу виявити особливості багатьох рішень технологій монтажу надважких і великорозмірних блоків покриттів різних будівель і споруд [1-2]. Подальша систематизація їх і виявлення характерних рис дозволила підійти до пошуку нових, більш ефективних засобів механізації і методів монтажу.

**Метод, технологічність, порівнювальний аналіз, вільне піднімання, примусове переміщенням, підрощування, насування, домкратні пристрої**

### **Вступ**

В сучасних соціально економічних умовах України, одним із актуальних напрямків розвитку будівництва є подальше вдосконалення методів і технологій зведення будівель і споруд, які мають більш ефективні значення.

Одним із таких напрямків може стати застосування для спорудження об'єктів, які мають великорозмірні покриття (50,0 і більше метрів), виконувати спочатку попереднє укрупнювання в зоні монтажу на низьких підмостях до повної заводської готовності і далі, за допомогою домкратних пристроїв, піднімати на проектні відмітки [3-4].

### **АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ**

З метою виявлення найбільш ефективних технологій виконання монтажних робіт спочатку був виконав пошук і відбір об'єктів-представників, які мають надважкі і великорозмірні покриття (рис.1).

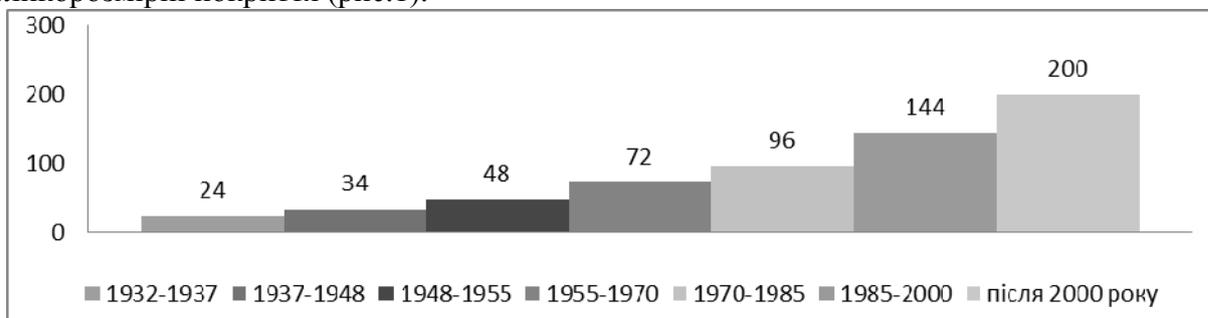


Рис. 1. Розвиток великорозмірних конструкцій (в метрах) по рокам [1, 2]

Так, розміри покриттів сьогодні значно розширені і вже можна говорити про такі конструктивні рішення як «плоскі двошарові системи просторових фахверків» для великорозмірних (великопрольотних) покриттів, які можуть досягати кілька сотень метрів (до 500 м) [1].

При цьому аналіз багатьох джерел, підтверджує, що технологію для спорудження таких систем автори не приводять. Це особливо стосується об'єктів з розмірами покриттів більше 144 м. Таким чином, можна констатувати, що проведений аналіз різних джерел, у тому числі і з мереж Internet, відповіді на це питання не дав.

### **МЕТА І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Метою подальшої роботи в напрямку - підвищення ефективності зведення одноповерхових будинків і споруд, як альтернативи традиційним крановим методам монтажу, може стати удосконалення технології підйому великорозмірних та надважких блоків покриття масою у кілька тисяч тонн за рахунок застосування гідравлічних систем для їх піднімання і утримання на період нарощування верхньої опорної частини (колон, стіни тощо).

Для вирішення цієї прикладної задачі необхідно наступне:

- визначити сучасний стан та провести аналіз об'єктів і методів монтажу надважких і великорозмірних блоків покриття;
- виконати дослідження цих методів монтажу, визначити їх особливості і властивості, згрупувати виявлені найбільш ефективні і раціональні організаційно-технологічні рішення і зазначити перспективу їх розвитку;
- розробити основні положення методики формування технології і методів монтажу надважких і великорозмірних (великопрогінних) покриттів;
- провести досліду перевірку і визначити перспективи подальшого розвитку і застосування методів монтажу великорозмірних покриттів.

### МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

В основу методики дослідження методів монтажу (ММ) покладені ті ж принципи, що і при дослідженні основних складових та їх структурних елементів, які входять в загальну організаційно-технологічну структуру [2]. Особливість роботи складає конкретизація складових, яка відрізняється від попередніх робіт, по-новому формує подальший розвиток технології піднімання надважких великорозмірних покриттів домкратними системами.

Основні положення методики дослідження технології монтажу підрозумуванням надважких, великорозмірних і великогабаритних покриттів виштовхуванням домкратними системами наведені на рис.2.



**Рис. 2. Основні положення методики дослідження технології монтажу надважких, великорозмірних і великогабаритних покриттів підрозумуванням домкратними системами**

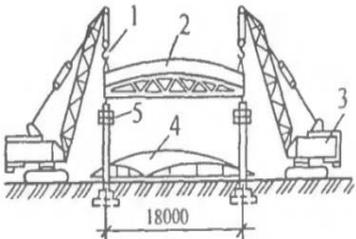
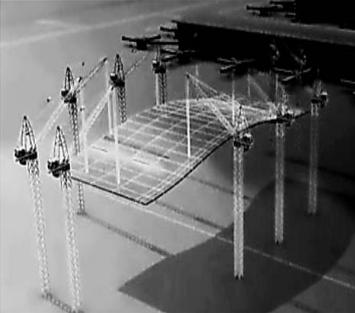
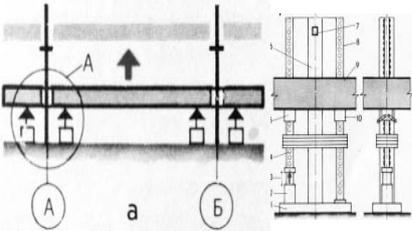
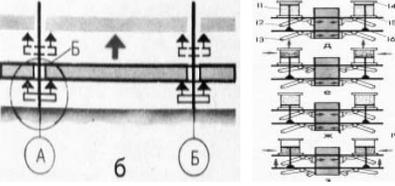
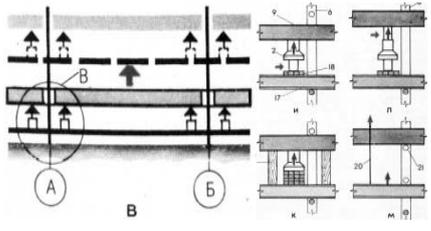
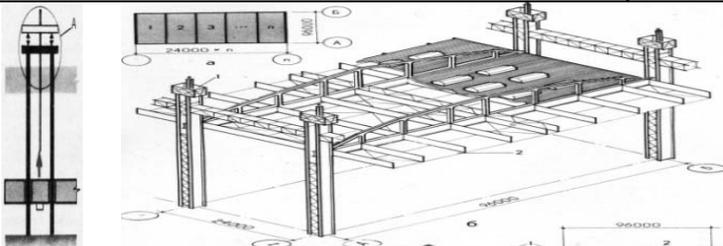
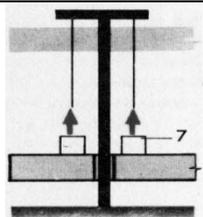
У процесі досліджень можуть виникати умови, що дозволяють встановлювати технологічні вимоги, які повинні враховуватися при архітектурно-конструктивному проектуванні об'єктів будівництва і конструюванні монтажних засобів (машин, механізмів, пристосувань, домкратних систем, захватних пристроїв тощо), що дозволяють створити окрему систему, яка розширить і доповнить існуючу - класифікацію методів монтажу і, зокрема, за рахунок методів піднімання надважких, великорозмірних покриттів та окреслити шляхи типізації і уніфікації останніх.

**РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ АНАЛІЗ**

Проведений пошук методів піднімання (МП) великорозмірних покриттів та їх аналіз дав змогу - спочатку *згрупувати* на основі визначених конструктивно-технологічних показників *найбільш вагомні варіанти* методів монтажу великорозмірних блоків покриття в єдину систему, а потім виявити з нею ті, які будуть відповідати поставленим в роботі задачам (табл. 1).

**Таблиця 1**

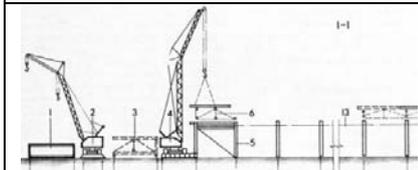
**Конструктивно-технологічні характеристики досліджуваних варіантів методів підйому блоків покриття одноповерхових будівель і споруд**

<b>А. МП 1. МЕТОДИ ВІЛЬНОГО ПІДНІМАННЯ</b>		
		
<b>МП<sub>1</sub></b> . Піднімання блоку одним краном <b>750/18/260</b>	<b>МП<sub>2</sub></b> . Те ж саме, двома кранами <b>2450/25,5/360</b>	<b>МП<sub>3</sub></b> . Те ж саме, 10 кранами <b>4200/25,5/600</b>
<b>Б. МЕТОДИ ПРИМУСОВОГО ПІДНІМАННЯ (переміщення)</b>		
<b>І. ПЕРЕМІЩЕННЯ ОДНІЄЇ КОНСТРУКЦІЇ (ПЛОСКОЇ ЧИ ПРОСТОРОВОЇ) ПО ВЕРТИКАЛЬНИХ НАПРЯМНИХ:</b>		
<b>МП 2. Виштовхуванням:</b>		
		
<b>МП<sub>4</sub></b> - блоку покриття што-вхачами <i>без переміщення</i> підйомника <b>1550/18,4/220</b>	<b>МП<sub>5</sub></b> - блоку покриття што-вхачами <i>з переміщенням</i> підйомника <b>600/15,4/40</b>	<b>МП<sub>6</sub></b> - з переміщенням підйомників які опираються на раму <b>300/16/150</b>
<b>МП 3. Підтягуванням:</b>		
		
<b>МП<sub>7</sub></b> - блоку покриття жорсткими тягами <i>без переміщення</i> підйомників (гідравлічних домкратів) <b>1200/34,0/160</b>	<b>МП<sub>8</sub></b> - блоку покриття з <i>переміщенням</i> підйомників по гнучких тягах <b>2700/15,4/290</b>	

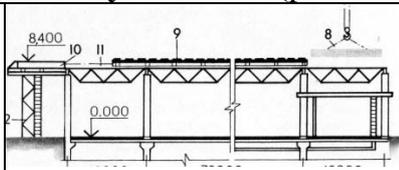
Продовж. табл. 1

**II. ПЕРЕМІЩЕННЯ (НАСУВАННЯ) КОНСТРУКЦІЇ ПО ГОРИЗОНТАЛЬНИМ І ПОХИЛИХ НАПРЯМНИХ:**

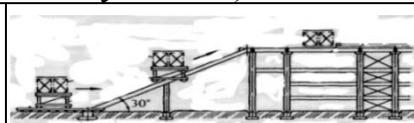
**ММ 4. Підтягуванням: (рідше виштовгуванням):**



**МП<sub>9</sub>** - поелементне (посекційне) насування блоків покриття на рівні проектних відміток **509/8,4/120**

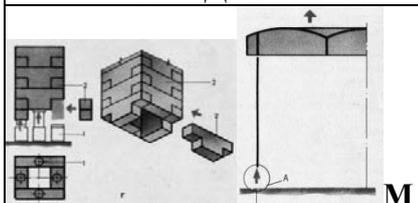


**МП<sub>10</sub>** - покрокове складання і пересування блоків покриття на рівні проектних відміток **1009/19,2/112**

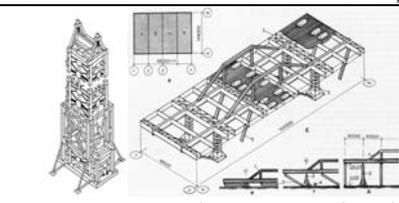


**МП<sub>11</sub>** - складання і переміщення блоків покриття по напрямних, розташованих в різних рівнях з проектними відмітками **650/15,4/160**

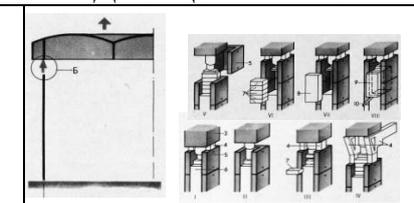
**ММ 5. ПІДНІМАННЯ БЛОКІВ ПОКРИТТЯ МЕТОДОМ ПІДРОЩУВАННЯ:**



**МП<sub>12</sub>** - колон, за допомогою підйомників, розташованих під кожною колоною (ріст нижньої частини колони) **1400/14,0/140**



**МП<sub>13</sub>** - секцій стовбурів підйомників в процесі якого здійснюється піднімання блоку покриття виштовхуванням **1100/24/150**



**МП<sub>14</sub>** - верхньої частини колон, за допомогою підйомників, розташованих в опорних вузлах блоку покриття або на колонах **4200/27,4/250**

**ММ 6. Сучасні зарубіжні методи підйому великогабаритних, надважких блоків покриття одноповерхових споруд:**



**МП<sub>15</sub>** - підтягуванням із застосуванням 8-ми тросових гідропідйомників (Англія) **2200/40/140**



**МП<sub>16</sub>** - виштовхуванням із застосуванням гідравлічних підйомників фірми *FAGIOLI*. Поруч розміщений телескопічний домкрат фірми *FAGIOLI* **5000/18/250**



Подальший аналіз і дослідження МП з їх визначеними організаційно-технологічними показниками для кожного варіанту і показниками монтажної технологічності блоків покриття дало змогу зупинитися на більш ефективних і раціональних. Це дало змогу сформулювати наукову новизну роботи, яка полягає в тому, що вперше визначено метод і структуру організаційно-технологічних рішень з монтажу надважких і великорозмірних покриттів домкратними системами, які розташовано на оголовках колон з кількома домкратами шляхом виштовхування.

Для вирішення цієї задачі за основні показники монтажної технологічності були прийняті (табл. 2):

маса блоку покриття  $G$ , т.;

найбільша висота підйому  $H$ , м.;

розміри блоку покриття (довжина  $- l$ , ширина  $- b$ , висота  $- h$ ), м.

об'єм блоку,  $V = l * b * h \text{ м}^3$ ;  
 середня тривалість монтажу –  $t$ , *змін*;  
 середня продуктивність монтажу покриття:  $B = G / (n * t) \text{ т/люд.-зм}$ ; де:  $n$  –  
 середній склад виконавців, *чол*;  
 об'ємна вага:  $K_1 = G / V; \text{ т/м}^3$   
 затрати енергії:  $K_2 = g * G * H / 1000, \text{ КН*м}^3$   
 де:  $g = 9,8 \text{ м}^2/\text{сек}$ .  
 коефіцієнт енергозатрат на одну годину.:  
 $K_3 = g * G * H / 1000 * t * 8,2, \text{ КН * м / 1000 год}$ .

Таблиця 2

Показники монтажної технологічності методів підйому покриттів

МП	G	H	l	b	h	t	B	K1	K2	K3	n	
МП1	МП <sub>1</sub>	750	18,0	150	9,0	3,0	260	0,24	0,19	132,3	0,06	12
	МП <sub>2</sub>	2450	25,5	156	12,0	6,0	360	0,27	0,22	612,3	0,21	24
	МП <sub>3</sub>	4200	26,5	180	24,0	12,0	600	0,32	0,08	1090	0,23	20
МП2	МП <sub>4</sub>	1550	18,4	96,0	48,0	15,0	220	0,47	0,01	279	0,16	15
	МП <sub>5</sub>	60,0	15,4	18,0	12,0	4,2	40	0,25	0,05	9,1	0,03	6,0
	МП <sub>6</sub>	300	16	30,0	30,0	10,0	150	0,33	0,03	47,0	0,04	8,0
МП3	МП <sub>7</sub>	1200	34	96,0	24,0	12,0	160	0,38	0,04	399,8	0,31	20,0
	МП <sub>8</sub>	2200	15,4	96,0	12,0	12,0	265	0,52	0,08	332,0	0,09	16,0
МП4	МП <sub>9</sub>	509	8,4	30,0	12,0	4,2	120	0,21	0,34	41,5	0,04	20,0
	МП <sub>10</sub>	1009	19,2	36,0	12,0	6,0	112	0,45	0,15	189,9	0,21	20,0
	МП <sub>11</sub>	650	15,4	98,0	48,0	15,0	160	0,34	0,01	98,1	0,16	12,0
МП5	МП <sub>12</sub>	1400	14	144,0	48,0	15,0	140	0,37	0,02	192	0,16	25,0
	МП <sub>13</sub>	1100	24	144,0	48,0	15,0	150	0,33	0,02	988	0,22	20,0
	МП <sub>14</sub>	4200	27,4	144,0	48,0	20,0	250	0,67	0,04	1128	0,56	25,0
МП6	МП <sub>15</sub>	2200	40	144,0	96,0	15,0	140	0,44	0,02	862	0,77	36,0
	МП <sub>16</sub>	5000	18	144,0	48,0	15,0	250	0,56	0,05	882	0,98	36,0

Співвідношення величин  $B_i$  та  $G_i$  для досліджуваних варіантів рішень МП<sub>1</sub>- МП<sub>16</sub> різних груп методів монтажу ММ1-ММ6 відображено в табл. 2, а графічно показані на гістограмі рис. 3.

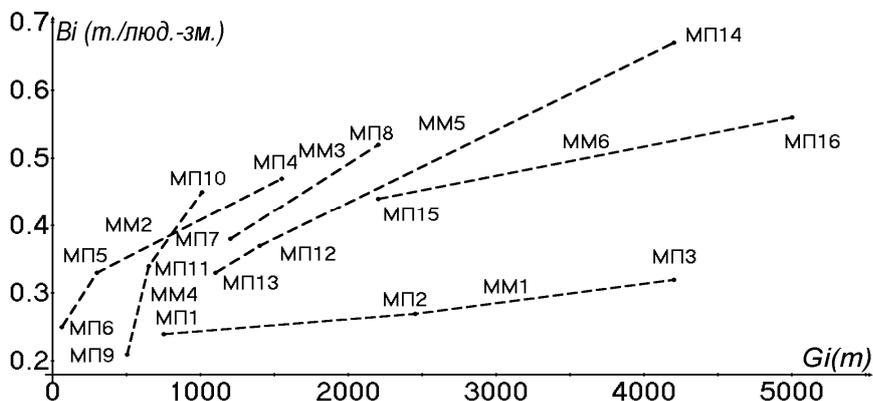


Рис. 3. Співвідношення величин загальної продуктивності монтажу « $B_i$ » та маси покриттів, що монтують  $G_i$ : МП<sub>1</sub>чМП<sub>16</sub> – досліджувані варіанти різних груп монтажу (відповідно до табл.1); ММ1–(МП<sub>1</sub>-МП<sub>3</sub>) – методи вільного піднімання одним, двома і більше кранами; ММ2–(МП<sub>4</sub>-МП<sub>6</sub>) – методи примусового піднімання (переміщення) виштовхуванням; ММ3–(МП<sub>7</sub>-МП<sub>8</sub>) – методи примусового піднімання (переміщення) – підтягуванням; ММ4–(МП<sub>9</sub>-МП<sub>11</sub>) – методи насування конструкцій; ММ5–(МП<sub>12</sub>-МП<sub>14</sub>) – методи підрощування; ММ6–(МП<sub>15</sub>-МП<sub>16</sub>) – сучасні методи примусового монтажу

Аналіз показників співвідношення величин загальної продуктивності  $B_i$  та маси покриття  $G_i$ , виконувався з урахуванням вимог «ДБН Д.2.2-9-99. Сбірник 9. Металеві конструкції». Наприклад: затрати праці робітників при монтажі металоконструкцій,

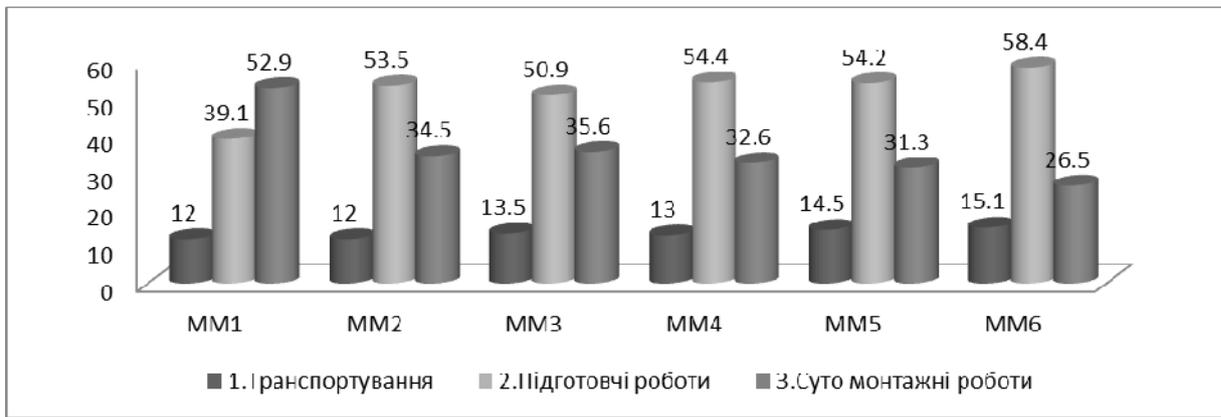
приймались (при відсутності даних з інших джерел) в межах 21,76–32,0 люд.-зм./т. Отримані данні (див.табл.2 і рис.3), а також розподіл узагальнених трудових витрат різними методами (табл.3) та гістограма (рис.4) розподілу загальних витрат в % при транспортуванні, підготовчих і монтажних роботах, показують, що:

для **методу вільного піднімання** ММ1 (МП<sub>1</sub> – МП<sub>3</sub>) величина середньої продуктивності монтажу великорозмірних покриттів **Ві** мінімальна при роботі одним краном і збільшується при двох (МП<sub>2</sub>) і більше (МП<sub>3</sub>)–0,35:0,21=1,2 рази. Останній показник значно програє по собівартості робіт, но впливає на термін виконання робіт і на організацію роботи, наприклад при роботі 10 потужних кранів. (Цей варіант монтажу був запропонований, и як альтернативний - при спорудженні аеровокзалу в аеропорту Хітроу (Англія). Отже для виконання робіт на останньому етапі, був прийнят інший варіант монтажу - за допомогою 8–ми домкратних гідроканатних систем – МП<sub>15</sub>). Якщо додатково взяти до уваги ще й те, що укрупнення конструкції можна виконувати тільки до ваги, яку може підняти один або кілька кранів, і показники (див.табл.3 і рис.4.) де **термін суто монтажних операцій на висоті є найбільшим у порівнянні з іншими (52% проти 26,5-35,6%)**, варіанти методу вільного піднімання покриттів стають не пріоритетними і не дають підстав враховувати їх при подальшому розгляді інших варіантів;

**Таблиця 3**

**Розподіл узагальнених трудових витрат виконання монтажних операцій при монтажі великогабаритних конструкцій різними методами (в %)**

Найменування процесу	Найменування основних операцій	Методи монтажу					
		ММ1	ММ2	ММ3	ММ4	ММ5	ММ6
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
Транспортування	Постачання конструкцій на будівельний майданчик	1,5	1,0	1,5	1,1	1,7	2,0
	Розкладання та розвантаження елементів покриття в зоні складування	1,5	1,0	1,5	1,1	0,5	3,0
	Надходження конструкцій в зону монтажу	9,0	10,0	10,5	10,8	12,3	10,1
	<b>Всього:</b>	<b>12,0</b>	<b>12,0</b>	<b>13,5</b>	<b>13,0</b>	<b>14,5</b>	<b>15,1</b>
Підготовчі роботи	Перевірка паспортних даних та комплектності	2,0	2,0	0,6	2,0	1,0	1,0
	Укрупнення конструкцій	20	42	42,6	38,6	36,2	42,5
	Підсилення конструкцій	7,3	5	5,9	3,5	3,0	1,0
	Попереднє оснащення кон-струкцій, що монтуються	3	1,4	1,5	2	5,0	3,0
	Перевірка геометричних характеристик	3,7	3,6	3,5	1,4	1,0	1,0
	Підготовка кріпильних деталей для влаштування стиків	0,9	1,5	1,6	2,5	2,0	2,9
	Фарбування та протикорозій-ний захист вузлів конструкцій	0,9	1,5	1,6	2,0	2,0	1,0
	Установлення монтажних машин та механізмів	1,3	2,5	2,6	2,0	4,0	6,0
	<b>Всього:</b>	<b>39,1</b>	<b>53,5</b>	<b>50,9</b>	<b>54,4</b>	<b>54,2</b>	<b>58,4</b>
Монтажні роботи	Стропування та захоплення елементів покриття	2	0,4	0,5	1,6	1,5	2,0
	Піднімання-подавання конструкцій на проектні відмітки	27,5	15,6	16,7	24,2	25,0	15,0
	Орієнтування та встанов-лення конструкцій	2,9	0,9	0,8	0,5	0,3	1,0
	Тимчасове закріплення конструкцій на опорних поверхнях	2,9	1,0	0,9	0,8	1,0	1,0
	Вивірення конструкцій	6,4	0,5	0,5	1,0	0,5	1,0
	Проектне закріплення конструкцій	5,8	1,1	0,6	2,0	0,5	1,5
	Демонтаж монтажних машин та механізмів	0,4	1,0	1,6	2,5	2,5	5,0
	<b>Всього:</b>	<b>52,9</b>	<b>34,5</b>	<b>35,6</b>	<b>32,6</b>	<b>31,3</b>	<b>26,5</b>



**Рис.4. Гістограма розподілу загальних витрат при транспортуванні, підготовчих і монтажних роботах при використанні різних методів монтажу великорозмірних покриттів**

для методу примусового підйому зі збільшенням маси покриттів практично для всіх варіантів збільшується величина  $B_i$ ; характер більшого підвищення  $B_i$  належить технологіям, які на завершальному етапі передбачають піднімання покриттів повнозбірними блоками (методи ММ2 - МП6). В багатьох джерелах, такі повнозбірні блоки, які після укрупнення мають надважкі і великорозмірні параметри, і їх піднімання на проектні позначки не можна виконати одним або кількома кранами, отримали назву «без кранові технології монтажу» [5]. Таким чином, аналіз отриманих результатів був зведений до методів примусового піднімання, а саме:

ММ2 (МП<sub>4</sub> – МП<sub>6</sub>) – методи примусового піднімання (переміщення) по вертикальних напрямних виштовхуванням, що набули чинності в 60-80 рр. минулого століття і зараз про них відомо тільки з підручників і історії будівельного виробництва те, що вони були і мали свої переваги. Сьогодні їх місце зайняли більш ефективні рішення. З подальшого аналізу ці варіанти, крім МП<sub>5</sub>, випадають. Останній може бути модернізований, якщо гідродомкрати розмістити в середині двогілкових колон, а піднімання покриття виконувати виштовхуванням з одночасним підрощуванням домкратного пристрою до тих пір, поки воно не досягне проектних відміток. До недоліків можна віднести додаткові витрати для забезпечення статичної стійкості.

