

# **СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Научно-технический журнал по строительству и архитектуре

Construction and industrial safety  
Scientific and Technical Journal on Construction and Architecture

**№ 9(61) – 2017**

Основан в 1996 году.  
Выходит 4 раза в год (ежеквартально)

#### **Учредитель:**

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» (КФУ им. В.И. Вернадского), 295007, Республика Крым, г. Симферополь, проспект Академика Вернадского, 4

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовым коммуникациям (Роскомнадзор).  
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-61830 от 18 мая 2015 г.

---

Включен в утвержденный ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации  
Перечень рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть  
опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата  
и доктора наук.

Индексируется в Российском индексе научного цитирования (**РИНЦ**)

Главный редактор

**Федоркин Сергей Иванович**, советник РААСН, д.т.н. (05.23.05), проф. (КФУ им.В.И. Вернадского)

Заместители главного редактора:

**Любомирский Николай Владимирович**, советник РААСН, д.т.н. (05.23.05), проф. (КФУ им. В.И. Вернадского)

**Николенко Илья Викторович**, д.т.н. (05.02.0.2), проф. (КФУ им. В.И. Вернадского)

Редакционная коллегия:

**Абдулгасис У.А.**, д.т.н. (05.02.02), проф. (КИПУ, Симферополь)

**Бакаева Н.В.**, д.т.н. (05.23.19), проф. (ЮЗГУ, Курск);

**Бекиров Э.А.**, д.т.н. (05.14.08), проф. (КФУ им. В.И. Вернадского, Симферополь);

**Беспалов В.И.**, д.т.н. (05.23.19), проф. (ДГТУ, Ростов-на-Дону)

**Боровский Б.И.**, д.т.н. (05.07.05), проф. (КФУ им. В.И. Вернадского, Симферополь);

**Ветрова Н.М.**, д.т.н. (05.23.19), проф. (КФУ им. В.И. Вернадского, Симферополь) – руководитель раздела «Экологическая безопасность»;

**Графкина М.В.**, д.т.н. (05.23.19), проф. (МГМУ, Москва);

**Дворецкий А.Т.**, советник РААСН, д.т.н. (05.01.2001) проф. (КФУ им. В.И. Вернадского, Симферополь);

**Дьяков И.М.**, к.т.н. (05.23.02), доц. (КФУ им. В.И. Вернадского, Симферополь);

**Зайцев О.Н.**, д.т.н. (05.14.06), проф. (КФУ им. В.И. Вернадского, Симферополь) – руководитель раздела «Инженерное обеспечение»;

**Кукунаев В.С.**, советник РААСН, д.т.н. (05.23.01), с.н.с. (КФУ им.В.И. Вернадского, Симферополь);

**Маилян Д.Р.**, советник РААСН, д.т.н. (05.23.01), проф. (ДГТУ, Ростов-на-Дону);

**Нагаева З.С.**, советник РААСН, д.арх. (05.23.22), проф. (КФУ им. В.И. Вернадского, Симферополь) – руководитель раздела «Градостроительство»

**Несветаев Г.В.**, д.т.н. (05.23.05), проф. (ДГТУ, Ростов-на-Дону);

**Пищулина В.В.**, д.арх. (05.23.21), проф. (ДГТУ, Ростов-на-Дону);

**Серпокрылов Н.С.**, д.т.н. (05.23.04), проф. (ДГТУ, Ростов-на-Дону);

**Толстой М.Ю.**, к.т.н. (05.23.04), доц. (ИРНИТУ, Иркутск);

**Федорова Н.В.**, советник РААСН, д.т.н. (05.23.01) проф. (ЮЗГУ, Курск);

**Цопа Н.В.**, советник РААСН, д.э.н. (08.00.04), проф. (КФУ им. В.И. Вернадского, Симферополь);

**Чемодуров В.Т.**, д.т.н. (20.02.14), проф. (КФУ им. В.И. Вернадского, Симферополь);

**Чеботарев В.И.**, д.т.н. (05.23.03), проф. (ДГТУ, Ростов-на-Дону);

**Шаленный В.Т.**, д.т.н. (05.23.08), проф. (КФУ им. В.И. Вернадского, Симферополь) – руководитель раздела «Строительство»;

**Шейна С.Г.**, советник РААСН, д.т.н. (05.23.08), проф. (ДГТУ, Ростов-на-Дону)

# СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

№ 9(61) – 2017

научно-технический журнал

Печатается по решению научно-технического совета ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» (протокол № 11 от 21.12.2017)

Координатор выпуска *И.В. Николенко*  
Редактор *Н.А. Степанцова*  
Корректор *А.Н. Нестерова*  
Верстка *К.А. Янушковский*

Редакция Академии строительства и архитектуры (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»

Адрес редакции: 95000, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Павленко, 3, корпус 2, к. 410, e-mail: rio@napks.ru

Подписан в печать 29.12.2017.

Формат 70x108/16.

Бумага офсетная. Печать трафаретная.

Гарнитура Times New Roman. Усл.-печ. л. 18,1.

Тираж 100 экз.

Издатель: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского».

Издательство: ФГАОУ ВО «КФУ

им. В.И. Вернадского»

<http://cfuv.ru>, [io\\_cfuv@mail.ru](mailto:io_cfuv@mail.ru)

(3652) 60-84-98,

295007, Республика Крым, г. Симферополь, проспект Академика Вернадского, 4, каб. 400Б

Отпечатано в типографии ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»

295000, Республика Крым, г. Симферополь, бульвар Ленина, 5/7

Распространяется по подписке.

Подписка по каталогу агентства «Роспечать».

Подписной индекс: 64974 (полугодовая).

Стоимость 1 экз. журнала 227,0 руб.

# СОДЕРЖАНИЕ

## Раздел 1. Градостроительство

<b>Маяцкая И.А., Языева С.Б., Языев Б.М.</b> ОПТИМАЛЬНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ АРХИТЕКТУРНОЙ БИОНИКИ	7
<b>Максименко А.Е., Малаховская А.И.</b> СИНТЕТИЧЕСКИЙ ОБРАЗ АРХИТЕКТУРНЫХ И СКУЛЬПТУРНЫХ ФОРМ В ДВОРЦОВЫХ АНСАМБЛЯХ КРЫМА	13
<b>Луночкин С.А.</b> ИСТОРИЯ ВЫСОТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РОССИИ. ИСТОКИ И ПУТИ РАЗВИТИЯ	19
<b>Кашина И.В., Головань Ю.И.</b> СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ЛАНДШАФТНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ	23
<b>Нагаева З.С., Буджурова Л.А.</b> КРЫМ КОНЦА XVIII – ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ XIX ВЕКОВ	29
<b>Кашина И.В., Забейворота В., Симакова А.</b> ИНТЕРАКТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ В КИНЕТИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЕ	37

## Раздел 2. Строительство

<b>Чепурненко А.С., Сайбель А.В.</b> РАСЧЕТ ОРТОТРОПНЫХ ОБОЛОЧЕК ВРАЩЕНИЯ НА ОСЕСИММЕТРИЧНУЮ НАГРУЗКУ С УЧЕТОМ ПОЛЗУЧЕСТИ	47
<b>Дьяков И.М., Дьяков А.И., Дьяков М.И.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАСЧЕТА ОТДЕЛЬНО СТОЯЩИХ ФУНДАМЕНТОВ НА ИЗГИБ ПРИ ВНЕЦЕНТРЕННЫХ МАЛОЦИКЛОВЫХ НАГРУЗКАХ	55
<b>Морозов В.В., Морозова Е.В., Нафиев Ш.А.</b> ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕМБРАННЫХ ПОДПОРНЫХ СТЕН С УЧЕТОМ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ	63
<b>Курланов Д.В., Милютин Б.Г., Хабарков А.В.</b> ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ФУНДАМЕНТНЫХ ПЛИТ АРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ	69
<b>Синцов В.П., Митрофанов А.В., Синцов А.В.</b> ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ПРОЧНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ОПОРНОГО БЛОКА МОРСКОЙ СТАЛЬНОЙ СТАЦИОНАРНОЙ ПЛАТФОРМЫ	75
<b>Чемодуров В.Т., Сеитжелілов М.С.</b> ОПТИМИЗАЦИЯ И НАДЕЖНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	83
<b>Митрофанов С.В., Митрофанов В.А.</b> РАБОТА БАЛКИ С ГОФРИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ С РАЗЛИЧНЫМИ ПРОФИЛЯМИ ГОФРИРОВАНИЯ	87
<b>Литвинова Э.В.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛЕБАНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	93
<b>Головченко И.В.</b> МЕТОДИКА РАСЧЕТА МАКСИМАЛЬНОГО РАССТОЯНИЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ АВТОБЕТОНОСМЕСИТЕЛЯМИ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР НАРУЖНОГО ВОЗДУХА	101