ММ 3 (МП<sub>7</sub> –МП<sub>8</sub>) – методи примусового піднімання (переміщення) однієї конструкції (плоскої чи просторової) по вертикальних напрямних підтягуванням отримали подальший розвиток, особливо в сучасних зарубіжних методах монтажу у зв'язку з розробкою нових канатнодомкратних пристроїв іноземними фірмами FAGIOLI, DLT-Dorman Long Technology, VSL HEAVY LITING, TT Fijnmechanika BV, Enerpag, та ін. Особливо це торкнулось обладнання і технології монтажних робіт при підніманні надважких і великогабаритних конструкцій і технологічного обладнання. Наприклад: піднімання укрупненого на стелажах покриття масою 1200 т площею 5184 м<sup>2</sup> методом МП<sub>7</sub>, яке виконали на висоту 34 м гідравлічними монтажними підйомниками ПШ-330. Вони закріплені на оголовках несучих колон. В процесі десятизмінного піднімання консольні частини покриття взаємодіяли з підйомниками через жорсткі тягові стрічки, а колони служили вертикальними напрямними [3]. До недоліків належить необхідність підсилення конструкцій колон у зв'язку з встановленням підйомного обладнання на їх оголовках, а також складний монтаж (демонтаж) підйомників на висоті 34-38 м. Варіант МП<sub>8</sub> – метод підтягуванням гнучкими тягами надважких і великорозмірних покриттів було вдосконалено за рахунок застосування гідроканатних домкратів і за допомогою стаціонарних напрямних, які виготовлені під різні навантаження і висоти піднімання (до 120 м). Але монтаж і демонтаж таких тимчасових веж, що виконують функції напрямних, треба враховувати при остаточному виборі варіантів і визначенні собівартості робіт.

ММ 4 (МП<sub>9</sub>–МП<sub>11</sub>) – методи насування і переміщення по горизонтальних і похилих напрямних, як такі що мають специфічні умови виконання робіт, а саме – технологічна зона

монтажу повинна мати зайві розміри для розміщення майданчиків укрупнення, що не завжди можна знайти, особливо в умовах щільної забудови. Тут можуть бути конкурентоспроможними варіанти при укрупненні і переміщенні покриттів по напрямних, розташованих в різних рівнях з проектними відмітками.

ММ 5 (МП<sub>12</sub> – МП<sub>14</sub>) – методи піднімання блоків покриття підрошуванням мають свої переваги, так як можуть конкурувати з усіма методами по масі і висоті піднімання надважкого і великорозмірного покриття, яке можна підняти практично на будь-яку висоту. Обмеження мають тільки МП<sub>12</sub> і МП<sub>13</sub>. Метод МП<sub>14</sub> при відповідному удосконаленні і розробці організаційно-технологічних рішень і системи домкратних пристроїв, які можуть одночасно виконувати *підрошування покриття і в той же час нарощувати оголовки колон на якому вони розташовані, може наблизити поставлене завдання до вирішення.*

Про позитивність методів ММ 5 показують данні гістограми (див.рис.4) – не дивлячись на те, що тут найменший обсяг суто монтажних робіт (26,5%) на висоті припадає на частку ММ6 (у ММ5 другий результат - 31,5%), останній має більше переваг в іншому. Наприклад, колони, які нарощують, знаходяться постійно «в експлуатаційному стані», що дає можливість весь час мати статично стійку систему. До того, відпадає необхідність оголовки колон каркасу попередньо закріплювати шарнірно на нижній площині покриття і виконувати додаткові умови для того, щоб в процесі піднімання покриття, колони виконували радіальне переміщення (поворот) до вертикального положення (див. табл.1, МП<sub>13</sub>). Підйом укрупнювального блоку покриття методом МП<sub>13</sub>, який мав масу 1100 т і площу 39600 м<sup>2</sup> на висоту 24 м гідравлічними підйомниками ПГ-300 був виконаний усього за 12 змін. В процесі монтажу покриття виштовхувалося оголовками стовбурів інвентарного гідропідйомника, які підрошувались знизу спеціальними секціями на рівні землі [5].

ММ 6 (МП<sub>15</sub> – МП<sub>16</sub>) – сучасні зарубіжні методи підйому надважких і великогабаритних і великорозмірних блоків покриття одноповерхових споруд з застосуванням тросових і телескопічних домкратів (див.табл.1) знайшли широке впровадження не тільки при монтажі цих блоків, але і при виконанні робіт по монтажу різного технологічного обладнання. До недоліків технології монтажу блоків покриття методом МП<sub>15</sub>, належить:

- складне встановлення покриття на вісім колон, що викликане існуючими прогинаннями ригелів покриття;

- шарнірне приєднання «фундамент – колона, що виконують підрошуванням» відносить загальну схему монтажу до нестійкої і обмежує загальну висоту підйому до розмірів напрямних.

З урахуванням переваг і недоліків розглянутих рішень, визначились основні вимоги до розроблюваної «без кранової технології» монтажу:

- попереднє укрупнення покриттів в повнозбірний конструктивно-технологічний блок виконується на фундаментах, в місці наступного піднімання до декількох тисяч тонн, які ще й мають великорозмірні габарити;

- операції піднімання покриття концентруються на оголовках колон і переміщуються до проектних відміток при скороченні обсягу верхолозних робіт до мінімуму;

- напрямними стають колони, які в подальшому залишаються на весь термін експлуатації, а схема зведення колони забезпечує стійкість.

Подальше вдосконалення визначеної технології монтажу великорозмірних покриттів пов'язане з роботизацією операцій підрошування за умови обов'язкової концентрації монтажного процесу в вузлі «оголовок колони, що нарощують – конструкція покриття, що підрошують». Приймаючи варіанти рішень, які відповідають методам МП<sub>14</sub> та МП<sub>16</sub> за вихідні дані при розробці нової технології монтажу, необхідно відзначити, що раціональними та економічними є рішення, які передбачають піднімання покриттів масою більше 4000 т на висоту більш у 30 м. Таким чином, область розглянутих варіантів (відповідно до табл.1) скорочується до одного максимум до двох (табл.4).

**Таблиця 4**

**Рациональні методи монтажу великогабаритних конструкцій із застосуванням примусового підйому (переміщення) домкратними системами**

Група методів монтажу	Приєм підйому переміщення)	Метод монтажу	Розташування засобів механізації	Область застосування
<i>1. Переміщення по вертикальних напрямним ММ 2 (МП<sub>3</sub>)</i>				
Переміщення однієї конструкції	Виштовхуванням	Виштовхування конструкцій штовхачами з переміщенням монтажних засобів	Під опорною частиною покриття	Монтаж великорозмірних покриттів
<i>2. Підрощування ММ 5 (МП<sub>1,4</sub>)</i>				
Підрощуванням покриття з нарощуванням колон	Виштовхуванням	Виштовхування конструкцій штовхачами підйомників, які мають два і більше домкратів	На оголовках колон	Те ж

**Висновки**

1. Застосування методу підрощування надважких і великорозмірних конструкцій (частин споруди) вагою декілька тисяч тонн, особливо при спорудженні одноповерхових будівель і споруд, дозволяє різко знизити трудомісткість будівництва при збільшенні висоти піднімання (більше 30 м) і значною мірою уникнути недоліків, які властиві традиційним методам монтажу.

2. Виключення з сучасної технології монтажу підрощуванням великорозмірних покриттів недоліків, які пов'язані з:

- процесом утримання змонтованих частин споруди з усіма монтажними пристосуваннями у висячому положенні;
- неповним завантаженням обладнання на проміжних етапах і повне на останньому етапі монтажу, коли потрібно втримувати масу всієї споруди;
- складністю забезпечення стійкості і міцності всієї споруди при монтажі.

3. Особливу увагу на даному етапі привертають методи підрощування покриттів, які шляхом нарощування верхньої частини колон домкратними системами, дозволяють застосовувати один або кілька домкратів, що *відкриває новий етап у модернізації цієї технології.*

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Heino Engel TRGSYSTEME Verlag Gerd Hatje, 1997. / Перевод с немецкого Л.А.Андреевой – М.: Астель, 2007. - 344с.
2. Черненко В. К. Аналіз умов і принципів формування методів монтажу великогабаритних конструкцій у робочій зоні / В. К. Черненко, К. В. Черненко// Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури – Випуск 2010-5(85). Сучасні будівельні матеріали, конструкції та іновативні технології зведення будівель і споруд. Том II. Макіївка, 2010. – С.291-297.
3. Глущенко І. В. Аналіз роботи пристроїв, які використовуються для монтажу покриттів великих розмірів / І. В. Глущенко, К. В. Черненко // Містобудування та територіальне планування: Науково-технічний збірник. – К.: КНУБА, 2011. – Вип. 39. – С. 425-431.
4. Черненко К. В. Аналіз і класифікація технології підйому великогабаритних конструкцій перекриттів гідропідйомними пристроями / К. В. Черненко, І. В. Глущенко // Збірник наук. праць “Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин”. – К.: КНУБА, 2011. – Вип.24, частина 1. – С.69-80.
5. Технологія будівельного виробництва: навч. посіб. для студ. будів. спец. вищих навч. закладів / [Черненко В. К., Осипов О. Ф., Гонкачев Г. М., Черненко К. В. та ін.]; за ред. В. К.Черненко. - [2-ге вид.]. – К.: Горобець Г.С., 2011. – 372 с.

## РАЗДЕЛ 6. ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

**УДК:504.054**

### АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ШТОРМОВОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АКВАТОРИИ ЧЕРНОГО МОРЯ

**Иванютин Н.М., Пасынков А.А.**

*Крымское отделение Украинского Государственного геологоразведочного института*

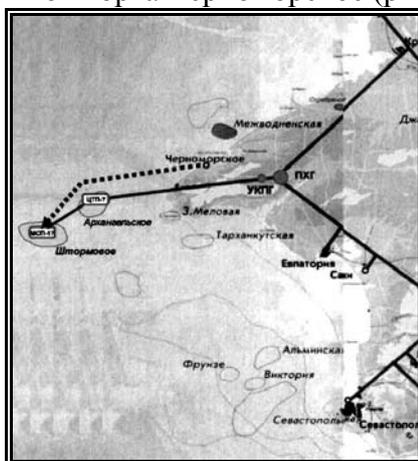
В работе приведены результаты комплексных исследований экологического состояния геологической среды Черного моря в районе Штормового газоконденсатного месторождения (ГКМ). Исследования включали в себя ретроспективный анализ имеющейся экологической информации, проведение морских экспедиционных работ – гидрохимических, геолого-геохимических, гидрофизических и гидробиологических. Установлено современное экологическое состояние геологической среды района Штормового ГКМ. Концентрация всех исследуемых элементов в донных отложениях не превышает допустимых норм загрязнения. Уровень загрязнения морской среды нефтепродуктами и тяжелыми металлами (исключая хром) достаточно низкий.

**Мониторинг, шельф, донные отложения, поллютанты, гидрохимия.**

#### ВВЕДЕНИЕ

Мониторинг экологического состояния геологической среды в районе Штормового газоконденсатного месторождения (ГКМ) был выполнен при проведении морских экспедиционных исследований на ТБС «Дон» 3-5 июня 2010г.

Штормовое ГКМ расположено в северо-западной части шельфа Черного моря, юго-западнее мыса Тарханкут в 92 км от порта Черноморское (рис. 1).



**Рис.1. Схематическая карта района исследований.**

**Рельеф местности.** Поверхность морского дна в районе Штормового ГКМ представляет собой выположенную шельфовую равнину. Литологический состав донных осадков поверхности морского дна представлен преимущественно голоценовыми илами. Глубина моря составляет 55м. Уклон поверхности равнины незначителен и составляет 0,03°.

**Климат района.** Район работ характеризуется умеренным типом климата с преобладанием циклонической циркуляции континентальных и морских воздушных масс. Наблюдается пространственная изменчивость в этой части моря всех метеорологических характеристик и погоды в целом. Циклоническая деятельность определяет увлажнение фронтальными осадками, особенно в холодное время года.

Морские течения контролируют динамическое состояние водных масс: изменения температуры воды, солености, перемешивания и т.д. Циркуляция вод на северо-западном шельфе Черного моря формируется под воздействием двух факторов:

- водами Основного Черноморского Течения (ОЧТ), которое наблюдается в районе при динамической неустойчивости вод;
- ветровыми течениями, обусловленными относительно небольшими глубинами.

Гидрологические условия. Для описания гидрологического режима района исследований использованы результаты работ 3-5 июня 2010г.

Гидрологические условия в данном районе были обусловлены сильным распреснением морских вод. Июнь характеризовался интенсивным прогревом вод, когда температура на поверхности в течение 3-5 июня изменялась от 17,4 (ночь) до 20,5°С (день). У дна температура воды составляла 11,4° - 11,6° С. Соленость в поверхностном слое изменялась от 16,3 до 19,1‰, а в придонном горизонте - от 18,6 до 21,9 ‰.

Соленость морской воды имеет крайне неравномерную структуру во всей толще воды, особенно в поверхностном горизонте. Здесь диапазон изменения солености составляет 16,3 - 21,9 ‰, причем максимум приурочен к юго-восточной периферии исследуемого участка, а минимум - к западной и северной. Таким образом, происходит увеличение солености на поверхности в юго-восточном направлении, что свидетельствует об имеющемся влиянии на халинную структуру вод пресного стока рек Дунай, Днестр и Днепро-Бугского бассейна.

Этот вывод согласуется с результатами ранее проведенных экологических исследований на площади, в т.ч. мониторинга, выполненного в период 11-14 сентября 2006г.

Период выполнения комплексной экологической съемки на северо-западном шельфе Черного моря характеризовался ветреной погодой. Волнение составляло 3 - 4 балла.

#### **АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ**

Работ посвященных району Штормового газоконденсатного месторождения немного и большинство из них представляют собой отчеты о научно - исследовательской работе. Эти отчеты разрабатывались сотрудниками ЮгНИРО и ОНМЦ «Морэкогеология». Одной из первых работ был отчет сотрудников ЮгНИРО [4] за 1997 год. В нем авторы приводят результаты контроля за экологическим состоянием геологической среды района Штормового ГКМ.

С 2002 по 2006 год выходят 3 работы сотрудников ЮгНИРО и ОНМЦ «Морэкогеология» [1, 2, 3]. В них авторы дают полную экологическую характеристику экосистемы северо-западного шельфа Черного моря в зонах производственной деятельности ГАО «Черноморнефтегаз», основанную на результатах комплексного экологического мониторинга.

#### **ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**Цель исследований:** проследить динамику экологического состояния геологической среды района Штормового ГКМ.

**Цель исследования определяет задачи:**

- анализ имеющейся экологической информации;
- проведение обследования геологической среды Штормового ГКМ с отбором проб воды, донных отложений, планктона и бентоса;
- анализ полученных результатов, построение карт загрязнения района.

**Объект исследования:** геологическая среда района Штормового ГКМ.

**Предмет исследования:** динамика экологического состояния геологической среды Штормового ГКМ.

#### **МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ**

В соответствии с задачами, в процессе мониторинга был выполнен пробоотбор придонного и приповерхностного горизонтов морских вод, донных осадков, зоопланктона и зообентоса по 6 станциям, расположенным по системе «звезда», при которой одна станция располагалась в центре, а остальные 5 – по лучам «звезды» на расстоянии 500 м.

На станциях пробоотбора было проведено:

- определение концентраций тяжелых металлов: ртути, кадмия, хрома, свинца, меди;
- определение концентраций: нефтепродуктов, фенолов, СПАВ;
- установление температуры придонного и приповерхностного горизонтов воды;
- определение солености;
- определение Ph;
- определение концентрация взвешенных веществ, мг/дм<sup>3</sup>;
- определение биохимического потребления кислорода;
- гидробиологические исследования видового разнообразия и биомассы зоо- и фитопланктона;
- гидробиологические исследования видового разнообразия и биомассы зоо- и фитобентоса.

Отбор проб воды производится пластиковым батометром Ван-Дорна, донных отложений - дночерпателем ДЧ-0,025, обловы зоопланктона проводились тотально в слое 0-20м сетью Джеди. Пробы бентоса отбирались с помощью дночерпателя.

Химический анализ проб воды и донных отложений выполнен в Лаборатории Республиканского комитета охраны природы, аккредитованной в системе Госстандарта Украины с применением метрологически аттестованных методик.

Гидробиологические исследования осуществлялись по стандартным методикам.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Характеристика морских вод и донных отложений Штормового ГКМ выполнена на основе данных экологических исследований, с учетом ретроспективных результатов мониторинга состояния экосистемы северо-западного шельфа Черного моря. Для анализа и оценки фонового состояния окружающей среды в районе работ, а также установления степени ее загрязнения и распространения поллютантов в геологической и водной среде построены карты – диаграммы пространственного распределения загрязнителей в изучаемых средах: донные отложения, придонный и приповерхностный горизонты морских вод. Результаты аналитических работ приведены в таблицах 1-3 и рисунках-диаграммах 2-11.

**Таблица 1**

**Содержание загрязняющих веществ в донных отложениях района Штормового ГКМ, мг/кг**

№ станции	НП	Cd	Pb	Cu	Cr	Hg
<b>ПДК</b>	<b>100</b>	<b>0,8</b>	<b>85</b>	<b>35</b>	<b>100</b>	<b>0,3</b>
1	0,057	<0,25	<2,0	0,202	<0,4	0,017
2	0,025	<0,25	<2,0	<0,2	<0,4	0,008
3	0,039	<0,25	<2,0	<0,2	<0,4	<0,005
4	<0,025	<0,25	<2,0	<0,2	<0,4	<0,005
5	<0,025	<0,25	<2,0	<0,2	<0,4	<0,007
6	0,025	<0,25	<2,0	<0,2	<0,4	<0,01

Концентрация всех исследуемых элементов в донных отложениях не превышает допустимых норм загрязнения. Согласно классификации грунтов дноуглубления Азово-Черноморского бассейна по степени их загрязненности район Штормового ГКМ относится к классу I - условно чистый грунт, не являющийся опасным.

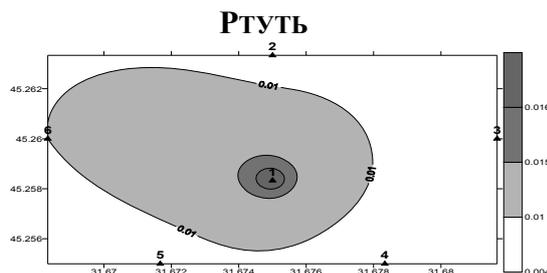


**Рис.2. Пространственное распределение нефтепродуктов в донных отложениях Штормового ГКМ, мг/кг**

Ретроспективный анализ (2003-2007гг.) содержаний суммарных нефтепродуктов в донных отложениях показывает, что эти концентрации изменялись в широком диапазоне от

0,00198 до 0,038 мг/кг сухого в-ва. В целом по акватории содержание нефтепродуктов в донных отложениях не превышало 0,001 мг/кг сухого в-ва.

### ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ



**Рис.3. Пространственное распределение ртути в донных отложениях Штормового ГКМ, мг/кг**

Концентрация ртути не превышает значений ПДК. По ретроспективным данным содержание ртути в донных отложениях в районе исследований составляло 0,01-0,27 мкг/г сухого в-ва и не превышало геохимического фона, характерного для Азово-Черноморского бассейна (0,40 мкг/г сухого вещества).

### МЕДЬ

Концентрация меди по всем станциям составляет менее 0,2 мг/кг и не превышает значений ПДК (35 мг/кг). По результатам исследований 2006г. в донных отложениях содержание меди (8,03-22,5 мкг/г сухого в-ва) также не превышало нормативной величины.

### СВИНЕЦ

Концентрация свинца по всем станциям составляет менее 0,2 мг/кг и не превышает значений ПДК (85 мг/кг). По данным съемки 2006г. в донных отложениях содержание свинца составляло 7,18 мкг/г сухого в-ва и не превышало геохимический фон, равный 20 мкг/г сухого вещества.

### КАДМИЙ

Концентрация кадмия по всем станциям составляет менее 0,25 мг/кг и не превышает значений ПДК (0,8 мг/кг). В 2006г. содержание кадмия в донных отложениях изменялось в пределах 0,01-0,23 мкг/г сухого в-ва и не превышала нормативную величину (0,30 мкг/г сухого в-ва).

### ХРОМ

Концентрация хрома по всем станциям составляет менее 0,4 мг/кг и не превышает значений ПДК (100 мг/кг). По данным мониторинга 2006г. в донных отложениях содержание хрома изменялось в пределах 4,59-49,7 мкг/г сухого в-ва, что ниже величины геохимического фона, равного 84 мкг/г сухого в-ва.

Таким образом, уровень загрязнения донных отложений района Штормового ГКМ тяжелыми металлами достаточно низкий и не превышает величин геохимического фона, характерного для осадков Черного моря.

### ПОВЕРХНОСТНЫЙ И ПРИДОННЫЙ СЛОЙ ВОДЫ

**Таблица 2**

**Содержание загрязняющих веществ в поверхностных водах акватории Штормового ГКМ, мг/дм<sup>3</sup>**

№ станции	НП*	СПАВ	Фенолы	Fe	Cd	Cu	Hg	Pb	Cr
<b>ПДК</b>	<b>0,05</b>	<b>0,1</b>	<b>0,001</b>	<b>0,05</b>	<b>0,01</b>	<b>0,005</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,01</b>	<b>0,001</b>
1	0,038	0,028	<b>0,027</b>	0,017	<0,0002	0,002	<0,05	0,003	<b>0,006</b>
2	0,022	0,025	<b>0,019</b>	0,015	<0,0002	0,001	<0,05	0,005	<b>0,005</b>
3	0,02	0,026	<b>0,017</b>	0,02	0,002	<b>0,005</b>	<0,05	0,004	<b>0,005</b>
4	0,039	0,028	<b>0,018</b>	0,025	0,001	0,001	<0,05	0,004	<b>0,002</b>
5	0,027	0,034	<b>0,014</b>	0,016	<0,0002	0,002	<0,05	<0,002	<b>0,005</b>
6	0,036	0,037	<b>0,01</b>	0,019	<0,0002	0,001	<0,05	0,003	<b>0,004</b>

\*НП – нефтепродукты

Прим.: Жирным выделены концентрации элементов выше ПДК

Таблица 3

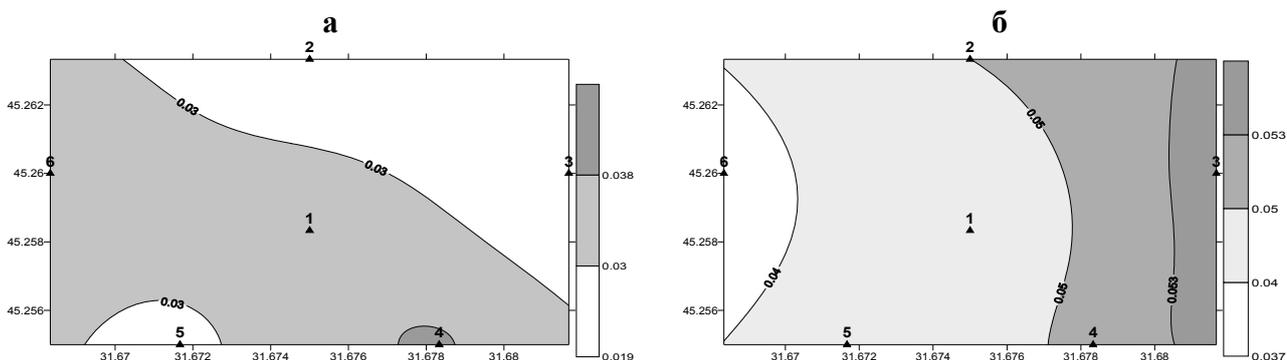
Содержание загрязняющих веществ в придонных водах акватории Штормового ГКМ, мг/дм<sup>3</sup>

№ станции	НП*	СПАВ	Фенолы	Fe	Cd	Cu	Hg	Pb	Cr
<b>ПДК</b>	<b>0,05</b>	<b>0,1</b>	<b>0,001</b>	<b>0,05</b>	<b>0,01</b>	<b>0,005</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,01</b>	<b>0,001</b>
1	0,045	0,028	<b>0,005</b>	0,032	<0,0002	0,002	<0,05	<0,002	<b>0,02</b>
2	<b>0,05</b>	0,027	<b>0,013</b>	0,028	<0,002	0,003	<0,05	<b>0,012</b>	<b>0,016</b>
3	<b>0,054</b>	<0,025	<b>0,008</b>	0,027	<0,0002	<b>0,011</b>	<0,05	0,005	<b>0,015</b>
4	<b>0,052</b>	<0,025	<b>0,005</b>	0,015	0,001	<0,001	<0,05	<0,002	<b>0,009</b>
5	0,043	<0,025	<b>0,003</b>	0,018	<0,0002	0,001	<0,05	<0,002	<b>0,007</b>
6	0,037	0,026	<b>0,009</b>	0,021	<0,0002	0,002	<0,05	0,004	<b>0,014</b>

\*НП – нефтепродукты

Прим.: Жирным выделены концентрации элементов выше ПДК

**НЕФТЕПРОДУКТЫ**

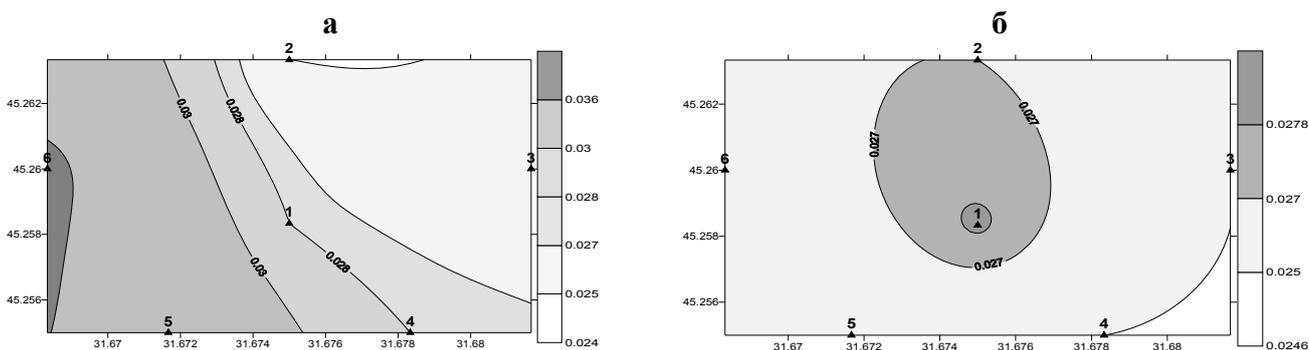


**Рис.4. Пространственное распределение нефтепродуктов в воде акватории Штормового ГКМ, мг/дм<sup>3</sup>; а – поверхностный слой воды, б – придонный слой воды.**

Концентрация в воде нефтепродуктов не превышает предельно допустимых значений, за исключением придонных вод на станциях № 2, 3, 4, где их содержание находится на уровне 1 ПДК (0,05 мг/дм<sup>3</sup>).

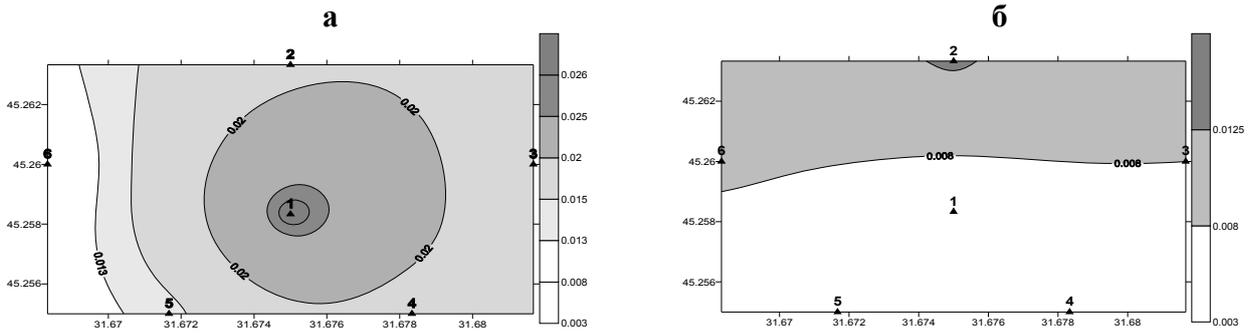
В 2006г. в поверхностном слое воды концентрация суммарных нефтепродуктов изменялась в пределах 0,042-0,133 мг/дм<sup>3</sup>, придонном-0,055-0,130 мг/дм<sup>3</sup>. Уровень загрязнения обоих горизонтов был приблизительно одинаков: среднее содержание компонентов нефти составляло, соответственно, 0,084 и 0,088 мг/дм<sup>3</sup>, что равно 1,76 ПДК.