## Раздел 3. Инженерное обеспечение

<b>Салиев Э. И., Шептунов А.В.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ	107
--	-----

<b>Борсук О.Ю., Меретуков З.А.</b> ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УМЕНЬШЕНИЮ ТЕПЛОПOTЕРЬ ГЛАВНОГО КОРПУСА МАЙКОПСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА	115
<b>Боровский Б.И.</b> РАЦИОНАЛЬНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ С КОНФУЗОРНЫМИ КОЛЕСАМИ	119
<b>Кабанов А.Н., Липинский М.С., Кузьменко А.П.</b> ГАЗОПОРШНЕВЫЕ МИКРО-ТЭЦ НА ОСНОВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	125
<b>Субботкин Л.Д., Урецкий Е.А., Мороз В.В.</b> ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ СОВМЕСТНОЙ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО И ПОКРАСОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА	133
<b>Раздел 4. Экологическая безопасность</b>	
<b>Слепнев П.А.</b> ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА АРМОГРУНТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКЕ ТЕРРИТОРИЙ	139
<b>Иванова П.В.</b> УСИЛИВАЮЩИЕ СТЕРЖНИ УСТОЙЧИВЫЕ К ПРОДОЛЬНОМУ ИЗГИБУ (BRBF) С НЕПРИЛИПАЕМЫМИ СВЯЗЯМИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ.	145
<b>Руководство для авторов</b>	153

## Content

### Section 1. Town planning

<b>Mayatskaya IA, Yazyeva SB, Yazyev BM</b> OPTIMALITY OF CONSTRUCTIONS FROM THE POINT OF VIEW OF ARCHITECTURAL BIONICS	7
<b>Maksimenco AE, Malakhovskaya AI</b> SYNTHETICAL IMAGE OF ARCHITECTURAL AND SCULPTURE FORMS IN THE PALACE ENSEMBLE OF CRIMEA	13
<b>Lunochkin S.A.</b> HISTORY OF ALTITUDE CONSTRUCTION IN RUSSIA. SOURCES AND WAYS OF DEVELOPMENT	19
<b>Kashina I.V. , Golovan Yu.I.</b> CURRENT TRENDS IN LANDSCAPE DESIGN.	23
<b>Nagaeva ZS, Buzhurova LA</b> CRIME OF THE END OF THE XVIII - FIRST HALF OF THE XIX CENTURIES	29
<b>Kashina I.V. , Zabeyvorota In., Simakova A</b> INTERACTIVE MOTION IN THE KINETIC ARCHITECTURE	37

### Section 2. Construction

<b>Chepurnenko A.S., Saybel A.V.</b> CALCULATION OF ORTHOTROPIC SHELLS OF ROTATION TO AXISYMMETRIC LOAD WITH CALCULATION OF CREEP	47
<b>Dyakov IM, Dyakov AI, Dyakov MI</b> IMPROVEMENT OF THE CALCULATION OF SEPARATELY STANDING FOUNDATIONS FOR BENDING IN EXCESSED LOW-CYCLE LOADS	55
<b>Morozov V.V., Morozova E.V., Nafiev Sh.A.</b> PECULIARITIES OF MODELING OF MEMBRANE SEMI-WRENCHED WALLS WITH THE ACCOUNT OF PRIMARY CONDITIONS	63
<b>Kurlapov D.V., Milyutin .G., Khabarkov A.V.</b> TECHNICAL SURVEYS OF FOUNDATION PLATES REINFORCED BY COMPOSITE ARMATURE	69
<b>Sintsov V.P., Mitrofanov A..V, Sintsov A.V.</b> INFLUENCE OF OPERATING CONDITIONS ON STRENGTH AND DURABILITY OF ELEMENTS OF SUPPORT BLOCK OF MARINE STEEL STATIONARY PLATFORM	75
<b>Chemodurov VT, Seitzhelitov MS</b> OPTIMIZATION AND RELIABILITY OF BUILDING SYSTEMS	83
<b>Mitrofanov SV, Mitrofanov VA</b> WORKING OF THE BUNDLE WITH THE GOFRATED WALL WITH DIFFERENT PROFILES OF GOFRING	87
<b>Litvinova E.V</b> DETERMINATION OF PARAMETERS OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF VIBRATIONS OF BUILDING CONSTRUCTIONS, BUILDINGS AND STRUCTURES	93
<b>Golovchenko I.V.</b> METHOD OF CALCULATION OF THE MAXIMUM DISTANCE OF TRANSPORTATION OF CONCRETE MIXTURE BY AUTO CONCRETE MIXERS IN CONDITIONS OF INCREASED TEMPERATURES OF EXTERNAL AIR	101

### Section 3. Engineering Support

<b>Saliev E.I., Sheptunov A.V.</b> USE OF GEOINFORMATION SYSTEMS IN TOWN-PLANNING DESIGN AND USE OF ENGINEERING COMMUNICATIONS	107
<b>Borsuk O.Yu., Meretukov Z.A.</b> PROPOSALS TO REDUCE THERMAL LOSSES OF THE MAIN HULL OF MAIKOP STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY	115

<b><i>Borovsky B.I.</i></b> RATIONAL APPLICATIONS OF CENTRIFUGAL PUMPS WITH KONFUSER WHEELS	119
<b><i>Kabanov A.N. , Lipinsky M.S. , Kuzmenko A.P.</i></b> GAS RECIPROCATING MICRO-CHP ON THE BASIS OF AUTOMOTIVE RECIPROCATING ENGINES	125
<b><i>Subbotkin L.D., Uretskiy E.A., Moroz V.V.</i></b> RESEARCH OF PROCESSES OF JOINT PHYSICO-CHEMICAL CLEANING OF SEWAGE WATERS OF GALVANIC AND PETROCHEMICAL PRODUCTION	133

#### ***Section 4. Environmental safety***

<b><i>Slepnev P.A.</i></b> PECULIARITIES OF DESIGNING AND CONSTRUCTION OF ARMOGRUNT CONSTRUCTIONS IN ENGINEERING TRAINING PREPARATION	139
<b><i>Ivanova P.V.</i></b> STRENGTHENING SUSTAINABLE LONGITUDINAL BELTS (BRBF) WITH NON-CONTROLLED CONNECTIONS, APPLIED FOR PROTECTION OF BUILDINGS IN SEISMIC EXPOSURE.	145
<b><i>Guidelines for Authors</i></b>	153

Маяцкая И.А., Языева С.Б., Языев Б.М.

Академия строительства и архитектуры, ФБГОУ ВПО

«Донской государственный технический университет»

Адрес: г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

e-mail\*: irina.mayatskaya@mail.ru; e-mail\*\*: iskra1917@bk.ru;

e-mail\*\*\*: ps62@yandex.ru;

**Аннотация.** В работе вопросы совершенствования строительных конструкций на основе оптимизации и анализа закономерностей строения природных объектов. Достижения архитектурной бионики позволяют находить рациональные конструкции и применять принципы организации, свойства, функции и структуры живой природы. В данном исследовании внимание уделено поиску оптимальных конструкций с точки зрения архитектурной бионики.

**Ключевые слова:** модель, объект, конструкция, форма, сооружение, архитектура, бионика, оптимальность.

## ВВЕДЕНИЕ

Создание прочных и надежных строительных уникальных сооружений является важнейшей задачей строительства [1], [2]. Проектирование таких сооружений тесно связано архитектурной бионикой. Такое сотрудничество дает хорошие результаты. В последнее время в мире и в России построено много зданий – с использованием бионических принципов [3] – [6]. Следует отметить, что архитектурная бионика тесно связана с технической бионикой. При создании строительных объектов с применением этих достижений идет развитие целого направления – «Зеленый дом», где используются природные растительные объекты, натуральные материалы, альтернативная энергетика и экологическое строительство.

Архитекторы и проектировщики должны использовать закономерности природы при создании сооружения осознано, проводить анализ вариантов и выбирать только оптимальный. Развитие программных комплексов дает возможность проводить численное решение как при проектировании всего объекта, так и отдельных его элементов.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель оптимального проектирования – это достижение наибольшей эффективности проекта как с инженерной точки зрения, так и при его реализации с учетом экономических вопросов и материальных затрат. Реализации проекта предшествует инженерная идея самой конструкции, проектирование самого объекта и разработка технологии строительства сооружения. Именно на этапе разработки идеи можно использовать достижения архитектурной бионики.