**СПАВ**



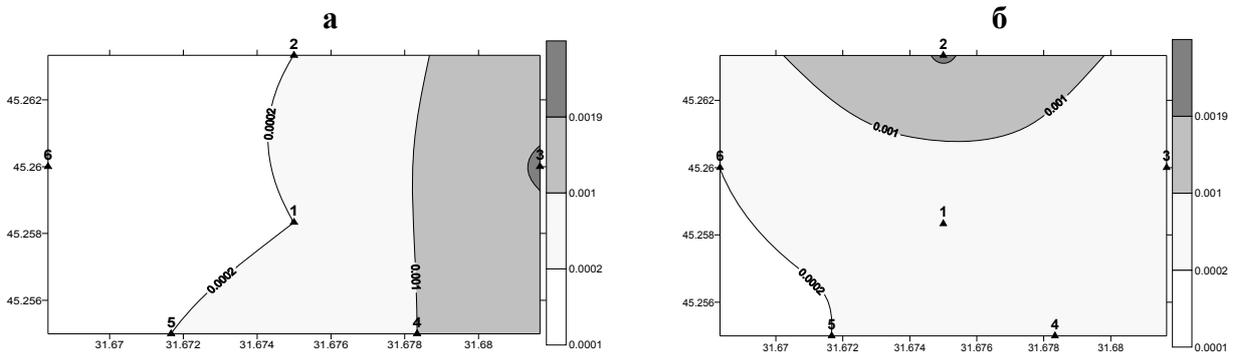
**Рис.5. Пространственное распределение СПАВ в воде акватории Штормового ГКМ, мг/дм<sup>3</sup>; а – поверхностный слой воды, б – придонный слой воды**

**ФЕНОЛЫ**



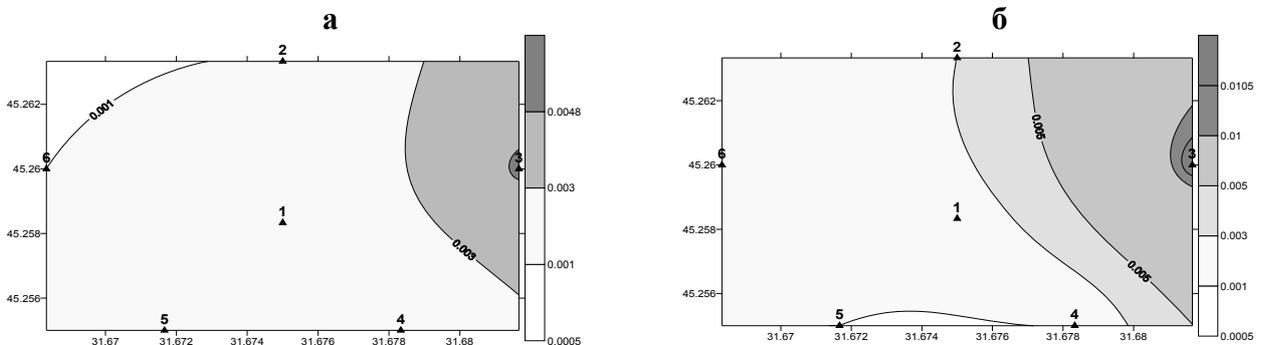
**Рис.7. Пространственное распределение фенолов в воде акватории Штормового ГКМ, мг/дм<sup>3</sup>; а – поверхностный слой воды, б – придонный слой воды**

**КАДМИЙ**



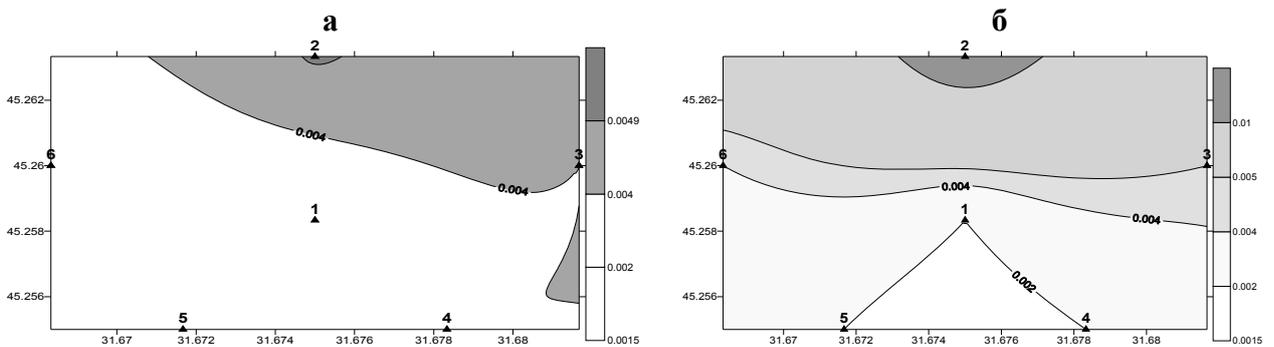
**Рис.8. Пространственное распределение кадмия в воде акватории Штормового ГКМ, мг/дм<sup>3</sup>; а – поверхностный слой воды, б – придонный слой воды**

**МЕДЬ**



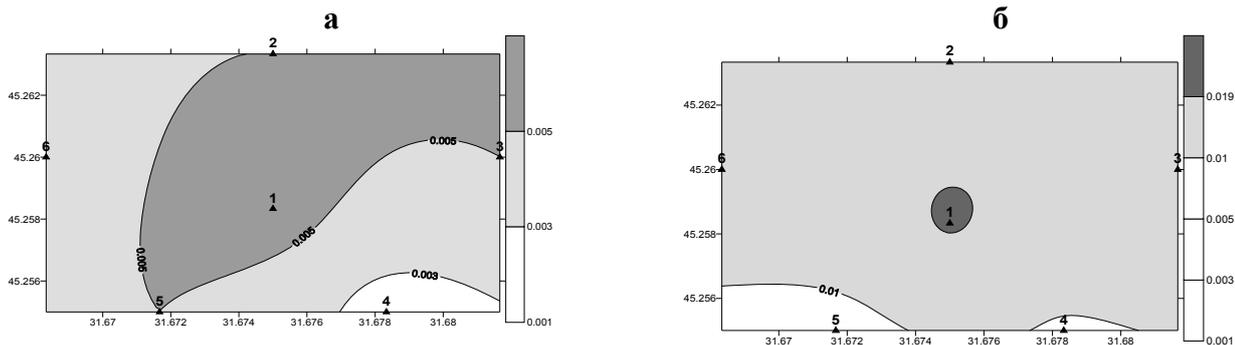
**Рис.9. Пространственное распределение меди в воде акватории Штормового ГКМ, мг/дм<sup>3</sup>; а – поверхностный слой воды, б – придонный слой воды**

**СВИНЕЦ**



**Рис.10. Пространственное распределение свинца в воде акватории Штормового ГКМ, мг/дм<sup>3</sup>; а – поверхностный слой воды, б – придонный слой воды**

## ХРОМ



**Рис.11. Пространственное распределение хрома в воде акватории Штормового ГКМ, мг/дм<sup>3</sup>; а – поверхностный слой воды, б – придонный слой воды**

Анализ полученных данных приводит к следующим выводам.

1. Концентрация в воде СПАВ, железа, кадмия не превышает значений ПДК.  
 2. Содержание меди на всех станциях ниже ПДК (0,005 мг/дм<sup>3</sup>) за исключением поверхностной и придонной воды на станции №3, где ее концентрация соответственно равна 1 и 2 ПДК. Локальное превышение допустимого содержания данного элемента в воде можно объяснить высокой степенью поглощения как взвешенной, так и растворенной меди планктоном в летний сезон, что может обуславливать значительное содержание элемента в воде. Районы значительных превышений концентраций меди в воде обычно характерны для участков интенсивного развития фито- и зоопланктона.

3. Концентрация свинца на всех станциях находится ниже допустимых значений, кроме придонной воды на станции №2, где содержание этого элемента находится на уровне 1 ПДК.

4. Концентрация хрома находится выше норм ПДК (0,001 мг/дм<sup>3</sup>) на всех станциях и колеблется от 2-6 ПДК в поверхностном слое воды до 7-20 ПДК в придонном слое морской воды.

5. Содержания фенолов в воде отличались аномально повышенными концентрациями на всех исследуемых станциях и колебались от 3-13 ПДК в придонном горизонте вод, до 10-27 ПДК в поверхностном слое воды. Анализ мониторинговых исследований за 1998–2009 гг. позволил выявить регулярное периодическое превышение концентраций фенолов в исследуемом районе: кратковременные максимумы сменяются значительными понижениями концентраций. Помимо техногенных причин, высокие концентрации фенолов формируются за счет активного развития в фотическом слое цветущего фитопланктона, выделяющего фенолы в качестве побочных продуктов жизнедеятельности. Аналогичный рост содержания фенолов отмечается в региональном плане в связи с нарушением баланса между продуцированием и утилизацией фитопланктона, которое приводит к непропорциональному его развитию. Микробиологическая деструкция нефтяных углеводородов (техногенного и естественно-геологического происхождения) также сопровождается синтезом фенолов.

### Вывод

Таким образом, в июне 2010г. уровень загрязнения морской среды северо-западного шельфа Черного моря в районе Штормового ГКМ нефтепродуктами и тяжелыми металлами был достаточно низким. Исключением был хром, концентрации которого в воде на всех станциях превышали нормы в 2-20 раз, и единичного превышения концентрации меди в поверхностной и придонной воде станции №3, соответственно 1 и 2 ПДК. Аномальное содержание в воде фенолов (3-27 ПДК) может быть связано как с техногенной деятельностью, так и с активным развитием цветущего фитопланктона, выделяющего фенолы в качестве побочных продуктов жизнедеятельности и микробиологической деструкцией нефтяных углеводородов, также сопровождающейся синтезом фенолов. В водной среде концентрации тяжелых металлов не превышали предельно допустимых

величин для вод рыбохозяйственных водоемов, а в донных отложениях - величин геохимического фона, характерного для осадков Черного моря.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Отчет о НИР Результаты комплексного мониторинга состояния экосистемы северо-западного шельфа Черного моря в зонах производственной деятельности ГАО «Черноморнефтегаз». - О.А. Петренко, Б.Г. Троценко. Керчь, МПЦ, ЮгНИРО, 2006. 57 с.
2. Отчет о НИР. Результаты комплексного мониторинга состояния экосистемы северо-западного шельфа Черного моря в зонах производственной деятельности ГАО «Черноморнефтегаз». – О.А. Петренко, Б.Г. Троценко. Керчь, МПЦ, ЮгНИРО, 2004. 51 с.
3. Отчет о НИР. Результаты комплексного экологического мониторинга состояния экосистемы северо-западного шельфа Черного моря в зонах производственной деятельности ГАО «Черноморнефтегаз». ОНМЦ «Морэкогеология», Симферополь, 2002. 55 с.
4. Отчет о НИР. Результаты контроля состояния экосистемы северо-западного шельфа Черного моря в районе эксплуатируемых морских газовых и газоконденсатных месторождений. ЮгНИРО, Керчь, 1997. 62 с.
5. Оценка влияния на окружающую среду бурения эксплуатационных скважин № 32 и № 33 Штормового месторождения с МСП-17. - Керчь, 2005 г. 78 с.

**УДК 697.34: 621.643.053 – 006.015.7**

### **ВЛИЯНИЕ НАРУШЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НА НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

**Пашенцева Л. В., ассистент**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

Обосновано негативное влияние снижения гидравлической устойчивости систем теплоснабжения на надежность их функционирования, установлены интервальные оценки изменения роста затрат от снижения уровня их надежности.

**Надежность, система теплоснабжения, гидравлическая устойчивость, показатель гидравлической характеристики системы теплоснабжения, циркуляционное давление.**

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Система централизованного теплоснабжения является сложной технической системой, состоящей из большого количества последовательно соединенных элементов. Качество поставки тепловой энергии зависит от выполнения функциональных направлений каждого из элементов: источника тепла, трубопроводов, абонентских вводов. Однако на приготовление и ее поставку влияют внешние и внутренние факторы, основные из них определяются техническими решениями при эксплуатации систем теплоснабжения. Вследствие физического и морального износа тепловых сетей, перебоев поставки газа на котельные, к сожалению, не всегда удается поддержать теплоноситель в заданных интервалах. В этом случае потребитель несет ущерб, что выражается в снижении уровня комфортности. Несомненно, возникает желание решить вопрос поставки теплоносителя требуемых параметров в сжатые сроки, что нашло отражение в самовольном отключении от централизованного теплоснабжения. Такое решение, с одной стороны, позволяет потребителю в краткосрочном периоде времени решить свои экономические проблемы, а с другой стороны – это приводит к экономическому ущербу организации, поставляющей тепловую энергию.

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Исследованию функционирования систем теплоснабжения посвящены работы многих отечественных ученых. В частности Е. Р. Гнатко анализирует их работу в условиях экспоненциального закона распределения времени их эксплуатации [1, с. 56]. При этом принимается во внимание неизменность режима работы, что крайне трудно обеспечить в течение всего отопительного периода. Украинский ученый Р.Р. Шматко рассматривает различные схемы резервирования систем теплоснабжения [3, с. 45-56]. Однако не принимается во внимание возможность нарушения режима их работы в случае применения общего или отдельного резервирования. Также О. Н. Демченко анализирует надежность этих систем при наличии исключительно последовательного соединения элементов [2, с.67-78]. При этом предложенные рекомендации по обеспечению их надежности носят рекомендательный характер и не подкреплены натурными наблюдениями.

Как видим, в научных изданиях ведется дискуссия относительно обеспечения надежности функционирования систем теплоснабжения, что дает возможность автору высказать свою точку зрения по этому вопросу.

### ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данной научной статьи является аргументированное обоснование влияния нарушения гидравлической устойчивости на надежность систем теплоснабжения, вызванное отключением потребителей от централизованной поставки тепловой энергии. Для этого решены задачи: установлена степень изменения расхода через показатель гидравлической характеристики системы теплоснабжения, выявлена связь между изменением гидравлической устойчивости и надежностью с установлением пределов для систем теплоснабжения протяженностью до 2000 м, выявлена связь между снижением надежности и ростом затрат с установлением их пределов.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для решения поставленных задач применялись методы: корреляционный, который позволил установить наличие связи между изменением гидравлической устойчивости и надежностью функционирования системы теплоснабжения, а также интервальных оценок, позволивший определить пределы снижения надежности и рост затрат.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Отключение потребителей от поставок теплоты способствует не только нарушению теплового режима, изменению расхода теплоносителя, но и общему разрегулированию функционирования системы теплоснабжения. Это требует от предприятия, осуществляющего поставки теплоты, провести комплекс мероприятий по вынужденной наладке оборудования как котельной, так и сетей теплоснабжения, что приводит к увеличению условно-переменных затрат и снижению надежности ее функционирования. Определяющим в данном случае является изменение гидравлической устойчивости системы теплоснабжения и наличие связи между изменением расхода теплоносителя в сети и ее надежностью.

Как известно, под гидравлической устойчивостью понимают способность системы сохранять постоянный расход теплоносителя на абонентских вводах при изменении условий работы других потребителей, что оценивается коэффициентом гидравлической устойчивости:

$$Y = V' / V^{\max}; \quad (1)$$

где  $V'$ ,  $V^{\max}$  – соответственно расчётный и максимально возможный расход сетевой воды в абонентском вводе.

При отключении части нагрузки расход воды в тепловой сети уменьшается, что приводит к снижению потерь давления в сети и к росту располагаемых давлений на вводах. Расход воды у оставшихся абонентов возрастёт. Отклонение фактического расхода от расчётной величины вызывает гидравлическую разрегулировку абонентских систем. Максимальная разрегулировка абонентской системы произойдёт в том случае, когда

останется включённым только один потребитель. Тогда падение давления в сети будет настолько незначительным, что пренебрегая им, можно принять располагаемый перепад давлений на вводе равным расчётному давлению сетевого насоса. Тогда можно записать:

$$y = V' / V_{\text{макс}} = \sqrt{\frac{\Delta P_{аб}}{P_n}} = \sqrt{\frac{\Delta P_{аб}}{\Delta P_{аб} + \Delta P_c}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\Delta P_c}{\Delta P_{аб}}}} ; \quad (2)$$

где  $\Delta P_{аб}$  – располагаемое давление на вводе при расчётном расходе воды;  $\Delta P_c$  – потери давления в сети при расчётном режиме;  $P_n = \Delta P_{аб} + \Delta P_c$  – давление сетевого насоса.

Из формулы 2 следует, что гидравлическая устойчивость системы теплоснабжения повышается с уменьшением потерь давления в магистральных сетях и с увеличением гидравлического сопротивления абонентских установок. С этой целью целесообразно уменьшение диаметров вводов (что крайне затруднительно в существующих системах), а также установка на вводах дроссельных шайб, клапанов-регуляторов, что выглядит более привлекательным. Для установления связи между расходом воды системы теплоснабжения и естественным циркуляционным давлением воспользуемся показателем гидравлической характеристики системы теплоснабжения:

$$\Gamma = \Delta p'_e / (\Delta p_n + \Delta p'_e) ; \quad (3)$$

где  $\Delta p'_e$  – расчётное для системы теплоснабжения естественное циркуляционное давление;  $\Delta p_n$  – насосное циркуляционное давление.

Показатель  $\Gamma$  выражает существующее в расчётных условиях соотношение естественного и суммарного циркуляционного давления, обеспечивающего движение воды в системе теплоснабжения. Этот показатель в различных системах теплоснабжения может изменяться от 0 до 1 (в системе с естественной циркуляцией). С увеличением высоты здания показатель  $\Gamma$  (при незначительном изменении  $p_n$ ) растёт, что объясняется повышением условного среднего центра охлаждения в системе над центром нагрева. Степень изменения расхода можно охарактеризовать выражением:

$$\bar{G} = (1 - \Gamma(1 - (\Delta p_e / \Delta p'_e)))^{0,5} ; \quad (4)$$

Он характеризует степень воздействия внутренних факторов на нормальную работу системы теплоснабжения, что может быть вызвано отключением потребителей от централизованного теплоснабжения, а это, в свою очередь, приводит к росту давления на вводе. Кроме того, нарушение гидравлической устойчивости негативно отражается на надёжности функционирования системы теплоснабжения, что выражается ростом интенсивности отказов. В табл. 1 представлены данные, характеризующие зависимость между этими показателями для системы теплоснабжения протяженностью до 2000 м.

**Таблица 1**

**Показатели гидравлической устойчивости и надёжности системы теплоснабжения  
(на примере тепловых сетей гг. Симферополь, Керчь, Ялта)**

Изменение гидравлической устойчивости, доля единицы	Максимальный предел надёжности, доля единицы
До 0,05	0,91-0,93
0,060-0,10	0,84-0,90
0,11-0,15	0,79-0,83
0,16-0,20	0,71-0,78
0,21-0,25	0,66-0,70
0,26-0,30	0,61-0,65
0,31-0,35	0,56-0,60

Как видим, по мере нарушения гидравлической устойчивости снижается показатель надёжности функционирования системы. Это свидетельствует о наличии обратной связи между ними. Согласно ДБН «Тепловые сети», минимальная надёжность работы системы

теплоснабжения установлена 0,90. Тогда, зная показатель  $\Gamma$ , можно построить график и определить реальную надежность исследуемой системы теплоснабжения.

После этого необходимо сравнить с рекомендуемым показателем (согласно ДБН 0,90), что позволяет сделать выводы о непосредственном негативном влиянии изменения показателя  $\Gamma$  на надежность системы теплоснабжения. Так, если изменение гидравлической устойчивости составило 0,07, то это соответствует уровню надежности 0,85 (табл.1), что на 0,05 ниже минимально рекомендуемого значения. Это оказывает влияние на изменение затрат на обслуживание системы, так как низконадежная система требует увеличения затрат на поддержание ее в работоспособном состоянии. Как известно, экономическая сущность надежности заключается в том, что ее повышение, в конечном счете, определяет экономию материалов, энергии, денежных ресурсов. Данное утверждение положено в основу концепции обеспечения оптимального уровня надежности системы теплоснабжения, под которым понимают определенное сочетание ее различных свойств: технических, экономических, экологических, обеспечивающих создание и эксплуатацию системы с минимально возможными издержками. В табл. 2. представлены данные, характеризующие зависимость между снижением уровня надежности и ростом затрат коммунального предприятия тепловых сетей на поддержание их работоспособности.

Таблица 2

**Влияние надежности систем теплоснабжения на рост затрат на их обслуживание (на примере тепловых сетей гг. Симферополь, Керчь, Ялта)**

Рост затрат, %	Снижение уровня надежности, доля единицы
1-3	0,01-0,05
4-7	0,06-0,10
8-11	0,11-0,15
12-15	0,16-0,20
16-19	0,21-0,25

Для того, чтобы воспользоваться данными табл.2. необходимо построить график зависимости между указанными показателями. Зная уровень снижения надежности исследуемой системы, можно определить процент увеличения затрат на обслуживание системы с целью определить требуемый уровень надежности. Необходимо отметить, что данные расходы необходимо учитывать соответствующим коэффициентом при расчете экономического ущерба, нанесенного предприятию «Теплокоммунэнерго» при отключении потребителей от централизованного теплоснабжения, что должно найти отражение в структуре условно-переменных затрат, которые представляют собой плату за фактический объем потребленной тепловой энергии.

### Выводы

1. По мере нарушения гидравлической устойчивости системы теплоснабжения снижается показатель надежности ее функционирования, что подтверждает наличие обратной связи между этим показателями.

2. Проведенные наблюдения за работой систем теплоснабжения протяженностью до 2000 м в гг. Симферополь, Керчь, Ялта позволили определить интервальные оценки изменения надежности от снижения гидравлической устойчивости, роста затрат от снижения надежности.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гнатко Є. Р. Надійність функціонування систем теплопостачання: [монографія] / Є. Р. Гнатко. – Донецьк.: Наука. – 2012. – 293с.
2. Демченко О. Н. Проблеми збереження теплової енергії в Україні: [монографія] / О. Н. Демченко. – Харків.: Слобода. – 2012. – 199с.
3. Шматко Р. Р. Оптимізація надійності систем теплопостачання: [монографія] / Р. Р. Шматко. – Львів.: Наукова думка. – 2011. – 189с.

УДК 656.13 (477.75)

## АНАЛИЗ ПОСТУПЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ С ЛИВНЕВЫМИ СТОКАМИ В ПРИБРЕЖНУЮ ЗОНУ ЧЕРНОГО МОРЯ (НА ПРИМЕРЕ Г. ФЕОДОСИЯ)

Сапронова З.Д., к. геол.-мин. н., профессор, Муровская А.С., аспирант

Национальная академия природоохранного и курортного строительства, г. Симферополь

В работе проведена оценка формирования поверхностного стока для территории г. Феодосия с учетом коэффициента стока для различного типа водосборной поверхности. Проанализирован состав сбрасываемых ливневых стоков в прибрежную зону Черного моря. Предложены решения по реорганизации поверхностного стока с целью снижения выбросов загрязняющих веществ в прибрежную зону Черного моря.

**Атмосферные осадки, загрязнение, коэффициент стока, ливневый сток, Феодосия**

### ВВЕДЕНИЕ

Поверхностный сток с селитебных территорий и площадок предприятий является одним из интенсивных источников загрязнения окружающей среды различными вредными примесями природного и техногенного происхождения. Количество загрязняющих веществ, выносимых с селитебных территорий поверхностным стоком, определяется плотностью населения, уровнем благоустройства территорий, типом поверхностного покрова, интенсивностью движения транспорта, частотой уборки улиц, а также наличием промышленных предприятий и количеством выбросов токсикантов в атмосферу. Контроль за отведением загрязненного поверхностного стока в морскую среду регламентируется Государственным стандартом Украины [1].

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Загрязнение водоемов, рек и прибрежных территорий, располагающихся в городской черте, напрямую зависит от поступления загрязняющих веществ (ЗВ) с неочищенными сточными водами, что становится острой проблемой для городов Крыма [2].

По данным многолетних исследований отмечается значительное превышение ЗВ в приземном слое атмосферного воздуха. Основными источниками загрязнения являются промышленные предприятия и транспорт. Оседая на подстилающую поверхность, большая часть ЗВ вместе с дождевыми и тальными водами поступает в водоемы и только небольшая часть проникает в грунт. В основу расчета годового сброса ЗВ с дождевыми и тальными водами положен метод [3], позволяющий оценить степень загрязнения водных объектов поверхностным стоком от сосредоточенных выпусков.

Концентрация основных ЗВ в поверхностном стоке напрямую зависит от количества выпавших осадков и продолжительности сухого периода. На протяжении последних лет на территории г. Феодосия отмечалось увеличение суммарного количества атмосферных осадков (рис. 1), что ведет к увеличению сброса поверхностного стока, следовательно к повышению уровня загрязнения прибрежной зоны Черного моря в городской черте [4].

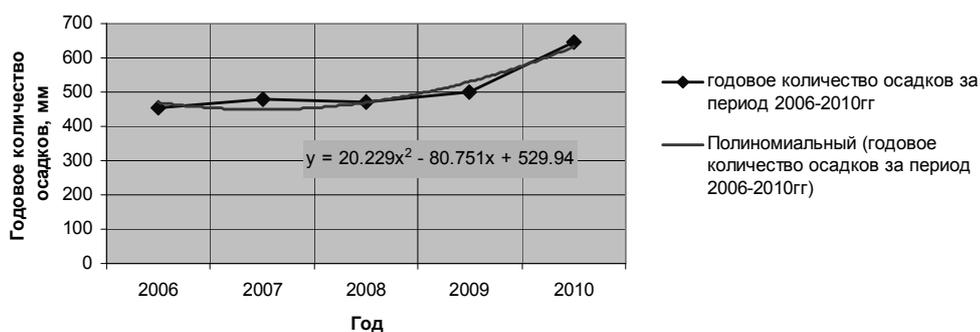


Рис. 1. Годовое количество осадков на территории г. Феодосия за период 2006-2010 г.г.

Наиболее высокий уровень загрязнения поверхностного стока наблюдается на промышленно-рекреационных территориях приморских городов, территориях промышленных и автотранспортных предприятий, неупорядоченных строительных площадках, вдоль автомагистралей с интенсивным движением транспорта.

#### ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Целью данной работы является определение загрязнения прибрежной зоны Черного моря от сброса поверхностного стока с территории г. Феодосия.

Воздействие промышленных предприятий и автотранспортного комплекса приводит к интенсивному загрязнению приземного слоя атмосферного воздуха и как следствие к загрязнению верхнего слоя литосферы. Поверхностный сток с селитебных территорий, площадок промышленных предприятий и объектов автотранспортного комплекса, поступающий с дождевыми и талыми водами в прибрежную зону Черного моря, является одним из интенсивных источников загрязнения. Опасность его проявления возникает с ростом уровня урбанизации территории и увеличения интенсивности движения автотранспорта.