## МЕТОДИКА И ЦЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Интересны в природе геометрические формы объектов. Сама природа выбирает наилучший вариант в ходе эволюции. Но просто переносить форму природного объекта на строительную конструкцию не приемлемо, нужно осмыслить и проанализировать те существенные стороны, которые можно использовать при проектировании [3] – [10].

Получаем следующую последовательность действий: изучение природного объекта – выделение существенных элементов в структуре объекта – анализ тех элементов, которые можно использовать в конструкции – выбор оптимальной конструкции с измененными элементами природных объектов.

Конструкция в строительстве будет оптимальной, если выполняются два принципа: 1) Шухова В.Г. и минимума потенциальной энергии деформации. Принцип Шухова В.Г. заключается в следующем: прочность материала конструкции используется наилучшим образом, если он работает на сжатие или на растяжение [11], [12]. А для оптимизации конструкции необходимо определение рациональных сочетаний геометрических параметров, применяемых материалов при которых потенциальная энергия достигает минимума. Из множества геометрических параметров  $q_i$  и компонентов материала и его характеристик, дающих необходимую прочность,  $m_i$  определяется такое их сочетание, при котором выполняется:

$$U(g_i, m_i) = \min U^k, k = 1, 2, \dots \quad (1)$$

$k$  – число вариантов конструкции.

Необходимое условие экстремума функции  $U(g_i, m_i)$  является выполнение условий:

$$\frac{\partial U(g_i, m_i)}{\partial g_i} = 0 \quad \text{и} \quad \frac{\partial U(g_i, m_i)}{\partial m_i} = 0. \quad (2)$$

Достичь этого позволяют численные методы, которые позволяют перебирать варианты конструкции с изменением тех или иных геометрических параметров, а также структуры самого объекта и материалов, из которых сделаны элементы конструкции.

Архитектурная бионика интенсивно внедряется в конструкции современных сооружений, создавая уникальные здания, как по форме, так и по структуре с применением современных материалов, например, полимерных композиционных. Кстати, очень часто используются сталь и алюминиевые сплавы при строительстве интересных по форме сооружений (рис. 1).



Рис. 1. Конструкции стадиона «Фишт», г. Сочи

Современная архитектура должна быть гармонично вписана в окружающую среду, будь то природная (рис. 2) или городская с памятниками архитектуры (рис. 3).



Рис. 2. Опера, г. Сидней

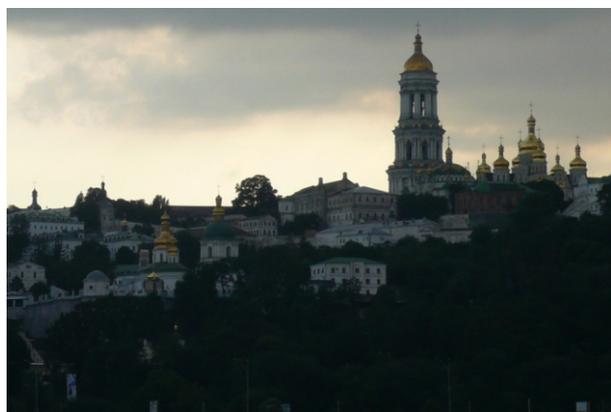


Рис. 3. Святая Успенская Киево-Печерская Лавра, г. Киев

В эпоху античности все здания строились в соответствии с пропорциями конструктивных элементов зданий. Этому правилу следовали и в дальнейшем. И только в прошлом столетии стали пренебрегать канонами пропорций. В городах появилось много зданий, которые не были гармоничными, при этом учитывалась окружающая среда.

Архитектурная бионика дает возможность осознать, что в мире должна быть гармония между строительными объектами и окружающей средой, как-то человек, с его возможностью жить с комфортом и безопасно, так и природа вокруг сооружения. Иногда природные элементы располагают как внутри сооружения, так и на фасаде и крышах, делая такие здания уникальными.

В Сингапуре построили отель Parkroyal, где использовано вертикальное озеленение стен и крыш (рис. 4). Островки с самыми разнообразными растениями встречаются повсюду: в холлах, на балконах, в номерах.



Рис. 4. Фасад отеля Parkroyal, г. Сингапур

В Москве открыли парк «Зарядье», где сочетали природные объекты всей нашей России и строительные сооружения, которые гармонично вписаны в ландшафт парка (рис. 5). Здания спрятаны под почвой, что представляет собой сложную инженерную задачу.



Рис. 5. Фотогалерея в парке «Зарядье»

Архитектурная бионика в России развивалась и в XX веке. Так, ее элементы встречаются в доме Константина Мельникова в Москве. Это форма и расположение окон, которые сделаны в виде шестигранников, вписанных в эллипс. Они чуть вытянуты по высоте и напоминают соты пчел.

В России создаются строительные фирмы, которые занимаются строительством бионических зданий, например, ООО «Бионика Строй», г. Санкт-Петербург.

И конечно, архитектурные шедевры Гауди [13], [14] (рис. 6, 7). Именно он, первый, использовал бионические принципы в архитектуре.



Рис. 6. Галерея в парке Гюэль



Рис. 7. Собор Святого Семейства (Sagrada Familia), г. Барселона

Стоит отметить, что в архитектурной бионике не используется просто копирование природного объекта. Здания лишь напоминают об объекте, а само архитектурное сооружение подчиняется бионическим принципам.

В работах [10] – [12] проанализированы бионические принципы, которые можно применить при проектировании строительных объектов.

Необыкновенные формы уникальных сооружений Захи Хадид часто напоминают природные объекты [15] – [18]. Она гармонично располагает свои здания в окружающей среде (рис. 8).



Рис. 8. Бизнес-центр «Dominion Tower», г. Москва

Проекты Захи Хадид всегда удивительны и фантастичны. На рис. 9 и 10 показана внутренняя часть сооружения, представленного на рис. 8. Ее объекты связаны с тенденциями в архитектуре, которые используют самые разнообразные формы и материалы.



Рис. 9. Вид сбоку внутри «Dominion Tower», г. Москва



Рис. 10. Вид сверху внутри «Dominion Tower», г. Москва

Захи Хадид – одна из самых известных современных архитекторов в мире. Всем известны ее творения, такие как, опера в Гуанчжоу (2010 год), центр Гейдара Алиева в Баку (2012 год), центр водных видов спорта в Лондоне (2011 год), национальный музей искусств XXI века в Риме (2010 год), музей транспорта в Глазго (2011 год), центр Sky SOHO в Шанхае (2014 год).

Многие архитекторы используют природные формы различных объектов при проектировании своих зданий [13], [19] – [21].

Оно должно быть прочным, устойчивым и гармонично вписываться в окружающую среду. Инженер лишь смотрит на природный объект и видит те рациональные его элементы и структуры, которые будут оптимальными для рассматриваемого строительного сооружения.

## ВЫВОДЫ

Развитие архитектурной бионики дает возможность применять в строительных конструкциях и сооружениях принципы организации, форму и структуру объектов окружающей нас природной среды.

Необходимо уделять больше внимания изучению самих растительных и биологических объектов. И далее устанавливать принципы, на которых можно совершенствовать строительные конструкции с учетом закономерностей строения изученных объектов природы.