Для реализации поставленных задач, авторами был проанализирован количественный и качественный состав поверхностного стока с селитебных территорий и площадок предприятий различного функционального назначения, с целью определения их максимального загрязнения; рассчитан среднегодовой объем поверхностных сточных вод на территории г. Феодосия с учетом коэффициента стока ( $\Psi$ ) для различных типов водосборной поверхности, что в последствии легло в основу расчета годового сброса ЗВ с дождевыми и талыми водами по ливнепроводам, поступающим в море в зоне купания.

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Среднегодовой объем поверхностных сточных вод на территории г. Феодосия в период выпадения дождей, таяния снега и мойки автотранспорта, определяется по формуле (1):

$$W_r = W_d + W_c + W_m, \quad (1)$$

где:  $W_d$ ,  $W_c$  и  $W_m$  – среднегодовой объем дождевых, снеговых и поливочных вод, м<sup>3</sup>.

Среднегодовой объем дождевых ( $W_d$ ) и снеговых ( $W_c$ ) вод, стекающих с селитебных территорий и промышленных площадок, определяется по формулам (2) и (3):

$$W_d = 10 \cdot H_d \cdot \psi_d \cdot F, \quad (2)$$

$$W_c = 10 \cdot H_c \cdot \psi_c \cdot F, \quad (3)$$

где:  $F$  – общая площадь стока, м<sup>2</sup>;

$H_d$  – слой осадков, мм, за теплый период года, ( $H_d = 209,5$  мм [5]);

$H_c$  – слой осадков, мм, за холодный период года, ( $H_c = 436,9$  мм [5]);

$\psi_d$  и  $\psi_c$  – общий коэффициент стока дождевых и талых вод соответственно,

$\psi_d = 0,45$  и  $\psi_c = 0,6$  [6].

Для г. Феодосия среднегодовой объем дождевых ( $W_d$ ) и снеговых ( $W_c$ ) вод, рассчитанный по формулам (2) и (3) с учетом коэффициент стока дождевых и талых вод и количества выпавших осадков составит соответственно:  $W_d = 33091 \cdot 10^3$  (м<sup>3</sup>),  $W_c = 92011 \cdot 10^3$  (м<sup>3</sup>).

Общий годовой объем поливочных вод ( $W_m$ ), м<sup>3</sup>, стекающих с площади стока, определяется по формуле (4):

$$W_m = 10 \cdot m \cdot k \cdot \psi_m, \quad (4)$$

где:  $m$  – удельный расход воды на мойку единицы автотранспорта (как правило, принимается 0,12-0,15 м<sup>3</sup> на одну мойку);

$k$  – среднее количество автотранспортных единиц, проходящих мойку кузова в год (составляет 63336 ед. [7]);

$\psi_m$  – коэффициент стока для поливочных вод (принимается 0,5 [6]).

Общий годовой объем поливомоечных вод ( $W_M$ ) для г. Феодосия составил:

$$W_M = 38 \cdot 10^3 (\text{м}^3).$$

Среднегодовой объем поверхностных сточных вод для территории города в период выпадения дождей, таяния снега и мойки автотранспорта равен:

$$W_r = 125140 \cdot 10^3 (\text{м}^3).$$

Если на водосборной территории расположены жилые дома, большие парки или участки лесных массивов, проявляется эффект задержания части атмосферных осадков водосборной поверхностью. В этом случае объем поверхностного стока уменьшается. Расчет количества задержанных атмосферных осадков производится с учетом коэффициента стока для дождевых и талых вод, приведенным в табл. 1.

Таблица 1

Значение коэффициента стока [6]

Тип водосборной поверхности	Величина коэффициента стока, $\Psi_i$	
	дождевой сток	снеговой сток
Кровли и асфальтобетонные покрытия	0,6	0,8
Кварталы с современной застройкой	0,4	0,5
Кварталы города без дорожных покрытий, небольшие скверы, бульвары	0,2	0,3
Газоны, зеленые насаждения	0,1	0,2
Грунтовые поверхности	0,2	0,6
Бульжные или щебеночные мостовые	0,4	0,6
Водонепроницаемые поверхности	0,6 - 0,8	0,91 - 0,95

Значение коэффициента стока для водосборного бассейна рассчитывается как средневзвешенное для всей площади по формуле (5):

$$\Psi = \sum_i a_i \cdot \Psi_i, \quad (5)$$

где:  $a_i$  – весовой коэффициент, равный по величине отношению площади, занимаемой данным видом покрытия, к общей водосборной площади;

$\Psi_i$  – коэффициент стока для различных видов покрытий.

С учетом различного характера растительного покрова, объем дождевых и снеговых талых вод корректируется в зависимости от коэффициента стока  $\Psi_i$  и соответственно равен:

$$W'_d = 16678 \cdot 10^3 (\text{м}^3), \quad W'_c = 57863 \cdot 10^3 (\text{м}^3).$$

Специфические особенности поверхностного стока, связанные с эпизодичностью его поступления, резкими изменениями расхода и уровня загрязнения, изменчивостью состава загрязняющих веществ, значительно затрудняют контроль и регламентацию поступления его в городские системы водоотведения или в водные объекты.

Контроль состава поверхностного стока осуществляют путем анализа проб, которые отбирают из дождевой или промышленно-дождевой сети. Отбор проб производят порционно. Для получения детальной информации о составе поверхностного стока производится анализ каждой отобранной пробы.

Оценку выноса веществ с поверхностным стоком производят на основе ориентировочных данных о составе и количестве поверхностного стока. Для организованного поверхностного стока используют данные измерений расхода сбросных вод и результаты анализа проб. Для неорганизованного поверхностного стока, а также при невозможности организовать необходимые измерения расход поверхностного стока определяют расчетным путем, а концентрации веществ в поверхностном стоке принимают на основании обобщенной количественной характеристики каждой составляющей поверхностного стока.

Состав поверхностного стока с территории промышленных предприятий определяется характером основных технологических процессов, эффективностью работы систем пыле- и газодулавливания, организацией складирования отходов производства, санитарным состоянием территории. В зависимости от состава накапливающихся на территории промышленных площадок и смываемых поверхностным стоком веществ промышленные

предприятия делят на две группы. К первой группе относят предприятия, поверхностный сток с территории которых не содержит специфических веществ с токсичными свойствами и близок по своему составу к дождевому стоку с районов жилой застройки. К этой группе относят предприятия энергетической отрасли, судостроения, нефтеперерабатывающие заводы, приборостроительные заводы, предприятия легкой, пищевой, электротехнической отраслей промышленности. Остальные предприятия относятся ко второй группе и характеризуются наличием в поверхностном стоке со своей территории большого количества органических примесей и специфических веществ, наличие которых определяется технологией производства.

Нормативы предельно допустимых сбросов (ПДС) загрязняющих веществ при выпуске поверхностных сточных вод в водные объекты определяются в соответствии с Водным Кодексом Украины, действующими нормативно-методическими документами и устанавливаются для каждого выпуска поверхностных сточных вод исходя из условий недопустимости превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в контрольном створе или на участке водного объекта с учетом его целевого использования.

Допустимая концентрация загрязняющего вещества в сбрасываемых поверхностных сточных водах  $C_{пдс}$  определяется по формуле (6):

$$C_{пдс} = n_p \cdot (ПДК - C_{\phi}) + C_{\phi} \quad (6)$$

где:  $C_{\phi}$  – фоновая концентрация загрязняющего вещества, мг/дм<sup>3</sup>;

ПДК – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества или региональная норма качества воды водного объекта, мг/дм<sup>3</sup>;

$n_p$  – кратность разбавления поверхностных сточных вод при выпуске в водный объект, определяемая согласно методикам, принятым для расчета кратности разбавления промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод, отводимых в водные объекты.

За фоновую концентрацию загрязняющего вещества  $C_{\phi}$  принимается его концентрация в воде водного объекта, в створе, расположенном выше по течению, но как можно ближе к месту сброса поверхностных сточных вод. Если естественные фоновые концентрации веществ в воде водного объекта, сформировавшиеся под воздействием природных факторов, превышают установленные ПДК, то для этих водных объектов при расчете ПДС загрязняющих веществ с поверхностными сточными водами могут применяться региональные нормативы качества воды.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Для комплексной оценки воздействия сбрасываемых поверхностных сточных вод на окружающую природную среду г. Феодосия автором были отобраны пробы воды ливневых стоков в черте города и сбрасываемых в море очищенных канализационных стоков. Аналитические исследования проведены в лаборатории Рескомприроды АРК, результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

#### Результаты исследований отобранных проб вод на территории г. Феодосия

№ п/п	Наименование пробы	Средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>								
		ХПК (химический показатель кислорода)	БПК <sub>5</sub> (биологический показатель кислорода)	Сульфаты	Хлориды	Аммоний солевой	Нитриты	Нитраты	Фосфаты	Нефте-продукты
<b>Утвержденные концентрации в ПДК для пресной воды, мг/дм<sup>3</sup> [8]</b>		<b>15,0</b>	<b>3,0</b>	<b>100,0</b>	<b>300</b>	<b>0,5</b>	<b>0,02</b>	<b>9,0</b>	<b>0,17</b>	<b>0,05</b>
1	Вода из вытока в море	46,0	25,0	72,0	152,4	5,7	0,69	1,5	<0,05	0,082
2	Вода из вытока в море по берегу пляжа	55,0	28,0	64,2	124,1	9,3	<0,03	1,0	<0,05	0,088

Продолж. табл. 2

3	Вода из стока (перекачивающая станция №5)	40,0	22,0	68,0	141,8	4,8	1,0	27,9	<0,05	0,060
<b>Утвержденные концентрации в ПДК для морской воды, мг/дм<sup>3</sup> [9]</b>		-	<b>3,0</b>	<b>3500</b>	<b>11900</b>	<b>0,5</b>	<b>0,08</b>	<b>40,0</b>	-	<b>0,05</b>
4	Морская вода из водовыпуска	-	-	780,0	9926,0	<0,015	0,031	-	0,020	-
5	Морская вода из водовыпуска (2 м от берега)	-	-	880,0	10635,0	<0,015	0,028	-	0,027	-
6	Морская вода из водовыпуска (3 м от берега)	-	-	800,0	10635,0	<0,015	0,029	-	0,029	-
7	Морская вода из водовыпуска (10 м от берега)	-	-	784,0	9926,0	<0,015	0,019	-	0,017	-

Результаты проведенных аналитических исследований (табл. 2) и последующий расчет допустимой концентрации загрязняющих веществ в сбрасываемых поверхностных сточных водах  $C_{ПДС}$  показывает значительное превышение ПДС по БПК<sub>5</sub> и аммоний солевому. Данный факт свидетельствует об использовании городских ливнестоков в качестве несанкционированного отведения канализационных сбросов.

Предельно допустимый годовой сброс загрязняющего вещества с дождевыми и тальными водами определяется по формулам (7) и (8):

$$ПДС_{ДБПК_5} = W'_Д \cdot C_{ПДСБПК_5}, \quad ПДС_{ДамСол} = W'_Д \cdot C_{ПДСАмСол} \quad (7)$$

$$ПДС_{СБПК_5} = W'_С \cdot C_{ПДСБПК_5}, \quad ПДС_{СБПамСол} = W'_С \cdot C_{ПДСАмСол} \quad (8)$$

где:  $W'_Д$  – средний годовой объем дождевого стока, м<sup>3</sup>;

$W'_С$  – средний годовой объем снеговых сточных вод, м<sup>3</sup>.

Для г. Феодосия рассчитанный годовой сброс загрязняющих веществ с дождевыми и тальными водами по ливнестокам, поступающим в море в зоне купания, соответственно равен:

$$ПДС_{ДБПК_5} = 467 \text{ г/год}, \quad ПДС_{ДамСол} = 155 \text{ г/год};$$

$$ПДС_{СБПК_5} = 1620 \text{ г/год}, \quad ПДС_{СБПамСол} = 538 \text{ г/год}.$$

### Выводы

1. При разработке водоохранных мероприятий по предотвращению загрязнения прибрежной зоны поверхностным стоком с селитебных территорий в первую очередь должен быть проведен анализ поступления загрязняющих веществ в ливневые стоки, определена требуемая степень очистки и условия выпуска в водный объект.

2. С целью снижения загрязнения прибрежной зоны следует дифференциально отводить на очистные сооружения поверхностный сток с городских территорий, отличающихся значительной величиной нагрузки по загрязняющим веществам.

3. При отведение поверхностного стока с промышленных площадок и жилых зон через дождевую канализацию необходимо исключить поступление в нее хозяйственно-бытовых сточных вод и промышленных отходов.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов /Минрыбхоз СССР. – М., 1990. – 44с.
2. Муровская А.С. Городская планировка и ее воздействие на экологическое состояние города (на примере г. Феодосия): материалы XIX международной научно-практической конференции «Казантип. Новые горизонты инновационного развития» (г. Щелкино, АР Крым, 6-10 июня 2011 г.) / А.С. Муровская, З.Д. Сапронова, С.П. Муровский, Г.Э. Садыкова, Т.А. Иваненко. УкрГНТЦ «Энергосталь» - Харьков, 2011.- С. 280-287.

3. Методика расчета систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты / ФГУП «НИИ ВОДГЕО».- М.- 2000.- 113 с.
4. Муровская А.С. Формирование поверхностного стока с городской территории и территорий промышленных предприятий приморских городов (на примере г. Феодосия): загалнодержавний науково-технічний журнал «Проблеми екології» / А.С. Муровская, Н.А. Сологуб. ДонНТУ - Донецк, 2011.- С. 127-133.
5. Кліматологічні стандартні норми / Міністерство екології та природних ресурсів України. – Київ, 1990. – 72с.
6. Правила контроля за отведением дождевых и снеговых сточных вод с территорий городов и промышленных предприятий : ДСТУ 3013-95. - К.: Держстандарт України, 1995. - 13 с.
7. Транспорт і зв'язок АР Крим: [стат. збірник].- Сімферополь: Головне управління статистики в АРК, 2010.- 120 с.
8. «Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами», утвержденные постановлением Кабинета Министров Украины № 465 от 25 марта 1999 г. – Режим доступа: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/465-99-%EF>.
9. «Правила охорони внутрішніх морських вод і територіального моря від забруднення та засмічення», утвержденные постановлением Кабинета Министров Украины № 269 от 29 февраля 1996 г. – Режим доступа: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=269-96-%EF&p=1322585196128814>.

**УДК 728.54:712.23**

## **ПРОБЛЕМА СОХРАНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ ТУРИЗМА В ГОРНОМ КРЫМУ**

**Сидорова В.В. аспирант, Бурлакова Д.С. студентка группы ГС-631**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

Раскрываются возможности рекреационно-туристического потенциала горных районов Крыма. Выявлены особенности рекреационного освоения горных территорий и первоочередность экологических принципов проектирования. Сформулированы природоохранные, градостроительные, конструктивные задачи и рекомендации по организации системы объектов туризма в горном Крыму.

**рекреационные ресурсы, ландшафт, экосистема, природопользование, туризм, полифункциональный, устойчивое развитие.**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Крым отличается наличием многочисленных ресурсов, многие из которых можно использовать как рекреационные. Наибольшую ценность для рекреации представляют ландшафтно-климатические, пляжные, грязелечебные, спелеологические, культурно-исторические и археологические ресурсы, лечебно-минеральные воды, обилие фруктов, винограда, десертных вин. Всё это в течение длительного времени определяло рекреационную специализацию Крыма одним из важнейших направлений его регионального развития [3].

Особое место в рекреационном хозяйстве Крыма занимает туризм. Для туристов особенно привлекательны пейзажные ресурсы, которыми исключительно богата Главная гряда Крымских гор.

Однако не все виды туризма безопасны в экологическом смысле, поскольку все они напрямую взаимодействуют с природной средой. При неправильной организации туризм, связанный с промыслами, спортивный туризм и многие другие приводят к разрушению популяций и сообществ живых организмов, ландшафтов и экосистем. Сегодня в условиях неблагоприятной экологической ситуации, отсутствия либо упадка организационных

туристических структур, варварского отношения большинства туристов к природной среде стоит вопрос организации туристической системы с позиций градостроительства и экологии.

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Украинским государственным научно-исследовательским институтом проектирования городов «ДІПРОМІСТО» была разработана пояснительная записка к проекту «Схема планировки территории Автономной Республики Крым» [1]. Авторы проекта стремились к созданию планировочной основы для рационального использования территории республики. Также предложена территориальная организация системы курортов, мест отдыха и туризма, определен комплекс мероприятий по охране окружающей среды, разработаны предложения по организации объектов природно-заповедного фонда.

В «Стратегии развития туристско-рекреационного комплекса Крыма – 2020 (проект)» [2] определены цели, приоритеты и задачи перспективного развития рекреации и туризма в Крыму.

Слепокуров А.С. в своём труде [3] делает акцент на проблеме рационального природопользования, доказывает необходимость более тонкого учета природных условий и ресурсов при выборе вариантов рекреационного развития.

В своих многочисленных публикациях Тетиор А.Н. предлагает экологичные, природосберегающие конструктивные решения зданий и инженерных сооружений, применяемые при экологичном строительстве и природоохранном обустройстве территорий.

Супруненко Ю.П. в труде «Горы зовут... (Горно-рекреационное природопользование)» [6] формулирует геоэкологические принципы и аспекты оптимальной организации горно-рекреационного природопользования и системы обеспечения горно-рекреационной жизнедеятельности, главным из которых является природоохранный стержень природопользования.

Яланина Н.М. в своей научной работе [7] рассматривает принципы сосуществования природы естественной и искусственной с позиций синергетики, решает задачи взаимодействия природы и архитектуры без нарушения природной среды.

Статья Поморова С.Б. «Аттрактивность – фундаментальная характеристика ландшафтов при проектировании рекреационных объектов и систем» [8] о принципах градостроительного формирования рекреационных объектов и систем, факторах их размещения в зависимости от назначения объектов и условий местности, о качествах среды и особенностях взаимодействия места проектирования и формируемого объекта.

Таким образом, тема развития туристических объектов в Крыму является актуальной и требует дальнейших исследований и практических рекомендаций.

### ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью исследований является раскрытие экологической проблемы и выработка рекомендаций по сохранению природной среды при формировании объектов туризма в условиях горного Крыма как перспективной туристской территории Украины.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи исследований:

1. Рассмотреть особенности рекреационного освоения горных территорий.
2. Проанализировать предпосылки развития туризма в горных районах Крыма.
3. Раскрыть важность проблемы сохранения ландшафта при освоении природной среды.
4. Разработать практические рекомендации по формированию объектов туризма в горном Крыму с позиций экологии, градостроительства, конструирования, объемного моделирования.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Методикой исследования является научный анализ и систематизация полученных данных. Исследование построено путем изучения и систематизации литературных

источников, периодических изданий, интернет-ресурсов, анализа мирового опыта проектирования объектов с сохранением природной среды.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Горные ресурсы занимают одно из ведущих мест среди рекреационных ресурсов. Каждому типу рекреационного использования горных ресурсов соответствуют определенные формы организации территории и объекты. Для альпинистского – альплагеря, для горно-туристского – турбазы, приюты, палаточные городки; для горно-туристского спортивно-оздоровительного – горнолыжные лагеря, формирующиеся на базе турбаз и альплагерей, и горно-спортивные центры комплексного профиля; для горно-туристского прогулочно-оздоровительного – национальные парки, организованные места отдыха в горах [6]. Горы обладают самыми разнообразными возможностями для проведения туристских походов, как оздоровительных, так и спортивных разных категорий сложности, связанных с преодолением перевалов.

Рассмотрим примеры из мировой практики проектирования объектов туризма в горных условиях с учетом природоохранных требований. Выделим экологические особенности рассмотренных объектов.

Отель (Национальный Парк Стелвио) в Альпах (Италия) (рис. 1) – минимизация воздействия здания на внешний вид склона за счет использования подземного пространства; использование «зеленых» технологий: толщина земли - природный кондиционер, естественная система очистки воды, наличие солнечных батарей, питающих отельный комплекс.

Отель Vigilius Mountain Resort (Южный Тирол) в Альпах (Италия) (смотри рис. 2) – олицетворение симбиоза природы и архитектуры, традиций и современности. Один из ключевых принципов проекта – забота об окружающей среде; применение натуральных материалов (дерево, глина, стекло, камень) [4].



Рис.1. Проект отеля в итальянских Альпах



Рис. 2. Отель. Альпы, Италия



Рис. 3. Комплекс Трамплин (г. Сочи). Кавказ. Россия.



Рис. 4. Горнолыжный курорт. Альпы. Швейцария

Комплекс Трамплин (Красная Поляна, г.Сочи) на Кавказе (Россия) (рис. 3) – сохранение местного леса за счет надземного строительства; использование нетрадиционных источников энергии (ветряки, солнечные батареи на крышах).

WhitePod Alpine Ski Resort – горнолыжный курорт (деревня Les Cerniers) в Альпах (Швейцария) (рис. 4) – гармония с природой наряду с необходимым комфортом; сочетание традиционных черт местного колорита с функциональными преимуществами современного образа жизни.

Эко-туристический комплекс в г. Дилижан (Армения) (рис. 5) - интеграция здания в окружающую среду; создание архитектуры как части созданного природой пейзажа; подчинение окружающему ландшафту, формирование образа горного разлома; использование экологически чистых технологий и строительных материалов.



**Рис. 5. Эко-туристический комплекс (г. Дилижан). Армения**

Разнообразие природных ландшафтов Крымских гор, выгодное экономико-географическое положение, значительный объем природных достопримечательностей, мягкий климат, наличие как экстремальных, так и благоприятных и даже комфортных условий для отдыха и спорта создает предпосылки для круглогодичного развития самых разных типов рекреационной деятельности - от спортивных, требующих высокого мастерства, тренированности и закаленности, до оздоровительных, массовых.

Спортивно-оздоровительный туризм является одним из наиболее перспективных видов туризма для Крыма. Он имеет давние (с конца XIX - начала XX века) традиции развития в Крыму. Такие виды туризма, характерные для горной местности как горно-пешеходный, конный, спелеотуризм (160 пещер), спортивное скалолазание (25 вершин), спортивное ориентирование, планеризм впервые в нашей стране зародились в Крыму, что делает Крым привлекательным и с точки зрения истории развития различных видов туризма [2]. Крымские горы также обеспечивают возможности развития каньонинга, велотуризма, авиатуризма и внедорожного автотуризма.

Однако увеличение количества туристов будет неизбежно сопровождаться увеличением нагрузки на природную среду. Уже сегодня экологическая ситуация в Крыму нарушена. В горнолесной зоне Крыма отмечается рост количества регистрируемых туристских групп (в 2009 году их число достигло 705) и неорганизованных туристов. Среднесуточная посещаемость лесных угодий в сезон «пик» в окрестностях аттрактивных объектов (водопад Учан-Су, Большой Каньон, Демерджи, Ай-Петри и других) составляет от 500 до 1200 человек [2]. Превышение норм лесопользования приводит к деградации уникальных лесных массивов: вытаптыванию растительного покрова, замусориванию, уничтожению подлеска и подроста, к частым пожарам вследствие низкой устойчивости горнолесных ландшафтов к антропогенным нагрузкам. Острая ситуация сложилась в рекреационном землепользовании: для многих районов характерно нерациональное использование ценных земель, несанкционированный захват земель на территории объектов природно-заповедного фонда.

Совершенно ясно, что наряду с развитием туризма необходимо предпринимать большие усилия по сохранению и поддержанию состояния экосистем на должном уровне.

В настоящее время у туристов во многих популярных районах мира превышен предельный уровень устойчивости природных комплексов и начались необратимые изменения. С 1983 года в инициативах международных туристских организаций, национальных и региональных стратегиях развития туризма формулируются принципы устойчивого (сбалансированного) развития туризма, реализация которых позволит снизить материало-, энерго-, водоемкость туристского продукта и сохранить качество окружающей среды. К настоящему времени разработаны многие общепризнанные процедуры экологической маркировки для туризма, системы и стандарты для управления окружающей средой (Европейская экологическая маркировка услуг по размещению туристов и услуг на месте расположения лагеря; Инициатива «Голубой флаг»; Маркировка «Зеленая планета» EMAS ИСО 14 000) [2].

Необходима выработка нового подхода к формированию системы туризма, новых приемов освоения горных условий Крыма, внедрение комплекса действий и мер, которые могли бы сохранить окружающую среду.

Рассматривать развитие туризма следует в комплексе с охраной природной среды, следовательно, важнейшими задачами являются экологические, а именно:

- проведение инвентаризации, кадастра ресурсов, комплекса исследований по оценке экологической устойчивости ландшафтов, особенно горнолесных;
- создание действенной службы экологического контроля;
- регулирование рекреационной нагрузки на природные комплексы с целью снижения экологических рисков на основе научно обоснованных стандартов, нормативов и лимитов (расчет плотности сети туристских маршрутов, числа оборудованных стоянок, определение сроков массового посещения лесов и промысловых занятий); прекращение несанкционированной рекреационной нагрузки на природные комплексы;
- улучшение качества воздушной среды;
- решение вопроса о пожарах в лесах путем перехода на эффективную охрану лесов;
- улучшение качества поверхностных и подземных вод (совокупность организационных, правовых и экономических мер);
- воспрепятствование несанкционированной застройке, а также застройке, утвержденной властями, но противоречащей экологическим нормам;
- проведение экологических экспертиз при проектировании и строительстве любых объектов;
- решение проблемы очистных систем;
- развитие системы экологической информации и просвещения для посетителей рекреационных районов и охраняемых природных территорий; формирование экологического мышления у туристов, представителей туристской индустрии и местного населения;
- расширение площади рекреационно-природоохранных территорий (национальных и региональных ландшафтных парков) и разработка рациональных схем их функционального зонирования с учетом туристско-рекреационных функций.

Организацию системы туризма необходимо рассматривать с позиций градостроительства, выделяя следующие задачи:

- создание Национального природного парка с развитой инфраструктурой пешеходного туризма, что является эффективным решением проблемы расширения масштабов регулируемой туристической деятельности с преодолением конфликта средоохранных и рекреационных целей [1];
- создание Большой экологической тропы по периферии Национального природного парка [1];
- реформирование существующей системы туристических объектов с организацией потоков туристов и созданием соответствующей инфраструктуры обслуживания, направленное на сохранение ландшафта, защиту и охрану окружающей среды.

При разработке конструктивных и технологических решений зданий и сооружений объектов туризма с целью сохранения ландшафта необходимо придерживаться следующих рекомендаций и задач:

- сохранение ценных ландшафтов и снижение отвода земли под новое строительство путем возведения зданий на неудобьях - склонах, лощинах, оврагах; запрет отвода природных, пригодных для сельского хозяйства, рекреационного использования, создания заповедных зон и участков живой природы земель для целей строительства;
- сохранение почвенно-растительного слоя при застройке путем возведения надземных и подземных зданий, грибообразных зданий с минимальной площадью застройки, не закрывающих или закрывающих минимально поверхность земли, не создающих ниже поверхности земли непроницаемых экранов, чтобы не прерывать естественное испарение, движение ливневых и грунтовых вод; возвращение естественного состояния участка территории после окончания срока эксплуатации объекта [5];
- повышение площади озеленения путем вертикального и горизонтального озеленения и возведения зданий – зеленых холмов;
- улучшение визуального восприятия зданий (криволинейность форм, архитектурно-конструктивное разнообразие), максимальная интеграция здания в существующий ландшафт, пропорциональность ландшафту и его элементам;
- утилизация отходов и использование источников возобновляемой энергии, возведение энергоактивных и энергосберегающих зданий;
- полифункциональное строительство, дающее возможность сокращать площадь застройки путем объединения различных функций в одном здании;
- восстановление нарушенной природной среды путем создания условий для роста растительности, для существования мелких животных, для восстановления нарушенного ранее ландшафта.