Поиск оптимальных вариантов создания комплексов с природными структурами в строительстве сооружений с точки зрения архитектурной бионики актуален, особенно в наше время.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кушнер М. Будущее архитектуры. 100 самых необычных зданий. – М.: АСТ, 2016. – 176с.
2. Трубе Г. Путеводитель по архитектурным формам. – М.: Архитектура – С, 2014. – 216 с.
3. Villesenor D. Architecture and nature. – New York: Rizzoli, 2015. – 334 p.
4. Лебедев Ю.С. Архитектурная бионика./ Ю.С. Лебедев, В.И. Рабинович, Е.Д. Положай. – М.: Стройиздат, 1990. – 269 с.
5. Лебедев Ю.С. Архитектура и бионика. – М.: Стройиздат, 1977. – 224 с.
6. Жерарден Л. Бионика. – М.: Мир, 1971. – 232 с.
7. Маяцкая И.А., Краснобаев И.А. Оптимизация композитных конструкций на основе анализа строения растительных объектов.//Научное обозрение. 2013. №2. С.176-178.
8. Раздорский В.Ф. Архитектоника растений. – М.: Советская наука, 1955. – 432 с.
9. Маяцкая И.А., Демченко Д. Б., Шевцов П.А. О возможности совершенствования сетчатых пластин и оболочек с учетом бионических принципов.// Региональная архитектура и строительство, 2016.– № 2(27), С.137-145.
10. Маяцкая И.А. О возможности совершенствования строительных конструкций с учетом бионических принципов.// Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер. Строительство и архитектура, 2016.– Вып. 45(64), С.27-36.
11. Васильков Г. В. Эволюционные задачи строительной механики. Синергетическая парадигма. – Ростов н/Д.: ИнфоСервис, 2003. – 180 с.
12. Васильков Г. В. Эволюционная теория жизненного цикла механических систем: Теория сооружений. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. –320 с.
13. Гнедич П.П. Мировая архитектура. – М.: Эксмо-Пресс, 2012. –240 с.
14. Хенсберген Г.В. Гауди – тореадор искусства. – М.: Эксмо-Пресс, 2002. –358 с.
15. Рябушин А.В. Заха Хадид. Вглядываясь в бездну. – М.: Архитектура – С, 2007. – 336 с.
16. Hadid Z, Betsky A. Zaha Hadid: The complete buildings and projects. – London: Thames & Hudson Ltd, 1998. – 176 p.
17. Hadid Z. Zaha Hadid. – New York: Skira Rizzoli Publications, 2013. – 106 p.
18. www.zaha-hadid.com – официальный сайт архитектора Захи Хадид.

19. <http://green-dom.info> – официальный сайт «Зеленый дом».

20. Mount C, Deitch J. A new sculpturalism: contemporary architecture from Los Angeles. – New York: Skira Rizzoli Publications, 2013. – 272 p.

21. Material innovation: architecture. – London: Thames & Hudson Ltd, 2014. – 224 p.

### REFERENCES

1. Kushner, M. the Future of architecture. 100 of the most unusual buildings. – М.: AST, 2016. – 176с.
2. The tube G. the Guide to architectural forms. – Moscow: Architecture – S, 2014. – 216 с.
3. Villesenor D. Architecture and nature. – New York: Rizzoli, 2015. – 334 p.
4. Lebedev Yu. s. Architectural bionics./ Y. S. Lebedev, V. I. Rabinovich, E. D. Polozhai. – М.: Stroyizdat, 1990. – 269 с.
5. Lebedev Y. S. Architecture and bionics. – М.: Stroiizdat, 1977. – 224 с.
6. Gerardin L. Bionics. – М.: Mir, 1971. – 232 с.
7. Mayaki, I. A., Krasnobaeв I. A. Optimization of composite structures based on the analysis of the structure of the plant.//The scientific review. 2013. No. 2. P. 176-178.
8. Razdorskaya V. F. Architectonics of plants. – М.: Soviet science, 1955. – 432 с.
9. Mayaki, I. A., Demchenko D. B., Shevtsov, P. A. About the possibility of improving the mesh plates and shells subject to the bionic principles.// Regional architecture and construction, 2016.– № 2(27), p. 137-145.
10. Mayaki, I. A., On possibilities of improvement of building structures subject to bionic principles.// Bulletin of Volgograd state University of architecture and construction. Ser. Construction and architecture, 2016.– Vol. 45(64), Pp. 27-36.
11. Vasilkov G. V. the evolution of the problem of structural mechanics. Synergetic paradigm. – Rostov n/D.: infoservis, 2003. – 180 с.
12. Vasilkov G. V. Evolutionary theory of life cycle of mechanical systems: Theory of structures. – М.: Publishing house LKI, 2008. -320 с.
13. P. P. Gnedich World architecture. – М.: Eksmo-Press, 2012. -240 с.
14. Hensbergen G. V. Gaudi – the bullfighter art. – М.: Eksmo-Press, 2002. -358 с.
15. Rabuchin A.V. Zaha Hadid. Staring into the abyss. – Moscow: Architecture – S, 2007. – 336 с.
16. Hadid Z, A. Betsky Zaha Hadid: The complete buildings and projects. – London: Thames & Hudson Ltd, 1998. – 176 p.
17. Z. Hadid Zaha Hadid. – New York: Skira Rizzoli Publications, 2013. – 106 p.
18. www.zaha-hadid.com – the official website of Zaha Hadid.
19. <http://green-dom.info> – official site Green house.
20. Mount C, Deitch J. A new sculpturalism: contemporary architecture from Los Angeles. – New York: Skira Rizzoli Publications, 2013. – 272 p.
21. Material innovation: architecture. – London: Thames & Hudson Ltd, 2014. – 224 p.