### **Выводы**

Горный Крым имеет большой рекреационно-туристический потенциал, который в настоящее время не используется в полной мере.

Развитие туризма невозможно без учета экологической ситуации. Планирование этого вида рекреационной деятельности возможно только в комплексе с природоохранными требованиями. В противном случае природным ресурсам Крыма может быть нанесен еще больший ущерб.

Формируя систему объектов туристической инфраструктуры в горном Крыму, в частности сеть спортивно-оздоровительных комплексов, опорных пунктов (туристических баз и приютов), пешеходных, конных, велосипедных, транспортных маршрутов, необходимо:

- выбирать верные пути рационального природопользования;
- осуществлять градостроительную организацию, способствующую реабилитации и сохранению ландшафта;
- формировать объекты туризма с применением экологических материалов, конструкций и технологий.

Только соблюдение принципов устойчивого (сбалансированного) развития в практике рекреационного природопользования позволит сохранить уникальную природу Крымских гор.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Схема планировки территории Автономной Республики Крым: Пояснительная записка. Т. 1. Анализ современного состояния и стратегия хозяйственно-территориального развития АРК / [Белоконь Ю.Н., Токарь В.А., Куделин А.Е. и др.]. – К.: ДПРОМІСТО, 2006. – 191 с.
2. Стратегия развития туристско-рекреационного комплекса Крыма – 2020 (проект) / [науч. рук. проекта И.М. Яковенко]. – Симферополь.: Министерство курортов и туризма АРК, 2011. – 75 с.

3. Слепокуров А.С. Геоэкологические и инновационные аспекты развития туризма в Крыму / Слепокуров А.С. – Симферополь: СОНАТ, 2000. – 160 с., ил.
4. Интернет-сообщество о дизайне Novate.Ru [Электронный ресурс] / Режим доступа к статьям: <http://www.novate.ru/blogs/category/architecture/>.
5. Тетиор А.Н. Строительная экология / Тетиор А.Н. – К.: Будівельник, 1992. – 160 с., ил.
6. Супруненко Ю.П. Горы зовут... (Горно-рекреационное природопользование). – М.: Тривант, Ин-т геогр. РАН, 2003. – 368 с.
7. Яланина Н.М. Принципы сосуществования природы естественной и искусственной [Электронный ресурс] /Яланина Н.М. – Известия вузов. Архитектон. - 2009. – Вып. 22. – Режим доступа к статье: [http://archvuz.ru/2008\\_2/5](http://archvuz.ru/2008_2/5).
8. Поморов С.Б. Аппривативность – фундаментальная характеристика ландшафтов при проектировании рекреационных объектов и систем. //Ползуновский альманах. – Барнаул: АлтГТУ. – 1999. – Вып.1– С. 130-140.

**УДК 628.16.004**

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЧИСТКИ ПРИРОДНОЙ ВОДЫ В ОСВЕТИТЕЛЕ УСТАНОВКИ С ПЛАВАЮЩЕЙ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ЗАГРУЗКОЙ С УЧЁТОМ ВЛИЯНИЯ ДОЗЫ РЕАГЕНТА**

**Боровский Б.И., д.т.н., профессор; Котовская Е.Е., ассистент**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

В работе представлены результаты обобщения экспериментальных данных очистки воды поверхностного источника централизованного питьевого водоснабжения по показателю мутность. Очистка воды проводилась на крупномасштабной фильтровальной установки, состоящей из осветлителя – рециркулятора, фильтрующей части и сорбционной колонны. Получены математические модели очистки природной воды в осветлители – рециркуляторы с учетом влияния дозы различных реагентов: сернокислый алюминий, хлорное железо, полвак. Рассмотрен вопрос эффективности очистки природной воды поверхностного источника централизованного питьевого водоснабжения.

**Осветлитель – рециркулятор осадка, установка с плавающей фильтрующей загрузкой; реагенты; доза реагента; природная вода; эффективность очистки.**

### **ВВЕДЕНИЕ**

При подготовке питьевой воды из природных источников централизованного водоснабжения используется система, состоящая из осветлителей и фильтрующих устройств. Эти устройства компактно объединены в установке с плавающей фильтрующей загрузкой, показавшей положительные результаты. Максимальная степень очистки природной воды зависит, как известно, от дозы реагента.

### **АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ**

В работе [1] для установки, совмещающей процессы осветление воды и фильтрацию, выполненной по патенту [2], получены модели очистки природной воды, как в осветлителе, так и в фильтре. Для фильтра учтено влияние дозы реагента, а для осветлителя такого учёта нет. В монографии [3] отсутствует количественный анализ влияния дозы реагента (коагулянта) на работу осветлителя. Автор считает, что полученный им критерий сепарации справедлив «при нормальных условиях работы осветлителя: при правильном бесперебойном дозировании коагулянта, при отсутствии разбивания хлопьев коагулированной взвеси и частых, резких колебаний производительности осветлителя и температуры воды». В работах [4-6] также нет количественного анализа влияния дозы реагента (коагулянта) на работу осветлителя. Такой анализ проведен в работе [7], где

получены зависимости вида  $C_p = f\left(\frac{d}{C_0}\right)$ , где  $C_p$  – концентрация загрязнений на выходе из осветлителя, мг/л;  $d$  – доза реагента, мг/л;  $C_0$  – концентрация загрязнений на входе в осветлитель, мг/л. Зависимости работы [7] и результаты исследований [1] позволяют составить модель очистки воды в осветлителе.

### ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

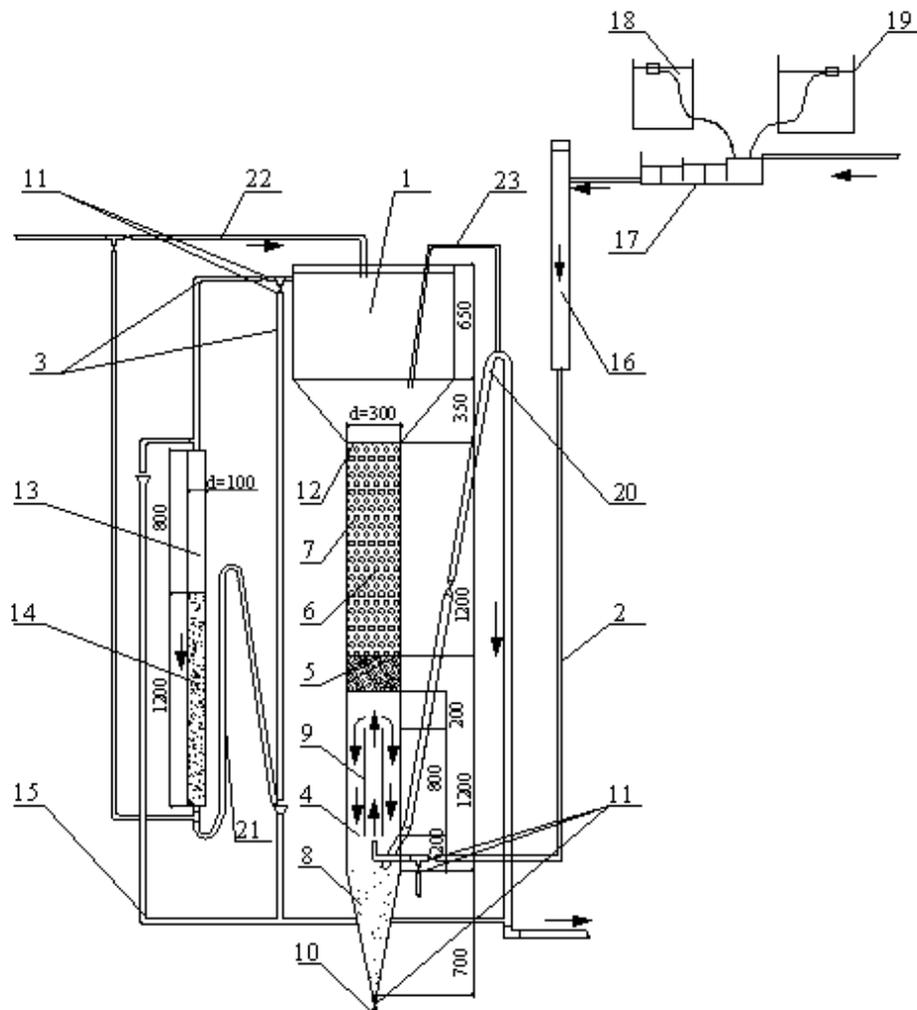
Цель данной работы - формирование и анализ математической модели очистки природной воды в осветлителе с учётом влияния дозы реагента. Оценить эффективность очистки природной воды при помощи полученных математических моделей.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Выполнены экспериментальные исследования по очистке воды от мутности и органических загрязнений на крупномасштабной фильтровальной установке (КФУ), включающую в себя осветлитель рециркулятор осадка, фильтрующую часть и сорбционную колонну. Результаты экспериментов были обработаны с использованием корреляционно - регрессионного анализа.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

На рис.1 приведена схема крупномасштабной фильтровальной установки, выполненной в соответствии с патентом Украины [8].



**Рис.1. Крупномасштабная фильтровальная установка:**

1 - корпус установки; 2 – трубопровод подачи воды для очистки; 3 – трубопровод отвода очищенной воды; 4 – нижняя камера – осветлитель -рециркулятор для взвешенного осадка; 5 – слой взвешенного осадка; 6 – плавающая фильтрующая

загрузка; 7 – верхняя камера; 8 – сгуститель шлама; 9 – рециркулятор осадка; 10 – трубопровод для отвода шлама; 11 – задвижка на трубопроводах 2, 3, 10; 12 – пьезометр; 13 – сорбционная колонна; 14 – загрузка сорбционной колонны активированным углем марки АГ-3, высотой 1,2 м; 15 – трубопровод отвода промывной воды; 16 – воздухоотделитель; 17 – смеситель; 18 – бак суспензии замутнителя; 19 – бак дозатора коагулянта (реагента); 20 – сифон; 21 – трубопровод отвода очищенной воды из сорбционной колонны; 22 – трубопровод подачи воды на промывку загрузки; 23 – трубопровод перелива из верхней камеры 7.

Крупномасштабная установка (рис.1) отличается от исследованной в работе [1] только дополнением сорбционной колонны 13, заполненной активированным углём 14. Сорбционная колонна позволяет очистить воду от органических примесей, которые при хлорировании образуют в питьевой воде химические соединения, отрицательно влияющие на здоровье человека.

Установка для очистки воды работает следующим образом. Очищаемая вода подается в корпус установки 1, через трубопровод подачи воды 2. Также в трубопровод 2 дозируется коагулянт и по потребности – замутнитель (раствор бентонита). При прохождении воды через нижнюю камеру 4, при добавлении коагулянта, происходит образование скоагулированных частиц, которые благодаря прохождению через рециркулятор осадка (осветлитель) 9 образуют слой взвешенного осадка 5. При прохождении воды сквозь плавающую грубозернистую загрузку 6, происходит окончательное очищение от загрязнений в верхней камере 7. Очищенная вода выходит из верхней камеры 7, через трубопровод отвода очищенной воды 3 при открытии задвижки 11. Излишний осадок 5 из нижней камеры 4 для взвешенного осадка поступает в рециркулятор осадка 9, затем в сгуститель шлама 8 и удаляется из сгустителя шлама 8 при поступлении сигнала от пьезометров 12 и после открытия задвижки 11 на трубопроводе для отвода шлама 10 во время регенерации. Далее вода, очищенная от взвешенных веществ, по трубопроводу 3 поступает в фильтровальную колонну 13 и фильтруется через загрузку 14, затем отводится по трубопроводу 21 в сток. Подачу воды на промывку загрузки осуществляли по трубопроводу 22. Промывку плавающей фильтрующей загрузки осуществляли при открытии задвижки 11 на сифоне 20.

Корпус установки выполнен из трубы круглого сечения  $d=300$ мм и имеет общую высоту 4100 мм. Высота рециркулятора (осветлителя) составляет 1200 мм. Высота плавающей фильтрующей загрузки тоже 1200 мм, крупность зерен  $1,5 \div 3,0$  мм. По высоте фильтрующего слоя в корпус врезаны штуцеры ( $d = 3$  мм), к которым подключены пьезометры для контроля потерь напора в слоях загрузки с целью определения момента необходимой промывки фильтрующей загрузки.

В исследовании использованы три реагента: сернокислый алюминий, хлорное железо и полвак.

В работе [1] для течения в осветлителе получен скоростной комплекс:

$$K_v = \frac{g(C_0 / \rho)^{2/3} W^{2/3} 10^{-7}}{\nu v},$$

где  $g = 9,81 \frac{м}{с^2}$  ускорение свободного падения;  $\nu - \frac{м^2}{с}$  кинематическая вязкость

воды;  $W - м^3$  - объём рециркулятора;  $v - \frac{м}{с}$  - скорость восходящего потока воды;  $C_0 - \frac{мг}{л}$  -

исходная концентрация загрязнений природной воды;  $\rho - \frac{кг}{л}$  - плотность воды.

В работах [1, 7] показано, что, как и в случае критерия сепарации [3], комплексы  $K_v$ ,  $\frac{d}{C_0}$  определяют остаточную концентрацию загрязнений  $C_p$ , а не степень очистки  $\frac{C_p}{C_0}$ . Это позволило получить для указанных выше реагентов зависимости вида  $C_p = f\left(K_v, \frac{d}{C_0}\right)$ .

Для сернокислого алюминия:

$$C_p = 612,09 \cdot \left\{ K_v^{1,981} \cdot \left[ 1 - 3684,807 \cdot \left( \frac{d}{C_0} - 0,258 \right)^2 \right] \right\} + 15,096, \quad (1)$$

при индексе корреляции 0,71 (корреляционная связь сильная [9]), критерии Стьюдента  $2,25 > t_{cm} = 1,94$  (корреляционная связь существенная [9]);

для хлорного железа:

$$C_p = 57,851 \cdot K_v^{0,138} \cdot \left[ 1 + 3,36 \cdot \left( \frac{d}{C_0} - 0,15 \right)^2 \right]^{0,576}, \quad (2)$$

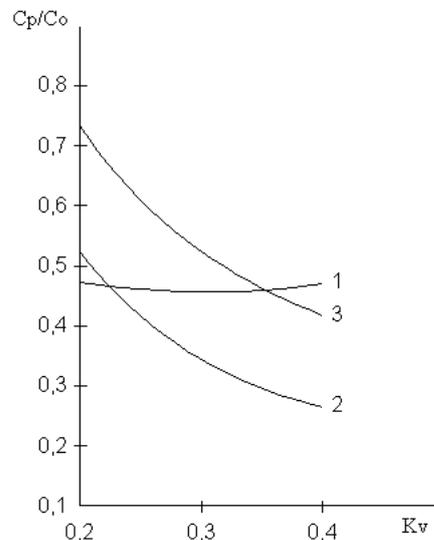
при индексе корреляции 0,815 (корреляционная связь сильная [9]) и критерии Стьюдента  $2,46 > t_{cm} = 2,13$  (корреляционная связь существенная [9]);

для полвака

$$C_p = 157,09 K_v^{0,507} \left( 1 - 0,75 \frac{d}{C_0} \right)^{0,528}, \quad (3)$$

индекс корреляции 0,908 (корреляционная связь сильная [9]) и критерии Стьюдента  $3,75 > t_{cm} = 2,13$  (корреляционная связь существенная [9]).

Влияние дозы реагента на эффективность очистки природной воды в осветлителе КФУ при использовании сернокислого алюминия, хлорного железа и полвака рассмотрено в работе [7]. При оптимальных дозах реагентов проанализируем их влияние на эффективность очистки природной воды в осветлителе. Зависимости отношения  $\frac{C_p}{C_0}$  от комплекса  $K_v$ , рассчитанные с помощью приведенных формул, представлены на рис. 2. По формулам (1-3) вычислялась величина  $C_p$ , а значение  $C_0$  находилось по критерию  $K_v$ , при этом принималась наиболее часто использованная скорость  $v = 0,0014 \text{ м/с}$ .



**Рис.2. Зависимость эффективности очистки от комплекса  $K_v$  :  
1-сернокислый алюминий; 2- хлорное железо; 3-полвак.**

Из рисунка видно, что наибольшая эффективность очистки соответствует хлорному железу, ему уступают сернокислый алюминий и полвак.

### Выводы

1. Получены математические модели очистки природной воды в осветлителе с учётом влияния доз реагентов: сернокислый алюминий, хлорное железо и полвак.

2. Показано, что в осветлителе наибольшая эффективность очистки воды соответствует хлорному железу, ему уступают сернокислый алюминий и полвак.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Боровский Б.И. Составление математических моделей очистки промывных вод скорых фильтров водоочистной станции «Петровские скалы» с использованием установки с плавающим фильтрующим слоем / Б.И. Боровский, С.Д. Бойчук, Е.Е. Котовская // Сборник докладов Международного Конгресса «ЭТЭВК – 2009», Ялта, 2009, -С. 97-104.
2. Деклараційний патент на корисну модель № 7595. Прояснювач для очищення води / М.М. Гіроль, С.Д. Бойчук, В.О. Мякішев, О.Є. Котовська, від 16.12.2004 7 В01D21/00, опубл. 15.06.2005, бюл. №6.
3. Кургаев Е.Ф. Основы теории и расчета осветлителей/ Е.Ф.Кургаев– М.: Госстройиздат, 1962. – 164 с.
4. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды/Л.А.Кульский – К.: Наукова думка, 1980. – 564 с.
5. Кульский Л.А.Проектирование и расчет очистных сооружений водопроводов/Л.А. Кульский, М.Н. Булава, И.Т.Гороновский, П.И. Смирнов. – К.: «Будівельник», 1972. - 424 с.
6. Фрог Б.Н. Водоподготовка / Б.Н.Фрог - М.: Изд. МГУ, 1996.- 680 с.
7. Боровский Б.И. Моделирование влияния дозы реагента на эффективность очистки природной воды в осветлителе установки с плавающим фильтрующим слоем/ Б.И.Боровский, Е.Е.Котовская //Строительство и техногенная безопасность, 2012, вып. 41.- Симферополь, С. 55-59.
8. Патент на корисну модель №45093. Пристрій для очищення води / О.Є. Котовська, від 25.05.2009. С02F1/00, В01D25/00, публ. 26.10.2009, бюл. №20.
9. Вознюк С.Т. Основы научных исследований / С.Т. Вознюк, С.М.Гончаров, С.В.Ковалёв. – К.: Вища школа, 1985. – 192 с.

## **РАЗДЕЛ 7. ВОДООБЕСПЕЧЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ, ГИДРОМЕЛИОРАЦИЯ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ЭНЕРГЕТИКА**

*УДК 697.32.001.24 (075.8)*

### **ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО КОТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ НАСЕЛЕННОМ ПУНКТЕ**

**Боровский Б.И. д.т.н., профессор.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства,*

**Атрощенко С.Ю.**

*Алуштинское управление эксплуатации газового хозяйства*

Показано, что применение в котельной современного котельного оборудования конденсационного типа с экологичной горелкой позволяет сэкономить годовой расход газа и средства на 7,6 % и снизить выбросы окислов азота и окисла углерода, соответственно, в 3,4 и 7 раз. В случае автономного конденсационного котла для частного дома экономия газа составляет 13,1 % и экономия средств 57,5 %.

**Конденсационный котел, экологичная горелка, экономия газа и средств**

#### **ВВЕДЕНИЕ**

ДБН [1] требует, чтобы при проектировании систем газоснабжения предусматривались технические решения, обеспечивающие рациональное использование газового топлива. Решением этой задачи является использование конденсационных котлов, которые с экологичными горелками, помимо повышения экономического эффекта, позволяют снизить вредные выбросы в атмосферу. Оценке этих преимуществ посвящена данная статья.

#### **АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ**

Особенностью конденсационного котла является его повышенный КПД (более 100%), вызванный использованием для подогрева воды энергии конденсации паров воды дымовых газов, т.е. использование не низшей теплоты сгорания, а высшей. При этом расчет КПД ведется по стандартной низшей теплоте сгорания газа. Для природного газа, состоящего в основном из метана, высшая теплота сгорания превышает низшую на 11 % [2]. Отсюда следует, что при полном использовании высшей теплоты сгорания возможно повышение КПД тоже на 11 %. Вместе с тем конденсация в котле паров воды снижает температуру дыма, что ведет к некоторому увеличению экологической высоты дымовой трубы [3].

#### **ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ**

Целью статьи является выявление особенностей конденсационных котлов и газовых горелок к ним. Задача состоит в численном сравнении их характеристик с обычными котлами и горелками.

#### **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

Методика исследований состоит в проектной проработке газификации села с определением мощностей коммунальной котельной, работающей на среднем давлении, и автономного котла в частном доме при низком давлении газа. В соответствии с генеральным планом, в селе находится жилой массив, состоящий из 162 частных домов и 5-ти пятиэтажных четырехподъездных коммунальных домов. Коммунальная котельная обеспечивает теплом коммунальные дома и общественные здания и горячей водой – коммунальные дома. Годовые расходы газа на отопление и горячее водоснабжение определялись по [4], при анализе вредных выбросов использовалась работа [5].

#### **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ИХ АНАЛИЗ**

В результате расчетов установлено, что в селе проживают 1872 чел., из них в коммунальных домах – 900 чел. Годовое и часовое потребление газа котельной 737,5 тыс.м<sup>3</sup>

и  $343 \text{ м}^3$ , мощность котельной 3420 кВт. Автономный котел, обеспечивающий частный дом теплом и горячей водой, в год потребляет  $5743 \text{ м}^3$  газа при часовом расходе  $2,73 \text{ м}^3$ ; при этом мощность котла 27,2 кВт.

Для котельной выбран водогрейный котел конденсационного типа фирмы Buderus марки Logano plus SB825LLN [6], мощность котла 3500 кВт. Этому котлу соответствует средняя величина КПД (по температуре воды в обратной линии) равная 100,7 %.

В качестве автономного котла принят настенный конденсационный котел той же фирмы марки Logamax plus GB112-29 мощностью 29 кВт [6]. Средняя величина КПД 107 %.

Оценим экономическую эффективность используемых конденсационных котлов. Обычные неконденсационные котлы имеют КПД 93 %. Тогда выигрыш в годовом расходе газа для котельной составит:

$$\frac{1,007 \cdot 737,5}{0,93} - 737,5 = 798,56 - 737,5 = 61,06 \text{ тыс.м}^3.$$

Этот выигрыш в годовом расходе газа будет равен 7,6 % от годового расхода газа обычного котла. За  $1 \text{ м}^3$  газа предприятия платят 4,0916 грн. Тогда годовая экономия средств на закупку газа для котельной с конденсационным котлом будет равна

$$61,06 \cdot 4,0916 = 249,84 \text{ тыс.грн.}$$

При этом экономия средств по сравнению с обычным котлом определяется величиной 7,6 %.

Выигрыш в годовом расходе газа для автономного котла конденсационного типа определяется соотношением

$$\frac{1,07 \cdot 5743}{0,93} - 5743 = 6607,54 - 5743 = 864,5 \text{ м}^3.$$

Это соответствует выигрышу в годовом расходе газа 13,1 %. Плата за газ населением зависит от годового потребления газа. При наличии газового счетчика в случае автономного котла пришлось бы оплачивать  $6607,54 \text{ м}^3/\text{год}$ . Эта величина находится в диапазоне  $6001 - 12000 \text{ м}^3/\text{год}$  при тарифе  $2,2482 \text{ грн}/\text{м}^3$ . Тогда годовая оплата составила бы

$$6607,54 \cdot 2,2482 = 14855,1 \text{ грн.}$$

В случае конденсационного автономного котла годовой расход  $5743 \text{ м}^3$  газа находится при наличии счетчика в диапазоне  $2501 - 6000 \text{ м}^3/\text{год}$  при тарифе  $1,098 \text{ грн}/\text{м}^3$ . Поэтому годовая оплата составит

$$5743 \cdot 1,098 = 6305,8 \text{ грн.}$$

Экономия средств

$$14855,1 - 6305,8 = 8549,3 \text{ грн.}$$

Это составляет 57,3 % от годового платежа при обычном автономном котле.

Оценим экологическую эффективность использования в котельной конденсационного котла Logano plus SB825LLN с экологичной горелкой MB 8SVBLU 1-го класса фирмы Riello [7]. Заявлено, что горелка обеспечивает минимальные выбросы: окислов азота  $\text{NO}_x - 80 \text{ мг}/\text{кВт} \cdot \text{ч}$ ; оксида углерода  $\text{CO} - 100 \text{ мг}/\text{кВт} \cdot \text{ч}$ . Тогда выбросы конденсационного котла составят:

$$\text{NO}_x - 80 \cdot 3420 = 273600 \text{ мг}/\text{ч} = 273,6 \text{ г}/\text{ч};$$

$$\text{CO} - 100 \cdot 3420 = 342000 \text{ мг}/\text{ч} = 342 \text{ г}/\text{ч};$$

Для обычных котлов неконденсационного типа выбросы  $\text{NO}_x$  и  $\text{CO}$  рассчитываются по формулам работы [5], полученные в результате обобщения методик оценки вредных выбросов. Эти формулы имеют вид (г/с):

$$(\text{NO}_x)_n = 0,00065(1 + 0,097 \lg D)Q_d^h;$$

$$(\text{CO})_n = 0,0018Q_d^h,$$

где  $D = \frac{Q_d^h}{72.3} \text{ (т/ч)}$  - эквивалентная паропроизводительность котла;  $Q_d^h$  - часовой расход газа котельной,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

В случае обычного котла с КПД 93 % часовой расход составит

$$Q_d^h = \frac{1,007}{0,93} \cdot 343 = 371,4 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Тогда получим в результате расчетов по приведенным формулам

$$(\text{NO}_x)_h = 0,258 \text{ г/с} = 929 \text{ г/ч}$$

$$(\text{CO})_h = 0,669 \text{ г/с} = 2406,7 \text{ г/ч}$$

Таким образом использование конденсационного котла с экологичной горелкой снижает вредные выбросы  $\text{NO}_x$  и  $\text{CO}$ , соответственно, в 3,4 и 7 раз.

### Выводы

1. Использование в коммунальной котельной села современного конденсационного котла позволило снизить годовой расход газа и годовую плату за газ на 7,6 %.

2. Установка настенного конденсационного котла в частном доме дает возможность уменьшить годовой расход газа на 13,1 % и сэкономить 57,5 % средств.

3. Применение в конденсационном котле коммунальной котельной экологической горелки снижает выбросы в атмосферу окислов азота и оксида углерода, соответственно, в 3,4 и 7 раз.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ДБН В.2.5-20-2001. Газоснабжение. –К.: Госстрой, 2001. – 287 с.
2. Ионин А.А. Газоснабжение / Ионин А.А. –М.: Стройиздат, 1989. – 439 с.
3. Боровский Б.И. Экологические последствия сжигания природного газа и «зеленого» угля в энергетических системах / Боровский Б.И., Лапина Е.А. // Сб. трудов «MOTROL». – Симферополь – Люблин, 2010. вып. 12. – с. 95-100.
4. Єнін П.М. Газопостачання населених пунктів і об'єктів природним газом. Навчальний посібник / Єнін П.М., Шишко Г.Г., Предун К.М. – К.: Логос, 2002. – 198 с.
5. Боровский Б.И. Определение высоты и диаметров конических и цилиндрических дымовых труб с учетом необходимого рассеивания в атмосфере вредных веществ / Боровский Б.И., Анисимов С.Н., Сапронова З.Д. // Сб. «Строительство и техногенная безопасность». - 2005. №10, – с.33-36.
6. Водогрейные котлы Logano S825LLN и газовые конденсационные котлы Logano plus SB825L, SB825LLN. Документация для проектирования. – К: Фирма Buderus, 2009. – 320 с.
7. Горелки. – К.: Фирма Riello, 2009. – 182 с.

**УДК 621.311.24:699.885**

## РАСЧЕТ ИНСОЛЯЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ ГЕЛИОПРИЕМНИКА

**Каркач Д. В.**

*Национальная академия природоохранного и курортногостроительства*

Разработана методика и создана модель расчета инсоляции произвольно ориентированной гелиоприемной поверхности. Модель включает расчет угла падения солнечного света на гелиоприемную поверхность как функцию времени и расчет падающего потока с учетом его интегрального поглощения в атмосфере, для чего получено точное выражение для расчета воздушной массы на любом зенитном расстоянии. Проведены расчеты оптимальных углов наклона гелиоприемной поверхности для случая неподвижной поверхности и при гидировании по азимуту для

различных широт на земной поверхности. Приведены расчетные формулы для определения оптимальных углов наклона для различных широт и различных режимов эксплуатации гелиоустановок.

### **солнечный коллектор, фотобатарея, инсоляция, математическое моделирование, оптимизация**

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Одной из главных проблем возобновляемой энергетики является малая плотность энергии солнечного излучения, используемого в фотобатареях и солнечных коллекторах. В связи с этим, важным параметром при проектировании и установке любых приемников солнечного излучения оказывается ориентация светоприемной поверхности и ее возможное изменение в процессе эксплуатации.

Очевидно, что наибольшей выработки энергии можно достичь при слежении за Солнцем. Однако, система слежения (трекер) существенно сказывается на стоимости установки, так как требует специфической конструкции опор, точной механики в системе привода гидрирования по обеим координатным осям, внешнего электропитания и необходимости микропроцессорного управления (хотя бы для «парковки» установки в ночное время). В связи с этим, подавляющее количество моделей солнечных установок не используют гидрирование. В этом случае оптимизация их конструкции, с целью увеличения производства энергии заключается в правильной ориентации светоприемной поверхности, зависящей от назначения и широты местности.

#### **АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ**

В литературе [1] имеются данные по практическому измерению инсоляции для некоторой конкретной широты. Также для определенной широты местности в [2] проведен расчет падающего потока солнечного излучения и определен оптимальный угол наклона гелиоприемника. В [3] указано, что оптимальный угол наклона гелиоприемной поверхности к горизонту составляет  $42^{\circ}$ . Вместе с тем, в исследованных источниках отсутствует методика расчета инсоляции, учитывающая поглощение и рассеяние света в атмосфере Земли, а также способы расчета потока при использовании произвольно ориентированной гелиоприемной поверхности с учетом изменения ее положения в пространстве с течением времени, что необходимо для учета гидрирования.

Кроме того, одной из важных проблем является определение оптимальной ориентации гелиоприемной поверхности для различных сезонов года. Экспериментальные определения оптимальных углов наклона для длительного периода чрезвычайно затруднены, так как будут значительно растянуты во времени.

#### **ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ**

В данном исследовании с помощью математического моделирования рассчитывается плотность падающего потока для случая гидрирования за Солнцем и для неподвижного гелиоприемника. Математическая модель включает расчет потока, падающего на горизонтальную поверхность и на поверхность, ориентированную произвольным образом с учетом поглощения света в атмосфере Земли. Модель содержит процедуры расчета суммарного потока для любого промежутка времени в течение года. Варьирование угла наклона гелиоприемной поверхности позволяет определить оптимальный угол наклона, при котором суммарный поток достигает максимума. Все расчеты можно проводить при произвольном значении широты

#### **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ**

В реальных условиях эксплуатации на светоприемную поверхность падает изменяющийся поток солнечного излучения. Эти изменения связаны с изменением высоты Солнца  $Z$  в течение дня и экстинкцией – степенью поглощения света в земной атмосфере, которая увеличивается с увеличением  $Z$  из-за более длинного пути луча в земной атмосфере. Кроме того, на падающий поток влияет ориентация светоприемной поверхности.

В данной модели расчет координат Солнца на любое время проводится по алгоритмам, приведенным в [4]. Угол  $\theta$  падения излучения на светоприемную поверхность от ее ориентации (угла наклона к горизонту  $\alpha$  и азимута  $\gamma$ ), часового угла  $\omega$  и склонения Солнца  $\delta$  в соответствии с формулой [1]:

$$\begin{aligned} \cos \theta = & \sin \delta \sin \varphi \cos \alpha - \sin \delta \cos \varphi \sin \alpha \cos \gamma + \cos \delta \cos \varphi \cos \alpha \cos \omega + \\ & + \cos \delta \sin \varphi \sin \alpha \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta \sin \alpha \sin \gamma \sin \omega \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\varphi$  – широта местности,  $\gamma$  – азимут нормали к плоскости коллектора, т. е. угол между нормалью и плоскостью небесного меридиана (за начало отсчета принимается южное направление, отклонение к востоку считается положительным, к западу – отрицательным),  $\omega$  – часовой угол Солнца.

Ослабление падающего потока атмосферой, вызываемое Релеевским рассеянием определяется, в первом приближении, законом Бугера [5]:

$$P_R(z) = P_0 e^{-\tau l(z)} \quad (2)$$

где  $P_0$  – внеатмосферный поток излучения,  $l(z)$  – длина пути луча в атмосфере, зависящая от зенитного расстояния Солнца. Согласно [1] интегральный внеатмосферный поток солнечного излучения на расстоянии, равном радиусу орбиты Земли – солнечная постоянная  $P_0 = 1352 \text{ Вт} / \text{м}^2$ . Экспериментально установлено, что при Солнце, находящемся в зените интегральный поток уменьшается до  $P_{z0} = 1000 \text{ Вт} / \text{м}^2$ . Это дает возможность определить интегральный коэффициент поглощения  $\tau$ , используя формулу (2), записанную для зенитного расстояния  $Z = 0$ :

$$P_{z0} = P_0 e^{-\tau h} \quad (3)$$

где  $h$  – условная высота атмосферы, то есть высота, на которой падающий поток достигает значения  $P_{z0}$ . Из (3) получаем:

$$\tau = \frac{1}{h} \ln \left( \frac{P_0}{P_{z0}} \right) = \frac{1}{h} \ln(1.352) \quad (4)$$

Подставляя (4) в (2) получаем:

$$P(z) = P_0 (1.352)^{-\frac{l(z)}{h}} \quad (5)$$

Отношение  $m_z = \frac{l(z)}{h}$  представляет собой воздушную массу. Если пренебречь кривизной Земли, то воздушная масса определяется простым соотношением  $m_z = \sec Z$  [1], которое работает для не очень больших зенитных расстояний. Для проведения моделирования в течение всего светового дня необходим более точный расчет воздушной массы.

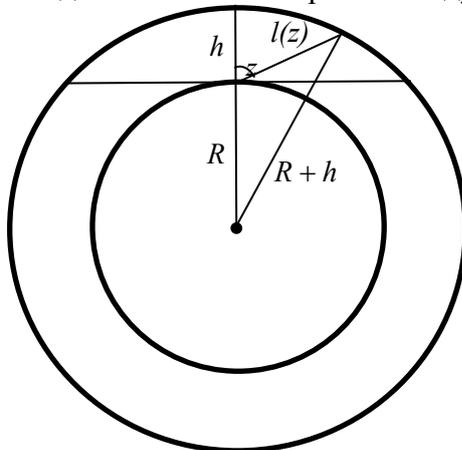


Рис. 1. К определению воздушной массы

Из рис.1. видно, что длина пути луча в атмосфере определяется из выражения:

$$(R + h)^2 = R^2 + l(z)^2 + 2Rl(z) \cos z . \quad (6)$$

Решая это уравнение относительно  $l(z)$ , получим:

$$l(z) = \sqrt{(R \cos z)^2 + h(2R + h)} - R \cos z . \quad (7)$$

Разделив это выражение на  $h$ , получим воздушную массу как функцию зенитного расстояния Солнца:

$$m_z(z) = \frac{l(z)}{h} = \sqrt{\left(\frac{R}{h} \cos z\right)^2 + 2\frac{R}{h} + 1} - \frac{R}{h} \cos z . \quad (8)$$

Выражение (5) с учетом (8) примет вид:

$$P(z) = P_0 (1.352)^{-m_z(z)} . \quad (9)$$

Окончательно, поток на светоприемной поверхности с учетом поглощения в атмосфере и угла падения света определится выражением:

$$P(z) = P_0 (1.352)^{-m_z(z)} \cos \theta \quad (10)$$

Так как зенитное расстояние Солнца  $Z$  и угол падения света  $\theta$  являются для данной точки земной поверхности функциями только времени, то  $P(z)$  в (10) является также функцией только времени:

$$P(t) = P_0 (1.352)^{-m_z(t)} \cos \theta(t) . \quad (11)$$

Суммарная энергия, приходящаяся на единицу площади за световой день, определяется выражением:

$$E_c = \int_{t_1}^{t_2} P(t) dt , \quad (12)$$

где  $t_1$  и  $t_2$  – моменты «восхода» и «захода» Солнца над плоскостью светоприемной поверхности. В случае полного гидрирования эти моменты совпадают с моментами астрономического восхода и захода Солнца. В случае неподвижной поверхности геометрический восход Солнца над светоприемной поверхностью может происходить значительно позже восхода над горизонтом, особенно в летнее время, когда точки восхода и захода значительно смещаются к северу. В предложенной модели граничные моменты времени определяются поодновременному выполнению двух критериев:  $z \leq 90^\circ$  и  $\theta = 90^\circ$ . Эти условия выполняются два раза в сутки – на восходе и на закате Солнца, что дает возможность определить на каждый день моменты  $t_1$  и  $t_2$ , а также продолжительность солнечного сияния за день.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Годовая сумма продолжительности солнечного сияния для различных широт приведена в таблица. 1. В средних широтах годовая продолжительность солнечного сияния слабо зависит от широты. Годовая инсоляция неподвижного гелиоприемника уменьшается, по сравнению с движущимся, на 400-700 часов за счет более позднего «восхода» и раннего «захода» Солнца над плоскостью приемника. Увеличение этой разницы с ростом широты объясняется увеличением смещения точек восхода и захода к северу и, как следствие, более поздним «восходом» (и, соответственно, ранним «заходом») Солнца над плоскостью гелиоприемной поверхности.

**Таблица. 1.**

**Теоретическая годовая продолжительность солнечного сияния на различных широтах**

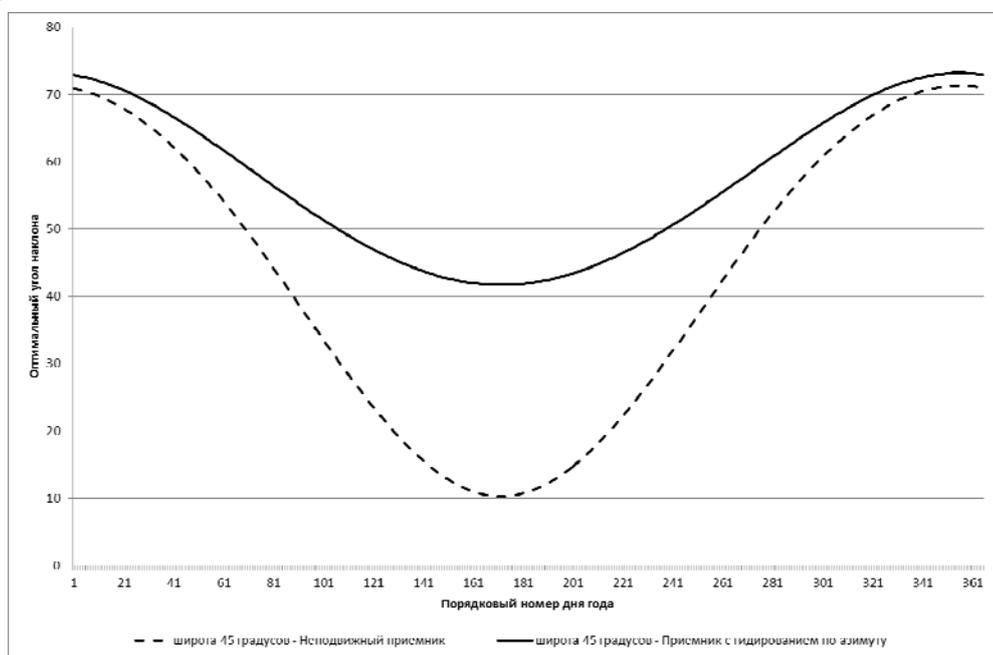
Широта места наблюдения, градусы	45	50	55	60
Гидрирование за Солнцем по двум координатным осям, часы	4400	4405	4410	4418
Неподвижный гелиоприемник, наклоненный на угол равный широте места наблюдения, часы	4008	3933	3835	3701
Потери неподвижного гелиоприемника по сравнению с подвижным, часы	392	472	575	717

Предложенная модель расчета инсоляции легко обобщается на случай полного гидрирования: достаточно в (11) положить  $\cos \theta(t) = 1$ , что соответствует нормальному падению солнечного излучения на светоприемную поверхность в течение всего светового дня. Полученные таким образом значения суммарной плотности энергии будут максимально возможными для данного места земной поверхности.

В качестве упрощенной схемы гидрирования рассмотрена модель, в которой слежение за Солнцем осуществляется только по одной координатной оси – по азимуту. Такое решение может быть значительно дешевле полного гидрирования по двум осям. При гидрировании по азимуту положение светоприемной поверхности меняется таким образом, что азимут точки пересечения нормали к гелиоприемной поверхности с небесной сферой в любой момент времени совпадает с азимутом Солнца, а ось вращения при этом вертикальна. В настоящее время такие системы гидрирования способны нести солнечные панели площадью до  $50 \text{ м}^2$ .

При любом способе установки неподвижного гелиоприемника, очевидно, его положение в пространстве должно быть оптимальным, с точки зрения выработки максимального количества энергии. В силу симметрии, азимут нормали к поверхности гелиоприемника должен равняться нулю (поверхность ориентирована строго на юг). Определение оптимального наклона представляет собой нетривиальную задачу, так как необходимо учитывать поглощение света в атмосфере. Рекомендация установки под углом, равным широте места наблюдения не учитывает этот фактор.

С целью определения оптимального положения светоприемной поверхности в предложенной модели определялся максимум дневного, месячного и годового потока солнечной радиации при варьировании угла наклона поверхности к горизонту. На рис. 1 показано изменение оптимального угла наклона гелиоприемника в течение года для широты  $\varphi = 45^\circ$ .



**Рис. 1. Изменение оптимального угла наклона гелиоприемника в течение года для широты  $\varphi = 45^\circ$**

Для принятой широты  $\varphi = 45^\circ$  в случае неподвижной светоприемной поверхности оптимальный угол наклона к горизонту меняется от  $71^\circ$  в декабре до приблизительно  $11^\circ$  в июне. По сравнению с постоянным наклоном, равным широте местности увеличение солнечной радиации при использовании оптимального угла на каждый месяц составляет  $540 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$ . В случае гидрирования по азимуту оптимальный угол изменяется от  $73^\circ$  в

декабре до  $42^{\circ}$  в июне. По сравнению с постоянным наклоном увеличение солнечной радиации составляет  $244 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$ .

Установка оптимального угла на каждый месяц оправдывает себя только при небольшом количестве солнечных модулей. На крупных объектах солнечной энергетики целесообразно использовать один оптимальный угол, рассчитанный на весь год или, в крайнем случае, предусмотреть в конструкции солнечных модулей два положения – «летнее» и «зимнее» соответствующие пребыванию Солнца в северном и южном полушарии небесной сферы соответственно. Переход от одного наклона к другому в этом случае должен происходить, например, в дни осеннего и весеннего равноденствия. Наклон, соответствующий зимнему периоду является оптимальным для систем солнечного отопления, которые необходимо оптимизировать для получения максимальной выработки энергии в зимнее время. Оптимальные углы наклона для этого случая показаны в таблица. 2.

Таблица. 2.

### Оптимальное положение гелиоприемника в различных режимах работы

Широта местности	Неподвижный гелиоприемник, градусы			Гидрирование по азимуту, градусы		
	Зимний период	Летний период	Год	Зимний период	Летний период	Год
45 градусов	61	23	37	66	47	53
50 градусов	65	27	41	69	50	56
55 градусов	69	32	44	72	53	58
60 градусов	72	37	46	75	57	61

Из таблица. 2 видно, что при неподвижной установке оптимальный угол меньше широты местности на  $8^{\circ}$ - $14^{\circ}$ , а при использовании гидрирования по азимуту – больше широты местности на  $6^{\circ}$ - $8^{\circ}$  для широты, соответствующей территории Украины. В более северных широтах разница уменьшается до  $1^{\circ}$ .

Оптимальные углы наклона светоприемной поверхности на каждый месяц и соответствующие этим углам месячные суммы солнечной радиации для различных широт приведены в таблица. 3.

Таблица. 3.

### Оптимальный наклон светоприемной поверхности и месячные суммы солнечной радиации

Месяцы	Неподвижный гелиоприемник				Гидрирование по азимуту			
	$\varphi = 45^{\circ}$		$\varphi = 50^{\circ}$		$\varphi = 45^{\circ}$		$\varphi = 50^{\circ}$	
	Оптимальный угол наклона, градус	Поток за месяц, соответствующий оптимальному углу, МДж/м <sup>2</sup>	Оптимальный угол наклона, градус	Поток за месяц, соответствующий оптимальному углу, МДж/м <sup>2</sup>	Оптимальный угол наклона, градус	Поток за месяц, соответствующий оптимальному углу, МДж/м <sup>2</sup>	Оптимальный угол наклона, градус	Поток за месяц, соответствующий оптимальному углу, МДж/м <sup>2</sup>
Январь	69	409	73	326	71	462	75	363
Февраль	60	471	65	416	65	562	69	491
Март	47	634	52	599	58	813	61	768
Апрель	31	705	36	687	50	946	54	939
Май	18	809	22	799	45	1084	48	1109
Июнь	11	826	15	821	42	1091	45	1131
Июль	14	832	19	824	43	1108	47	1141
Август	26	760	30	745	48	1024	51	1030
Сентябрь	41	651	46	624	55	854	58	824
Октябрь	56	566	60	516	63	695	66	628
Ноябрь	66	430	71	356	69	494	73	403
Декабрь	71	370	75	282	73	412	77	308
<b>За год</b>	<b>37</b>	<b>7463</b>	<b>41</b>	<b>6995</b>	<b>53</b>	<b>9545</b>	<b>56</b>	<b>9135</b>

Из рис. 2, на котором показан суммарный поток солнечной радиации за месяц для широты  $\varphi = 45^\circ$  при различных режимах работы гелиоприемника видно, что гидирование только по азимуту обеспечивает результаты, сравнимые теми, которые получаются при использовании трекеров с двумя степенями свободы.

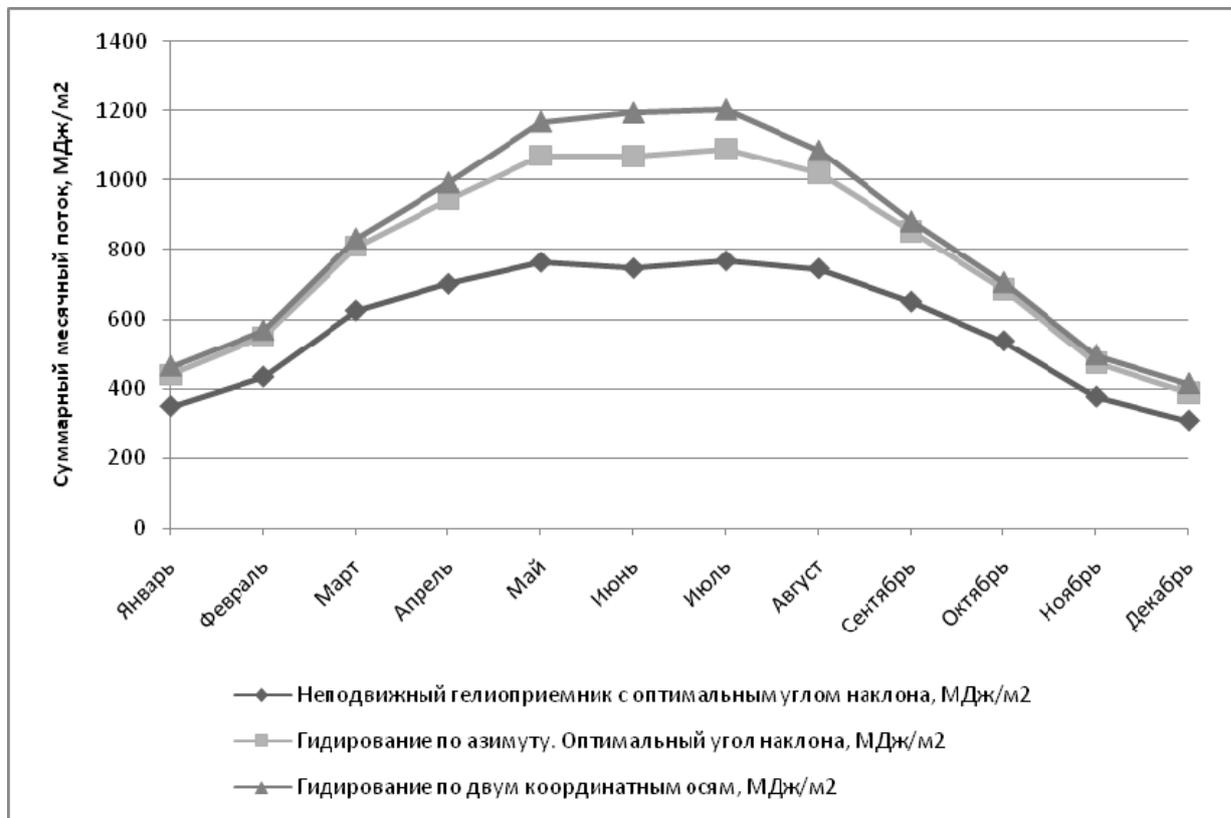


Рис. 2. Месячные суммы солнечной радиации при различных режимах работы

При использовании неподвижного гелиоприемника с углом наклона равным широте места наблюдения годовая сумма солнечной радиации составляет 67-70% (в зависимости от широты местности) от максимально возможной суммы, достигаемой при полном гидировании, а при гидировании только по азимуту – 93-95%. Таким образом, добавление второй степени свободы для монтажа гелиоприемника позволяет увеличить годовой поток лишь на 5-7% в зависимости от широты. Гидирование наиболее актуально для фотобатарей (особенно, использующих концентрирующие системы), тогда как установка системы слежения для солнечных коллекторов сопряжена со значительными техническими проблемами.

Наиболее четко зависимость инсоляции от режима использования гелиоприемника проявляется в годовой сумме солнечной радиации, приведенной на рис. 3.

Эффект от добавления второй степени свободы существенно зависит от широты местности. Для широты  $\varphi = 60^\circ$  он составляет  $300 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$  и с уменьшением широты на

каждые  $5^\circ$  он растет примерно на  $100 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$ , достигая для  $\varphi = 45^\circ$  значения  $600 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$ .

Это соответствует дополнительной выработке энергии фотобатареями около  $29 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$  (при КПД фотоэлементов 17%).

Переход на систему гидирования по азимуту, по сравнению с неподвижным гелиоприемником с оптимальным углом наклона дает практически одинаковый эффект для

любой рассмотренной широты, составляющий около  $2400 \frac{МДж}{м^2 \cdot год}$  или около  $113 \frac{кВт \cdot ч}{м^2 \cdot год}$  выработанной электроэнергии.

Для широты  $\varphi = 45^0$  установка оптимального угла  $37^0$  на весь год по сравнению со стандартным наклоном  $45^0$  дает увеличение солнечной радиации около  $70 \frac{МДж}{м^2 \cdot год}$ . В случае гидрирования по азимуту оптимальный угол составит около  $53^0$ . По сравнению со стандартным наклоном  $45^0$  увеличение солнечной радиации составит около  $100 \frac{МДж}{м^2 \cdot год}$ .

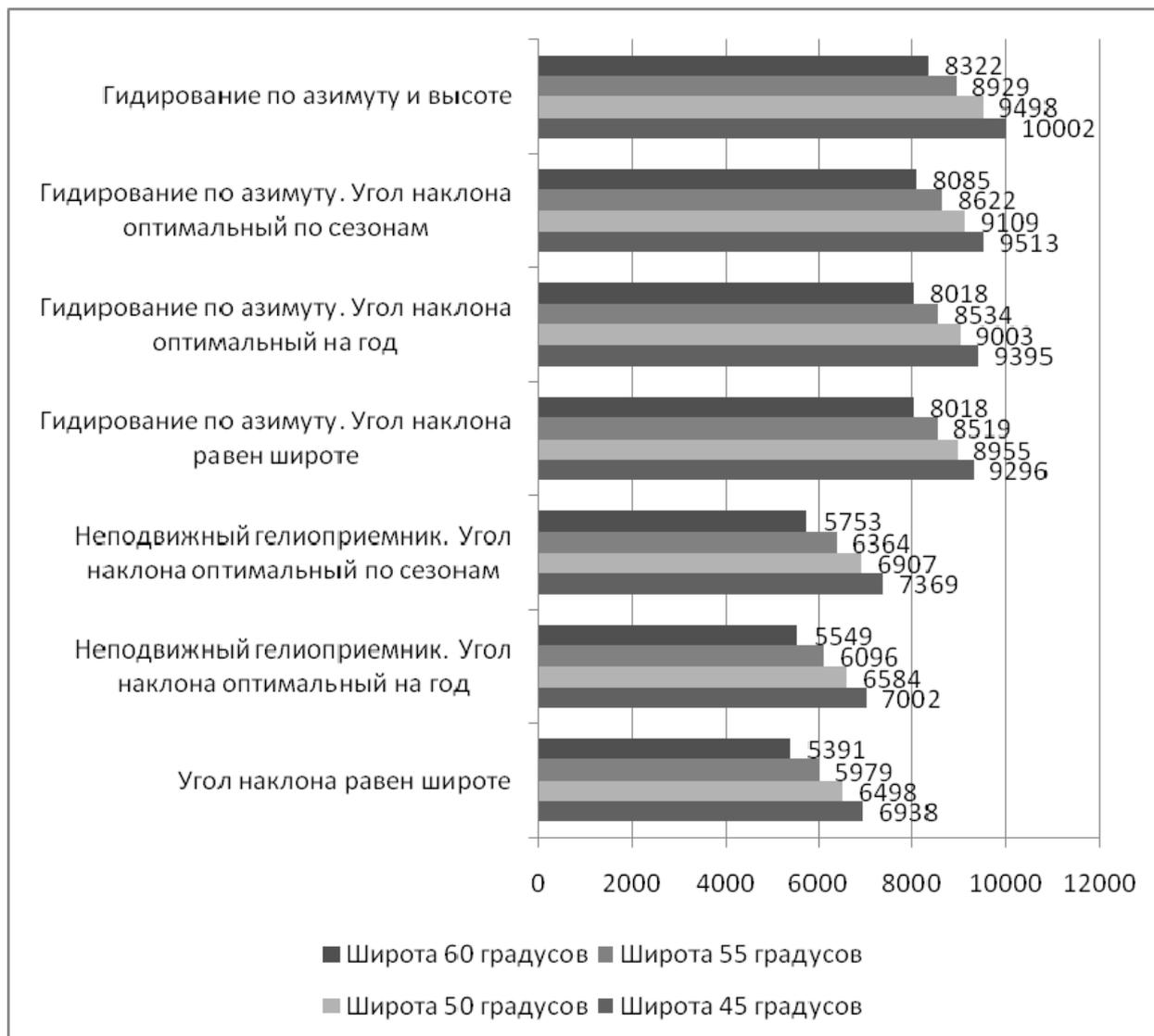


Рис. 3. Годовые суммы солнечной радиации, МДж/м²/год

Зависимость оптимальных углов наклона от широты в пределах территории Украины является практически линейной. Это позволяет записать простые аппроксимирующие выражения, позволяющие рассчитать оптимальный угол  $\alpha$  для произвольной широты местности  $\varphi$  в зависимости от предполагаемого режима работы гелиоприемника. Эти выражения приведены в

Таблица. 4.

**Аппроксимирующие формулы для расчета оптимальных углов наклона  
гелиоприемной поверхности**

Режим работы	Оптимальный угол наклона гелиоприемника, градусы
Неподвижный гелиоприемник. Оптимальный угол на год	$\alpha = 10.89 + 0.59\varphi$
Неподвижный гелиоприемник. Угол наклона оптимальный на зимний период	$\alpha = 26.44 + 0.76\varphi$
Неподвижный гелиоприемник. Угол наклона оптимальный на летний период	$\alpha = -19.03 + 0.93\varphi$
Гидрирование по азимуту. Угол наклона оптимальный на год	$\alpha = 31.55 + 0.49\varphi$
Гидрирование по азимуту. Угол наклона оптимальный на летний период	$\alpha = 16.63 + 0.67\varphi$
Гидрирование по азимуту. Угол наклона оптимальный на зимний период	$\alpha = 38.77 + 0.60\varphi$

**Выводы**

Разработанная модель расчета инсоляции позволяет проводить расчет падающего потока солнечной энергии на произвольно ориентированную гелиоприемную поверхность независимо от места ее установки и наличия гидрирования с учетом поглощения света в земной атмосфере. Наличие подпрограмм расчета восхода и захода Солнца для любого дня года позволяет рассчитывать суммарный поток солнечной радиации для любого промежутка времени. Модель может применяться при проектировании и оптимизации конструкции систем энергообеспечения, основанных на использовании солнечной энергии.

**Список использованных источников**

1. Даффи Д.А. Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. - Москва.: Мир, 1977.- 410 с.
2. Хусейн К.Д., Денисова А.Е. Дорошенко А.В. Оптимизация угла наклона солнечных коллекторов в гелиосистеме //Труды Одесского политехнического университета, вып. 2 (28), 2007: - С. 6.
3. Матвеев А.В., Пахалуев В.М. Щеклеин С.Е. Работа солнечного коллектора в режиме естественной циркуляции теплоносителя //Альтернативная энергетика и экология, 2007. 4(48): - С. 4.
4. Монтенбрук О. Пфлегер Т. Астрономия с персональным компьютером. - Москва.: Мир., 1993.- 280 с.
5. Савельев И.В. Общий курс физики. - Москва: Наука, 1977.- 320 с.

**УДК: 621.311+21.001.4**

**ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ  
ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ  
ЭНЕРГИИ**

**Муровский С.П., к.т.н., доцент, Сокут Л.Д., к.т.н., доцент**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

В работе рассматриваются возможности оптимизации состава и структуры автономных систем энергоснабжения на основе возобновляемых источников энергии в условиях Крыма. Проведена оценка располагаемой мощности источников на примере ветроустановок и фотопреобразователей и потребной мощности приемников для объектов различного назначения. Разработаны блок-схемы включения элементов в автономных системах энергоснабжения при различных режимах генерации энергии.

**Автономные системы энергоснабжения, возобновляемые источники, схемные решения, структура**

## **ВВЕДЕНИЕ**

Задачи оптимизации состава и структуры автономных систем энергоснабжения (АСЭ) рассматриваются применительно к системам мощностью до 100 кВт с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ) таких как ветроэлектростанции (ВЭУ), электропреобразователи энергии солнечного излучения - фотобатареи (ФБ), теплопреобразователи энергии солнечного излучения - солнечные коллекторы (СК), а также тепловые насосы (ТН). Исследование включает промышленные энергоустановки на базе ВИЭ, представленные на рынке Украины.

Комплексное применение различных видов ВИЭ в одной системе АСЭ делает ее более надежной. Выбор видов ВИЭ: ВЭУ, ФБ, СК, ТН - определен географическим положением Крыма, имеющим, с одной стороны, наибольший в Украине природный потенциал энергии ветра и энергии солнечного излучения, а, с другой стороны, имеющим реальный опыт реализации и эксплуатации АСЭ в течение последних 10 - 15 лет [1].

## **АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ**

Наибольшее распространение в Крыму получили АСЭ с ВИЭ для систем сезонного обслуживания с мая по сентябрь (в соответствии со сроками курортного сезона), в период которого потребности в энергоснабжении и водоснабжении возрастают в 5-8 раз [2].

Среди объектов жилого назначения предпочтение отдано малоэтажным архитектурным формам – одно- и двухэтажным жилым домам, мини-гостиницам и центрам сервисного обслуживания отдыхающих, где проектируются АСЭ на базе ВИЭ с размещением на несущих конструкциях строительных объектов, а также на отдельных устройствах вне зданий. Малоэтажность зданий обеспечивает, с одной стороны, снижение теплопотерь, а с другой стороны, при заданных площадях и объемах, имеют наибольшую площадь для размещения оборудования ВИЭ [3].

Оптимизация структуры систем распределенной генерации электроэнергии (СРГЭ) и систем распределенной генерации тепла (СРГТ) в АСЭ состоит в снижении цепи транспортировки энергии от источника к приемнику, обеспечении автоматического перетока электроэнергии от нескольких источников в СРГЭ, использование общей аккумулирующей системы для разных источников, передачи части электроэнергии из СРГЭ в СРГТ для целей теплоснабжения, упрощении систем управления и автоматики (САУ), а также оптимизации резервных структур энергии в АСЭ [4].

## **ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ**

Цель работы состоит в выборе состава и располагаемой мощности ВИЭ в АСЭ и разработке методов анализа необходимой мощности источников и состава приемников для объектов различного назначения.

Решаемой задачей явилась оценка природного потенциала ВИЭ для рассматриваемых территорий Крыма и приведение его к общему знаменателю. На основе проведенных натурных измерений ставится задача провести предварительную оценку мощности АСЭ и разработать оптимальное сочетание ВИЭ, с целью разработки оптимальной структуры АСЭ с учетом предложенной методики расчета.

## **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ**

Методики оптимизации состава и структуры АСЭ на базе ВИЭ существенно отличаются от принятых в системах энергоснабжения с источниками энергии гарантированной мощности и большим числом приемников, мощность каждого из которых значительно меньше мощности источников [5].

Сравнительно небольшое количество приемников в АСЭ исключает использование стандартных расчетных коэффициентов и методов осреднения нагрузок и ставит задачи применения мгновенных графиков нагрузок приемников в функции времени и внедрение вероятностных методов расчета мощности приемников [5]. Вероятностный, случайный, негарантированный характер мощности первичных энергоносителей для источников на основе ВИЭ требует применение расчетных статистических моделей поступления

первичных потоков энергии, привязанных к конкретному региону Крыма, и включение в состав АСЭ дополнительных аккумулирующих систем [4].

Потребителю в АСЭ должна быть гарантирована постоянная надежность энергоснабжения. При этом может быть несколько вариантов обеспечения бесперебойности и достаточности мощности потоков прихода энергии:

- выбор установленных мощностей энергоисточников ВИЭ, перекрывающий в несколько раз вероятность снижения мощностей источников в текущий момент времени из-за колебаний потоков энергии первичных энергоносителей;
- выбор в АСЭ совмещенной работы источников ВИЭ, для которых потоки первичной энергии имеют различный (часто противоположный) характер в функции времени суток, сезона, года;
- максимальное обеспечение в АСЭ естественного перетока энергии от источников без дополнительного увеличения емкости регулирования САУ;
- увеличение емкости аккумулирующих энергосистем с целью многократного перекрытия потребности потребителей в случае неопределенно долгого отсутствия первичных потоков энергии ВИЭ;
- включение в состав АСЭ резервных традиционных источников энергии на основе органического топлива.

Критерии выбора состава АСЭ на основе ВИЭ различны в зависимости от поставленной цели и желания заказчика.

Рассматриваемая методика оптимизации состава и структуры АСЭ в качестве первого шага предусматривает предварительную оценку располагаемой мощности источников ВИЭ и возможности обеспечения потребной мощности приемников АСЭ в пределах суточного графика покрытия нагрузки.

Такая оценка обусловлена низкой поверхностной плотностью мощности ВИЭ, обычно в  $10^2$ - $10^4$  меньше, чем для традиционных источников и негарантированным, случайным характером поступления мощности в течение времени. По этой причине такая обычная для источника энергии характеристика, как установленная мощность, в случае с ВИЭ не может использоваться для расчета энергоснабжения приемников. Оценка располагаемой мощности источников ВИЭ следует проводить для региона создания АСЭ на основе многолетних метеоданных по вероятности поверхностной плотности потоков энергии первичных энергоносителей, например, потока ветра для ВЭУ и солнечного излучения для ФБ и СК.

В предлагаемой авторами методике предварительной оценки мощности источников следует произвести выбор предполагаемых источников ВИЭ в АСЭ:

1. ФБ + АК - для электроснабжения; СК - для ГВС; СК + ТН - для отопления;
2. ВЭУ + ФБ + АК - для электроснабжения; СК + ТН - для теплоснабжения;
3. ВЭУ + ФБ + АК - для электроснабжения; ТН + ЭБ - для теплоснабжения.

Принимая предварительно в качестве оптимального варианта сочетание (3) и не предусматривая использование резервных источников на основе органического топлива, выполним предварительную оценку располагаемой мощности источников. Для расчета мощности ВИЭ в составе (ВЭУ + ФБ + АК + ТН) использованы данные [6, 7, 8, 9], которые в совокупности можно отнести к прибрежным районам на северо-западе, западе, юго-востоке, востоке и северо-востоке Крымского полуострова.

Для совмещения данных по располагаемой мощности ВЭУ -  $P_{\text{ВЫХ.ВЭУ}}$  и ФБ -  $P_{\text{ВЫХ.ФБ}}$ , расчет мощности выполнен в удельных показателях  $\text{Вт/м}^2$  и представлен в относительных единицах (о.е.). За 1 о.е. принято  $100 \text{ Вт/м}^2$ .

При расчете располагаемой мощности ВЭУ использованы данные среднеквартальных суточных почасовых значений скорости ветра за три года по реальным данным -  $V_{ij}$ , где:  $i$  - номер квартала;  $j$  - номер часа в сутках.

Известно, что

$$P_{\text{ВЫХ.ВЭУ}} = P_0 * C_p * \eta_{\Sigma} = \frac{1}{2} * V^3 * \rho * s * C_p * \eta_{\Sigma}, \quad (1)$$

где:  $C_p$  - аэродинамический коэффициент ветротурбины;

$V$  - скорость ветрового потока;

$\rho$  - плотность воздуха

$s$  - площадь сечения ветрового потока;

$s = \pi L^2$ ,  $L$  - длина лопасти ветротурбины;

$\eta_{\Sigma}$  - общий КПД преобразования электроэнергии ВЭУ.

Приняв  $C_p = 0,5$ ;  $\rho = 1$ ;  $\eta_{\Sigma} = 0,8$  для  $s = 1 \text{ м}^2$  и величину удельной мощности  $P_{\text{ВЫХ.ВЭУ}} = 100 \text{ Вт/м}^2$ , получим скорость ветра  $V = 7,5 \text{ м/с}$ . Значения скоростей ветра  $V_{i,j}$  приведены к значению  $7,5 \text{ м/с}$  -  $V_{i,j}/7,5$ , что соответствует представлению  $P_{\text{ВЫХ.ВЭУ}}$  в относительных единицах. В качестве площади  $s$  здесь и далее рассматривается активная площадь, т.е. та, с которой происходит съем потока энергии ветра источником.

При расчете располагаемой мощности ФБ по данным [6, 7] согласно климатическому паспорту регионов рассматривались среднеквартальные суточные почасовые значения удельной мощности  $\text{Вт/м}^2$  солнечного излучения  $\phi_{i,j}$ , где:  $i$  - номер квартала;  $j$  - номер часа в сутках. Выходная мощность ФБ -  $P_{\text{ВЫХ.ФБ}}$  рассчитывается по формуле (2):

$$P_{\text{ВЫХ.ФБ}} = P_0 \cdot \eta_{\text{ФБ}} \cdot \eta_{\text{ПП}}, \quad (2)$$

где:  $P_0$  - средняя величина поверхностной плотности мощности солнечного излучения  $\phi$ ;

$\eta_{\text{ФБ}}$  - КПД преобразования солнечного излучения ФБ;

$\eta_{\text{ПП}}$  - КПД полупроводникового преобразователя рода тока ФБ.

Приняв  $P_0 = 800 \text{ Вт/м}^2$ ;  $\eta_{\text{ФБ}} = 0,15$ ;  $\eta_{\text{ПП}} = 0,8$ , получим удельную величину мощности  $P_{\text{ВЫХ.ФБ}} = 96 \approx 100 \text{ Вт/м}^2$  с активной площади ФБ, т.е. с площади полупроводниковой пластины.

Полученные значения  $\phi_{i,j}$  приведены к значению -  $\phi_{i,j}/100$ , что соответствует представлению  $P_{\text{ВЫХ.ФБ}}$  в тех же относительных единицах, что и  $P_{\text{ВЫХ.ВЭУ}}$ .

Графики удельных значений  $P_{\text{ВЫХ.ВЭУ}}$ ,  $P_{\text{ВЫХ.ФБ}}$  в одних относительных единицах приведены на рис. 1, 2.

Как видно из графика (рис. 1), средние значения удельной располагаемой мощности  $P_{\text{ВЫХ.ВЭУ}}$  в течение года находятся в пределах от 0,18 до 0,35 **о.е.** и мало меняются в течение суток. В среднем за сутки эта величина в течение всего года может быть принята постоянной и равной 0,25 **о.е.**, т.е.  $25 \text{ Вт/м}^2$ .

Из графика для располагаемой удельной мощности  $P_{\text{ВЫХ.ФБ}}$  (рис. 2) в течение суток следует, что надежное поступление мощности ограничено светлой частью суток, в период с апреля по ноябрь, примерно с 8 до 17 часов.  $P_{\text{ВЫХ.ФБ}}$  значительно меняется поквартально и в среднем не превышает в наилучший период июнь - сентябрь 0,70 **о.е.**, т.е.  $70 \text{ Вт/м}^2$ . В период с ноября по март, минимальный период солнечной инсоляции, эта величина составляет не более 0,3 **о.е.**, т.е.  $30 \text{ Вт/м}^2$ .

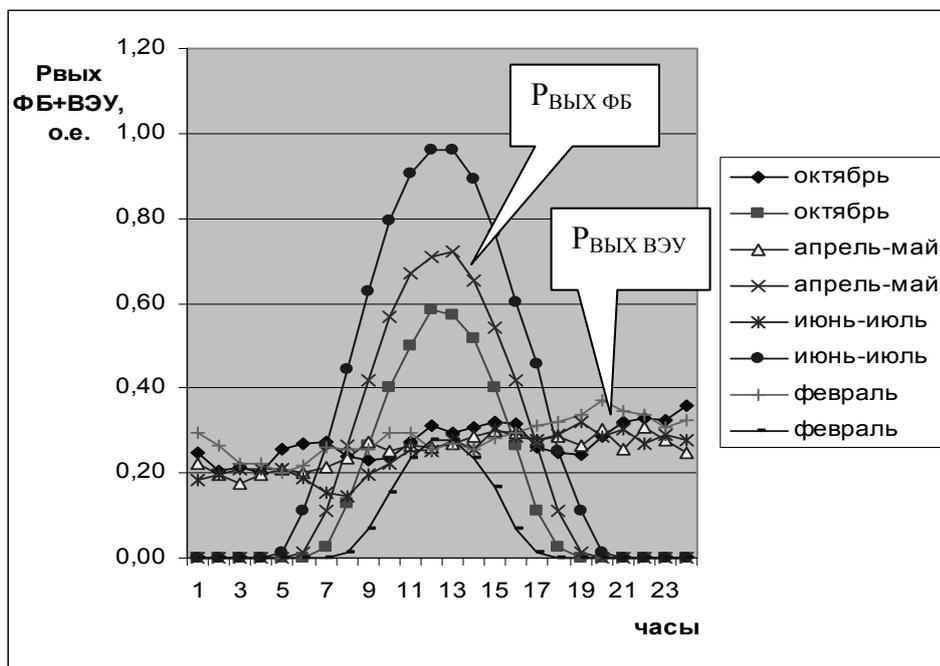
Оценка располагаемой удельной мощности источников ВИЭ получена на основе многолетних усредненных данных, однако, зная случайный характер первичных энергоносителей, нельзя исключать в реальности безветренной и дождливой погоды, что делает необходимым применение в АСЭ накопителей энергии – аккумуляторов.

Примем, что в системе ВЭУ + ФБ + АК должна быть реализована возможность совместного использования одного накопителя – АК, как для ВЭУ, так для ФБ и рассмотрим режим заряда АК для вариант системы (ВЭУ + ФБ + АК) (рис. 1).

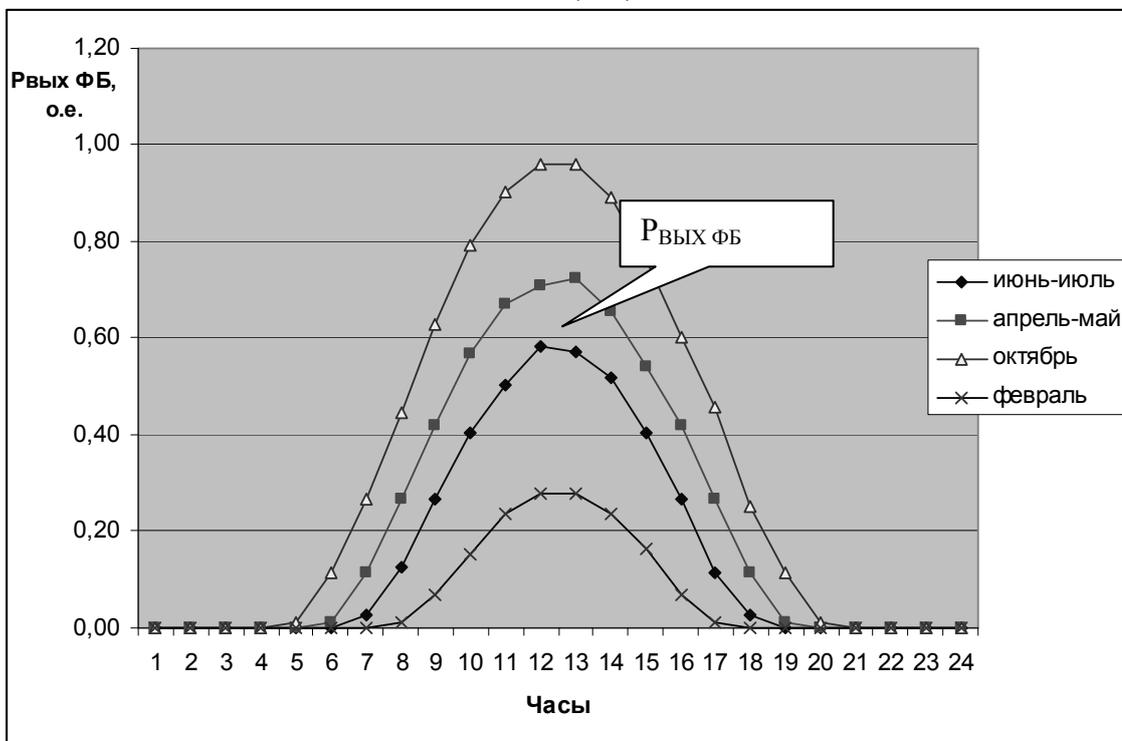
Примем среднее значение потребной удельной мощности нагрузки  $P_{\text{НАГ}}$  равным 0,3 **о.е.** в течение суток и определим предварительно возможность заряда АК.

С 00 часов до 6 - источник заряда ВЭУ, с 6 до 17 часов покрытие нагрузки происходит за счет ВЭУ, заряд АК за счет ФБ, с 17 до 24 часов покрытие нагрузки происходит за счет ВЭУ, режим заряда АК отсутствует (рис. 1). В этом случае (ВЭУ + ФБ + АК) за сутки АК

имеет среднее значение заряда от  $80 \text{ А}\cdot\text{час}/\text{м}^2$  до  $50 \text{ А}\cdot\text{час}/\text{м}^2$  и за счет АК может происходить покрытие потребной суточной нагрузки при безветренной и дождливой погоде до полутора суток. Если исключить заряд АК период с 00 часов до 6 часов утра, величина суммарного заряда будет уменьшена на  $15 \text{ А}\cdot\text{час}/\text{м}^2$ . В этот период мощность ВЭУ может быть использована для целей ГВС и теплоснабжения.



**Рис.1. Среднеквартальные суточные почасовые значения удельной мощности  $\text{Вт}/\text{м}^2$  ветроустановки (ВЭУ) и солнечной фотобатареи (ФБ) в относительных единицах (о.е.)**



**Рис. 2. Среднеквартальные суточные почасовые значения удельной мощности  $\text{Вт}/\text{м}^2$  солнечной фотобатареи (ФБ) в относительных единицах (о.е.)**

В случае системы (ФБ + АК) - рис. 2, заряд АК анализируется для АСЭ в течение курортного сезона, с мая по сентябрь. Заряд возможен только с 6 до 17 часов, среднее значение заряда  $Q_3 = 36,7 \text{ А}\cdot\text{час}/\text{м}^2$ . В период с 00 часов до 6 считаем мощность  $P_{\text{наг}}$  равной нулю. В

период с 17 до 24 часов АК должна обеспечивать  $P_{\text{НАГ}}$ , для чего требуется заряд  $Q_4 = 17,5$  А·час/м<sup>2</sup>. При этом АК будет разряжена до половины заряда. В случае потребления некоторой мощности нагрузки с 00 часов до 6 утра, а также при дождливой погоде, заряд АК не может быть гарантирован. Использование электроэнергии для целей ГВС и теплоснабжения исключено.

В случае применения СК для целей теплоснабжения объекта, значения  $P_{\text{ВЫХ,СК}}$  можно принять аналогично  $P_{\text{ВЫХ,ФБ}}$  (рис. 2), с увеличением в отношении  $\eta_{\text{СК}}/\eta_{\text{ФБ}}\eta_{\text{ПП}}$ , т.е. примерно в четыре раза выше ( $\eta_{\text{СК}} = 0,5$ ).  $P_{\text{ВЫХ,СК}}$  в период с мая по сентябрь составит 250-280 Вт/м<sup>2</sup>,  $\eta_{\text{ФБ}}$  в осенне-зимне-весеннее время - 120-150 Вт/м<sup>2</sup>.

Полученные на основе метеоданных региона удельные мощности выбранных источников ВИЭ, например (ВЭУ + ФБ), служат основой для дальнейшего расчета.

Предварительная оценка мощности приемников объекта может быть выполнена на основе общепринятых удельных затрат мощности по электрической и тепловой энергии  $\Delta P$  [Вт/Н], где  $N$  - удельный показатель (табл.1, 2).

Удельные показатели для расчета необходимой тепловой мощности для систем ГВС и отопления применяются по-разному в различных системах теплоснабжения [10] и варьируются в зависимости от климатических условий, типа помещений объекта, экологических требований и т.п. Например, для третьей температурной зоны Украины, к которой отнесен Крым, в [11] приводятся значения удельного теплового потока для двухэтажного индивидуального дома для отапливаемой и общей площади. В последнее время, в связи с развитием отопления с помощью теплых полов, приводятся нормативы мощности на один квадратный метр.

Таблица 1

**Удельные затраты электрической мощности  $\Delta P$  на нормированный показатель  $N_i$** 

Удельный показатель, $N_i$	Удельные затраты мощности, $\Delta P$ [Вт/Н, кВт/Н]
Число проживающих в ИЖД	1-1,5 кВт/чел.
Квартира с электрическими плитами, площадь 55 м <sup>2</sup>	7 кВт/квартиру
Квартира с электрическими плитами, площадь 70 м <sup>2</sup>	10 кВт/квартиру
Ввод в жилой дом в сельском районе (с газификацией)	5 кВт/дом
Основная часть жилого помещения	0,2-0,75 кВт/м <sup>2</sup>
Вспомогательная часть жилого помещения	0,03-0,1 кВт/м <sup>2</sup>
Площадь торгового помещения – $N_2$	0,1-0,2 кВт/м <sup>2</sup>
Площадь кафе, ресторана – $N_2$	0,5-0,7 кВт /м <sup>2</sup>
Для индивидуального дома (коттеджа) на одну семью с площадью от 150 до 600 м <sup>2</sup> (мощность электроснабжения включая ГВС и отопление)	от 60 до 140 кВт/дом
Мощность компрессора ТН для отопления площади ( $\mu = 4$ )	до 30-40 Вт/м <sup>2</sup>

Таблица 2

**Удельные затраты тепловой мощности  $\Delta P$  на нормированный показатель  $N_i$** 

Удельный показатель, $N_i$	Удельные затраты мощности, $\Delta P$ [Вт/Н, кВт/Н]
Нагрев 1 л воды от 15 <sup>0</sup> до 50 <sup>0</sup> С за 1 час при 10% потерь	40 Вт/л
Теплый пол при среднем уровне комфортности	120-140 Вт/м <sup>2</sup>
Теплый пол при высоком уровне комфортности	140-170 Вт/м <sup>2</sup>
Водяное отопление двухэтажного коттеджа общей площадью до 350 м <sup>2</sup>	125-140 Вт/м <sup>2</sup>
Удельный тепловой поток для двухэтажного индивидуального дома для отапливаемой площади	80 Вт/м <sup>2</sup>
Удельный тепловой поток для двухэтажного индивидуального дома для общей площади	100 Вт/м <sup>2</sup>
Тепловой поток для нагрева объема воздуха в помещении от 5 <sup>0</sup> С до 20 <sup>0</sup> С в интервале от одного часа до 10 минут при 100% потерь	от 30 Вт/м <sup>3</sup> до 50 Вт/м <sup>3</sup>

Использование тех или иных удельных показателей потребной электрической мощности является общепринятым методом предварительного расчета нагрузок в электроснабжении.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Полученную на основе удельных затрат предварительную суммарную мощность приемников АСЭ -  $\Sigma P$ , (кВт) в дальнейшем целесообразно соотносить с располагаемой в регионе удельной мощностью источников ВИЭ - например ( $P_{\text{ВЫХ.ВЭУ}} + P_{\text{ВЫХ.ФБ}}$ ), и определить необходимую суммарную активную площадь источников  $S_{\Sigma}$ , м<sup>2</sup>. Если удельная мощность источников ВИЭ приведена к одинаковым условным единицам, то соотношение активных площадей ВЭУ и ФБ можно выбрать по дополнительным условиям.

В предлагаемой структуре АСЭ предлагается выполнение ряда условий: совмещение генерации энергии источников в АСЭ (ВЭУ + ФБ + АК) по схеме «ИЛИ», без дополнительных управляющих команд; совместное использование одного накопителя энергии - АК, как для ВЭУ, так для ФБ; разделение цепей заряда и разряда накопителя энергии АК; преобразование электрической энергии всех генерирующих источников в АСЭ в стандартный вид по числу фаз  $m$ , частоте тока  $f$  и величине напряжения  $U_{\text{Л}}/U_{\text{Ф}}$ , т.е. создание трехфазных цепей, частотой 50 Гц с линейным напряжением  $U_{\text{Л}} = 380$  В и фазным  $U_{\text{Ф}} = 220$  В, что полностью удовлетворяет применению различных потребителей как по величине мощности одного приемника (в частности для трехфазных приемников мощностью до 20-30 кВт), так и дает возможность использовать в стандартных схемах обычные общепромышленные однофазные и трехфазные приемники и типовые устройства коммутации и защиты электрических цепей.

На рис. 3 – 5 приведены блок-схемы включения элементов в АСЭ в различных режимах генерации энергии.

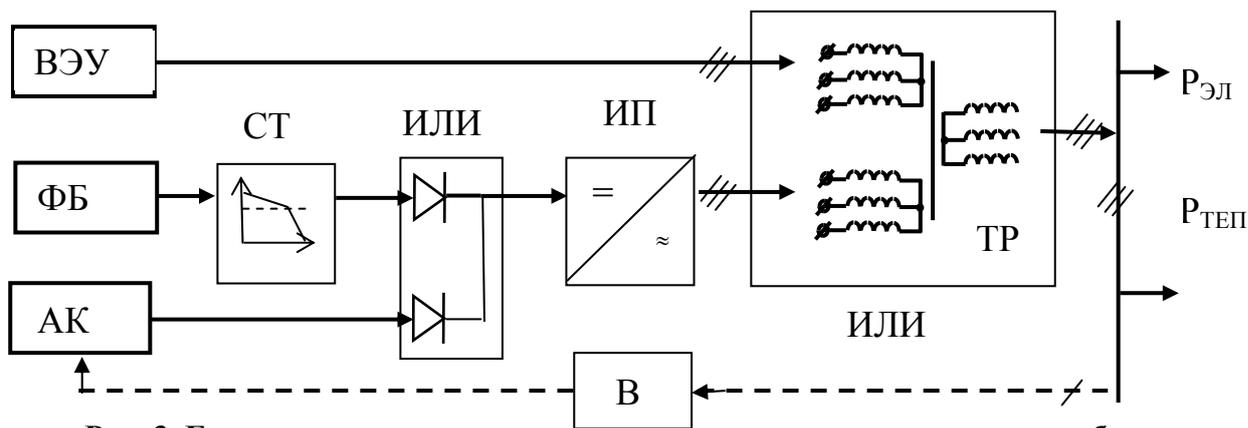


Рис. 3. Блок-схема генерации электроэнергии в основном режиме работы источников (ВЭУ + ФБ):

скорость ветра в диапазоне  $V_{\text{НАЧ}} - V_{\text{МАКС}}$ ; солнечное излучение  $\varphi$  в диапазоне от 9 до 18 час; реализуемая мощность источников  $P_{\text{ВЫХ.ВЭУ+ФБ}}$ ; потребляемая мощность приемников ( $P_{\text{ЭЛ}} + P_{\text{ТЕП}}$ ); возможен преимущественно заряд АК (разряд мало вероятен).

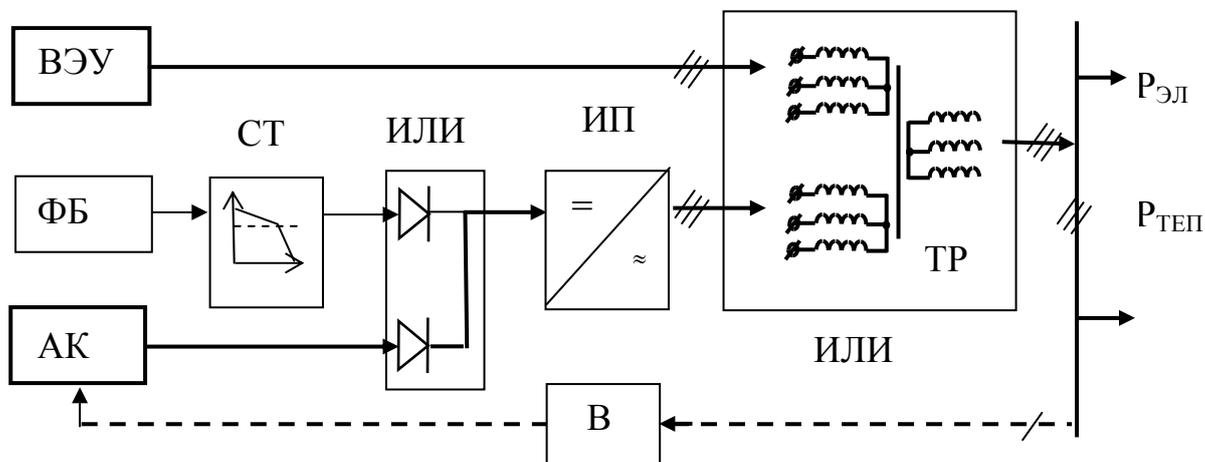
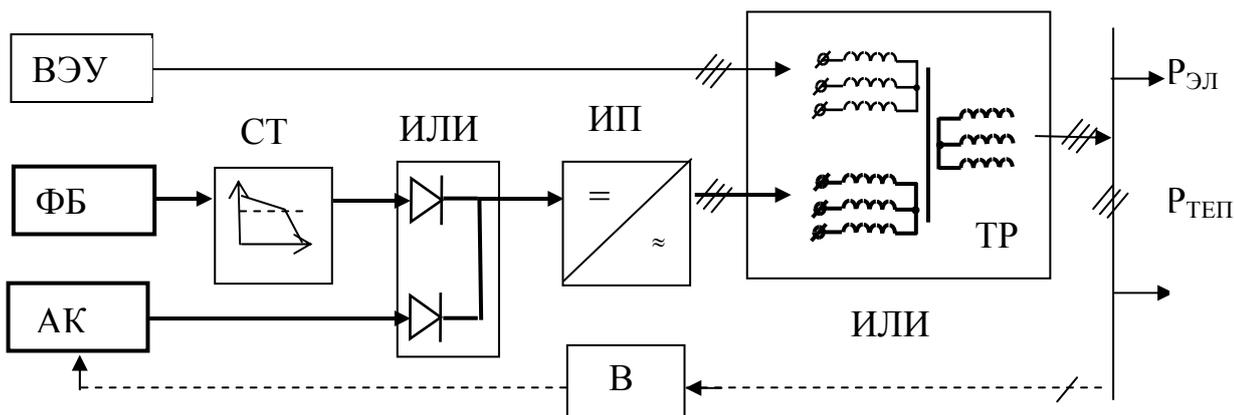


Рис. 4. Блок-схема генерации электроэнергии в режиме работы источника (ВЭУ):

скорость ветра в диапазоне  $V_{НАЧ} - V_{МАКС}$ ; солнечное излучение  $\phi$  отсутствует; реализуемая мощность источников  $P_{ВЫХ ВЭУ+АК}$ ; потребляемая мощность приемников ( $P_{ЭЛ} + P_{ТЕП}$ ); возможен как заряд, так и разряд АК (в интервалах  $V < V_{НАЧ}$ ).



**Рис. 5. Блок-схема генерации электроэнергии в режиме работы источника (ФБ):**

солнечное излучение  $\phi$  в диапазоне от 9 до 18 час; реализуемая мощность источников  $P_{ВЫХ.ФБ+АК}$ ; потребляемая мощность приемников ( $P_{ЭЛ} +$  ограничено  $P_{ТЕП}$ ); при отсутствии солнечного излучения происходит разряд АК.

Для совмещения генерации источников (ВЭУ+ ФБ + АК) в АСЭ без дополнительных управляющих команд выполняется включение выходных цепей источников по схеме «ИЛИ». Источники ВЭУ и АК имеют жесткие внешние характеристики, для которых не требуется стабилизация выходного напряжения. На выходе ФБ применяется стабилизатор напряжения (СТ) на полупроводниковых IGBT -модулях.

Включение источников по схеме «ИЛИ» на постоянном токе реализовано на диодных элементах необходимой мощности. Для источников переменного тока для реализации схемы включения по схеме «ИЛИ» используется трехфазный многообмоточный трансформатор (ТР). Дополнительным преимуществом применения ТР является возможность согласования на входных первичных обмотках ТР уровней напряжения источников.

Напряжение источников постоянного тока подается на обмотки ТР через инверторные преобразователи (ИП). Для выходных трехфазных сетей приемников в АСЭ в качестве ИП напряжения источников постоянного тока, следует применять трехфазные мостовые инверторы на полупроводниковых IGBT -модулях. В системе (ВЭУ + ФБ + АК), если ВЭУ является источником постоянного тока, могут быть использованы один общий ИП или два по схеме (ВЭУ + ИП), (ФБ + АК + ИП). Если ВЭУ генерирует энергию переменного тока (обычно при мощности ВЭУ свыше 10 кВт), в системе используется один ИП - (ФБ + АК + ИП).

Цепь заряда АК выполняется от выходной вторичной обмотки ТР с помощью полупроводникового выпрямителя, отдельно от цепи разряда АК. В зависимости от выбранной величины напряжения постоянного тока АК, можно использовать как  $U_{\phi}$ , так и  $U_{Л}$  выходной сети АСЭ.

Предлагаемая методика расчета АСЭ должна включать следующие этапы:

1. Оценка располагаемой удельной мощности источников ВИЭ, Вт/м<sup>2</sup> для региона сооружения АСЭ на основе многолетних метеоданных по вероятности используемых потоков энергии первичных энергоносителей.
2. Предварительная оценка мощности АСЭ по укрупненным показателям приемников и метеоусловиям района сооружения. Выбор типов источников и заключение о возможности реализации АСЭ.
3. Разработка структуры АСЭ.
4. Точный расчет потребной суммарной мощности приемников АСЭ -  $\Sigma P = (P_{ЭЛ} + P_{ТЕП})$  ( $P_{ЭЛ}$  - по суточным графикам нагрузок согласно [5, 13],  $P_{ТЕП}$  - по [10, 11]).

5. Определение необходимой суммарной активной площади источников  $S_{\Sigma}$ ,  $m^2$ , по величине  $\Sigma P = (P_{ЭЛ} + P_{ТЕП})$  и удельной мощности источников ВИЭ,  $Вт/m^2$ , для региона сооружения АСЭ.

6. Выбор мощности и видов источников, в частности, соотношения активных площадей ВЭУ и ФБ по дополнительным условиям, таким как стоимость, размещение на элементах конструкции здания, по удобству эксплуатации, обслуживания, ремонта и т.п.

6. Разработка электрических схем и необходимых тепловых схем энергоснабжения.

В табл. 3 приведены отдельные параметры АСЭ, разработанных с участием авторов при проведении научных исследований [1] и при руководстве дипломными проектами выпускников по специальности 7.05070107 «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» [12, 13, 14].

**Таблица 3**  
**Параметры автономных систем энергоснабжения для объектов различного функционального назначения**

Режим	Тип здания	Источники	Площадь активной поверхности источников, $m^2$	Общая мощность приемников, кВт	Удельная мощность приемников, $Вт/m^2$
Сезонный*	Центр бытового обслуживания отдыхающих, два этажа	ВЭУ + ФБ + АК + СК	ВЭУ - 78 ФБ - 150 СК - 102	$P_{ЭЛ} - 11,6$ $P_{ТЕП} - 67,9$	240
Сезонный*	Центр бытового обслуживания отдыхающих, один этаж	ВЭУ + ФБ + АК + СК	ВЭУ - 290 ФБ - 250 СК - 100	$P_{ЭЛ} - 24,0$ $P_{ТЕП} - 88,5$	175
Круглогодичный	Индивидуальный жилой дом, два этажа	ВЭУ + СК + ТН	ВЭУ - 290 СК - 102	$P_{ЭЛ} - 23,2$ $P_{ТЕП} - 59,3$ (ГВС - 16,3 + отопление зимой - 43 или бассейн летом - 42)	210

\*) - с мая по сентябрь.

Как видно из табл. 3, удельная предполагаемая мощность источников в приведенных примерах превышает возможности мощности реализуемых природных потоков энергии для ВИЭ. Это и является следствием недостатков существующих методов расчета мощности АСЭ на основе ВИЭ согласно [11, 12, 13].

### Выводы

1. Полученные на основе метеоданных региона удельные мощности выбранных источников ВИЭ служат основой для расчета АСЭ. Предварительная оценка мощности приемников может быть выполнена на основе общепринятых удельных затрат мощности по электрической и тепловой энергии.

2. Рассчитанные удельные затраты предварительной суммарной мощности приемников АСЭ целесообразно соотносить с располагаемой в регионе удельной мощностью источников ВИЭ и на основе полученных данных определять необходимую суммарную активную площадь источников ВИЭ.

3. В проектируемой структуре АСЭ необходимо совмещение генерации энергии источников в АСЭ по схеме «ИЛИ», без дополнительных управляющих команд, совместное использование одного накопителя энергии для всех электрогенерирующих мощностей, разделение цепей заряда и разряда накопителя энергии, преобразование электрической

энергии всех генерирующих источников в АСЭ в стандартный вид по роду тока, частоте и величине напряжения..

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Разработка технических предложений и схем распределенной генерации в системах энергоснабжения объектов с возобновляемыми источниками энергии: Отчет о НИР (заключительный) / О.М. Козлов [и др.]; М-во образования и науки Украины, науч.-произв. комплекс НАПКС.- № 0109U003043..- Симферополь, 2010.- 154 с.
2. Сокут Л.Д. Временные графики нагрузок приемников электроэнергии в системе автономного электроснабжения индивидуального жилого дома: матеріали VIII міжнародної конференції «Відновлювана енергетика XXI століття» (Миколаївка, АР Крим, 17-21 вер. 2007 р.)/Сокут Л.Д. НАНУ, КПІ.- Київ, 2007.- С. 96-99.
3. Муровский С.П. Солнечная энергетика для устойчивого развития Крыма/ Н.В. Багров, В.Н. Боков, С.П. Муровский, Э.А. Бекиров и др.- Симферополь: «Доля».- 2009.- 294 с.
4. Бонев Д.Б. Расчет-обоснование величины емкости аккумуляторных батарей в комплексных ветро-солнечных автономных электросистемах: материалы международной конференции «Кирилл Иванович Щелкин и Атомный проект СССР, от энергии разрушения к созиданию», (Щелкино, АР Крым, 20-21 мая 2011 г.)/ Д.Б. Бонев, Щелкино.- 2011.- С. 121-125.
5. Зорин В.В., Тисленко В.В. Системы электроснабжения общего назначения.- Чернигов: ЧГТУ, 2005.- 341 с.
6. Васько В.П. Оценка объемов выработки электроэнергии современными ветроустановками в ветровых условиях Крыма // Устойчивый Крым. Энергетическая стратегия XXI века. - Симферополь: «Экология и мир», 2001.- С. 319-325.
7. Кудря С.А., Мхитарян Н.М., Яценко Л.В. Потенциал солнечной энергии и перспективы ее использования в Украине // Устойчивый Крым. Энергетическая стратегия XXI века.- Симферополь: «Экология и мир», 2001.- С. 366-375.
8. Сокут Л.Д., Цаплин Г.А., Бонев Д.Б. Методика и результаты статистического анализа распределения суточных скоростей ветра и выработки электроэнергии по фактическим данным за 2004 год (Судакская ветроэлектростанция, ветроагрегаты типа USW 56-100) // Строительство и техногенная безопасность. Сб.тр. НАПКС. Выпуск 10. - Симферополь, 2005.- С. 112-119.
9. Бекиров Э.А. Сравнительный анализ и разработка комбинированной системы автономного электроснабжения на базе ветрогенераторов и фотоэлементов для Херсона и Евпатории/ Э.А. Бекиров, Д.Б. Бонев// Відновлювана енергетика.- 2010.- № 3. - С. 19-24.
10. СНиП 2.04.05-91\* Отопление, вентиляция и кондиционирование.- К.: КиевЗНИИЭП, 1996. - 89 с.
11. Теплые полы: Учеб.пособие / Под ред. Кочергина С.М.– М.: «Стройинформ», 2008.- 336 с.
12. Бекиров Э.А. Проект сервисного центра с автономной системой энергоснабжения с распределенной генерацией для индивидуальных отдыхающих на побережье Крыма : материалы XI международной конференции «Возобновляемая энергетика XXI века» (Николаевка, АР Крым, 13-17 сент. 2010 г.)/ Бекиров Э.А., Муровский С. П., Сокут Л. Д. НАНУ, КПІ.- Киев, 2010.- С. 68-71.
13. Муровский С. П. Концепция и технические предложения модернизации инженерных сетей существующих зданий с использованием возобновляемых источников энергии: материалы XI международной конференции «Возобновляемая энергетика XXI века» (Николаевка, АР Крым, 13-17 сент. 2010 г.)/ Муровский С. П., Сокут Л. Д. НАНУ, КПІ.- Киев, 2010.- С. 49-53.
14. Муровская А.С. Проектирование энергонезависимого дома с автономным энергоснабжением на основе возобновляемых источников энергии в г. Севастополь: материалы XI международной конференции «Возобновляемая энергетика XXI века» (Николаевка, АР Крым, 13-17 сент. 2010 г.)/ Муровская А.С., Сокут Л. Д., Муровский С. П. НАНУ, КПІ.- Киев, 2010.- С. 54-57.

## АННОТАЦИИ НА УКРАИНСКОМ ЯЗЫКЕ

**Панченко Н.В. Деякі особливості визначення кошторисної вартості будівництва соціального житла**

У даній роботі проведено аналіз порядку визначення кошторисної вартості будівництва. Визначені основні напрямки створення нормативних необхідних розумів для мінімізації кошторисної вартості соціального житла проектувальниками. Запропоновано визначити державну базову вартість квартири соціального житла.

**Сідорова В.В., Бройченко Т.С. Історія розвитку океанаріїв у світі**

Проводиться аналіз розвитку океанаріїв від перших публічних акваріумів до сучасних комплексів експозиційних басейнів і акваріумів, відповідно актуальним потребам і технічним можливостям людей.

Дане визначення океанарію. Розглянуто: формування та перетворення експозицій морської природи в хронологічному порядку у світі; фактори, що вплинули на розвиток океанаріїв; сучасні океанарії, їх процентне співвідношення у світі.

**Кореньков П.А., Жигна В.В. Аналіз небезпеки прогресуючого обвалення монолітного залізобетонного каркаса 22-х поверхового торгово-офісного центру в м. Севастополі**

Наведені результати розрахункового аналізу проекту 22-поверхового торгово-офісного центру в м. Севастополі на стійкість до прогресуючого обвалення й різної інтенсивності сейсмічного впливу

**Меннанов Эльмар М., Лебедева Л.І., Меннанов Эльдар М. Міцність з'єднань робочої арматур класу А500С у Залізобетонних конструкціях**

Розглядаються особливості конструювання стиків поздовжньої арматур у конструкціях мостів. Даються рекомендації з виконання зварених стиків з термоупрочненої сталі.

**Осипов С.О. Обґрунтування й вибір раціональних методів реставрації арочних конструкцій і склепінь пам'яток архітектури. впливаючі фактори**

У результаті здійсненого збору поглядів спеціалістів щодо характеру й ступеню впливу основних факторів на технологію реставрації арочних конструкцій і склепінь пам'яток архітектури; наступного узагальнення отриманих поглядів експертів і виконаного аналізу попереднього досвіду реставрації пам'яток архітектури, у тому числі арочних конструкцій і склепінь, а також результатів обстеження об'єктів-представників, що являють собою випадкову вибірку, здійснено формування основної сукупності впливаючих факторів.

**Сребняк В.М., Жигна В.В., Жигна М.В. Комбіновані несучі конструкції покриттів будинків з холодногнутих зварених труб і матеріалів на основі деревини й пластмас**

Наведений досвід проектування конструкцій покриття спортивного залу, виконаного у вигляді комбінованого металлодерев'яного циліндричного зводу-оболонки шириною 19,4 м. Показана ефективність і дані рекомендації із призначення основних розмірів поперечних перерізів аркових опорних конструкцій циліндричного зводу-оболонки.

**Елькіна І.І., Федоркин С.І. Вплив карбонізації на міцність пресованих зразків з відходів гірських порід на цементному й вапняно-цементному в'язкому**

Досліджено вплив процесу карбонізації на пресовані зразки з шламів гранодіоритових порід з використанням цементного й вапняно-цементного в'язучого, вивчено формування структури матеріалу. Виявлено можливість отримання якісних стінових матеріалів на основі вторинної сировини.

**Пінчук О.О. До питання міцності фанерних стінок деревофанерних балок змінного перерізу**

Аналітичним шляхом, а також за допомогою програмного комплексу «Ліра» виконано дослідження розподілу головних розтягуючих напружень у фанерних стінках двосхилої коробчатої балки й приведені рекомендації за розрахунком міцності фанерних стінок.

**Литовченко П.А. Панасюк Т.В. Буроін'єкційні палі з локальним закріпленням ґрунту, проблеми розрахунків і проектування**

Обґрунтована необхідність вивчення напружно-деформованого стану буро-ін'єкційних паль з локальним закріпленням ґрунту при спільній дії вертикального й горизонтального навантаження, розглянуті можливі розрахункові схеми паль даного типу.

**Сухорученко С.К. Рівняння регресії деформаційних характеристик лесових просідних ґрунтів Рівнинного Криму**

У статті розглядаються особливості кореляційної залежності міцнісних характеристик від фізичних властивостей просідних лесових ґрунтів Рівнинного Криму та їх змінення під впливом господарської діяльності людини. Приведені регресійні рівняння залежності питомого зчеплення від щільності ґрунту й кута внутрішнього тертя від природної вологості для лесових відкладень Рівнинного Криму

**Черненко К. В. Визначення організаційно-технологічних рішень методів монтажу великорозмірних покриттів**

Дослідження методів монтажу надважких і великорозмірних покриттів давши змогу виявити особливості багатьох рішень технологій монтажу надважких і великорозмірних блоків покриттів різних будівель і споруд [1-2]. Подальша систематизація їх і виявлення характерних рис дозволила підійти до пошуку нових, більш ефективних засобів механізації й методів монтажу.

**Іванютін М.М., Пасинков А.А. Аналіз зміни екологічного стану геологічного середовища штормового газоконденсатного родовища в північно-західній частині акваторії чорного моря**

У роботі приведені результати комплексних досліджень екологічного стану геологічного середовища Чорного моря в районі Штормового газоконденсатного родовища (ГКР). Дослідження включали ретроспективний аналіз наявної екологічної інформації, проведення морських експедиційних робіт - гідрохімічних, геолого-геохімічних, гідрофізичних і гідробіологічних. Встановлений сучасний екологічний стан геологічного середовища на Штормовому ГКР. Концентрація усіх досліджуваних елементів у донних відкладеннях не перевищує допустимих норм забруднення. Рівень забруднення морського середовища нафтопродуктами й важкими металами (виключаючи хром) досить низький.

**Пашенцева Л. В., Вплив порушення гідравлічної стійкості на надійність системи тепlopостачання**

Обґрунтовано негативний вплив зниження гідравлічної стійкості систем тепlopостачання на надійність їх функціонування, встановлені інтервальні оцінки зміни росту витрат від зниження рівня їх надійності.

**Сапронова З.Д., Муровская А.С. аналіз вступу забруднюючих речовин зі зливовими стоками в прибережну зону чорного моря ( на прикладі м. Феодосія)**

У роботі проведена оцінка формування поверхневого стоку для території м. Феодосія із врахуванням коефіцієнта стоку для різного типу водозбірної поверхні. Проаналізований склад зливових стоків, які скидаються в прибережну зону Чорного моря. Запропоновані рішення по реорганізації поверхневого стоку з метою зниження викидів забруднюючих речовин у прибережну зону Чорного моря на прикладі м. Феодосія.

**Сідорова В.В., Бурлакова Д.С. Проблема збереження природного середовища при формуванні об'єктів туризму в гірському Криму**

Розкриваються можливості рекреаційно-туристичного потенціалу гірських районів Криму. Виявлені особливості рекреаційного освоєння гірських територій і першочерговість екологічних принципів проектування. Сформульовано природоохоронні, містобудівні, конструктивні завдання й рекомендації з організації системи об'єктів туризму в гірському Криму.

**Боровський Б.І., Котовська О.Є. Математична модель очищення природної води в освітлювачі установки з плаваючим фільтруючим завантаженням з урахуванням впливу дози реагенту**

У роботі наведені результати узагальнення експериментальних даних очищення води поверхневих джерел централізованого питного водопостачання за показником каламутність. Очищення води відбувалось на великомасштабній фільтрувальній установці, включаючи в собі освітлювач – рециркулятор облогу, фільтруючу частину, колону сорбції. Отримані математичні моделі очищення природної води в освітлювачі – рециркуляторі з урахуванням впливу дози, різних реагентів: сірчанокислового алюмінію, хлорного заліза й полваку. Розглянуто питання ефективності очищення природної води поверхневого джерела централізованого питного водопостачання.

**Боровський Б.І., Атрощенко С.Ю. Еколого-економічна оцінка використання сучасного казанового встаткування в сільському населеному пункті**

Показане, що використання в котельній сучасного казанового обладнання конденсаційного типу з екологічним пальником дозволяє заощадити річну витрату газу та коштів на 7,6 % та знизити викиди окисів азоту та окису вуглецю, відповідно в 3,4 та 7 разів. У випадку автономного конденсаційного казана для приватного будинку економія газу складі 13,1 % та економія коштів 57,5 %.

**Каркач Д. В. Розрахунки інсоляції й визначення оптимальної просторової орієнтації геліоприємника**

Розроблено методику й створено модель розрахунку інсоляції довільно орієнтованої геліоприємний поверхні. Модель включає розрахунок кута падіння сонячного світла на геліоприємну поверхню як функцію години й розрахунок падаючого потоку з урахуванням його інтегрального поглинання в атмосфері, для чого отримано точний вираз для розрахунку повітряної маси на будь-якоїзенітної відстані. Проведене розрахунки оптимальних кутів нахилу геліоприємний поверхні для випадку нерухомої поверхні й при гідірованні по азимуту для різних широт на земній поверхні. Наведене розрахункові формули для визначення оптимальних кутів нахилу для різних широт і різних режимів експлуатації геліоустановок.

**Муровський С.П., Сокут Л.Д. Оптимізація складу й структури автономних систем енергопостачання на основі поновлюваних джерел енергії**

У роботі розглядаються можливості оптимізації складу й структури автономних систем енергопостачання на основі поновлюваних джерел енергії в умовах Криму. Проведена оцінка розташовуваної потужності джерел на прикладі вітроустановок і фотоперетворювачів і потрібної потужності приймачів для об'єктів різного призначення. Розроблені блок-схеми включення елементів в автономних системах енергопостачання при різних режимах генерації енергії.