OPTIMALITY OF CONSTRUCTIONS FROM THE POINT OF VIEW OF ARCHITECTURAL BIONICS

Mayatskaya I.A., Yazyeva S.B., Yazyev B.M.

**Summary.** In this paper are considered the issues of improving the building structures on the basis of the analysis and optimization of the structure of the laws of natural objects. Achievements architectural bionics allow us to find the rational design and apply the principles of the organization, properties, functions and structure of nature. In this study, attention is paid to the search for optimal designs from the point of view of architectural bionics.

**Key words:** model, object, structure, form, structure, architecture, bionics, optimality.



## СИНТЕТИЧЕСКИЙ ОБРАЗ АРХИТЕКТУРНЫХ И СКУЛЬПТУРНЫХ ФОРМ В ДВОРЦОВЫХ АНСАМБЛЯХ КРЫМА

Максименко А.Е., Малаховская А.И.

ФГОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры.

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181

e-mail: maksimenko\_alexs@mail.ru,

alina\_malakhovskaya@mail.ru

**Аннотация.** Изучение и оценка историко-культурного наследия дворцовых ансамблей Крыма для возрождения старых и выработке новых методов и подходов к созданию биосферосовместимой среды, повышающей творческий потенциал личности, её духовный и культурный уровень развития, нравственности, самосознания и патриотизма.

Цель работы: на примере исторических тенденций и уроков паркостроения дворцовых ансамблей Крыма выявить основные закономерности создания единых архитектурно-ландшафтных ансамблей, как цельных и эффективно действующих зон биосферной совместимости, стимулирующих культурно-эстетическое развитие и духовное воспитание биосферосовместимой личности

**Ключевые слова:** историко-культурное наследие, парки и памятники дворцовых ансамблей Крыма, биосферная совместимость, духовное, культурно-эстетическое, нравственное и патриотическое воспитание, биосферосовместимая личность

### ВВЕДЕНИЕ

Отличительной чертой синтетического образа архитектурных и скульптурных форм являются исключительная емкость содержания и диапазон восприятия.

Скульптура с ее конкретно-изобразительной спецификой помогает раскрыть идею архитектурного произведения. Кроме того, комбинация архитектурных и скульптурных форм, открывает перед нами совершенно новые возможности решения тектонических, ритмических, масштабных и прочих композиционных задач. Это все формирует основу для создания качественно нового образа, содержащего элементы синтетичности.

Архитектура с давних времен активно использовала свойства синтетического искусства.

Синтез архитектуры и скульптуры проявляется в разнообразных формах, от почти полного слияния архитектуры со скульптурой, когда пространственное и архитектурное начало в архитектуре менее выражено, чем пластическое и изобразительное (рис.1) до потери скульптурой изобразительных пластических свойств и переход ее в сочетание конструктивных элементов (рис.2).



Рис. 1 Храм в Камбодже



Рис. 2 «Легкое приземление» скульптор Кеннет Снельсон

Совершеннейших форм единение скульптуры и архитектуры достигало в те века, когда скульптура в полной мере обладала свойствами пластичности и изобразительности, а архитектура - пространственности и архитектурности. Архитектура Египта, античной Греции и Рима, готики, ренессанса и классицизма представляет лучшие образцы такого сочетания.

Одной из особенностей современной европейской архитектуры явилось ослабление взаимосвязи между архитекторами, скульпторами и художниками, что в результате привело к потере тех знаний, которые были плодом многовековой традиции совместного творчества. В результате все сводилось к тому, чтобы украсить фасад, сделать его более пышным.

Известно, что в периоды подъема архитектуры скульптура преимущественно использовалась в композиции архитектурных сооружений, выделяющихся на фоне других и имеющих общественный характер: храмов, театров, дворцов, жилых домов знати. В таких зданиях скульптура

была одним из средств, помогающих выделить здание наряду с другими архитектурно-пространственными выразительными средствами. Одним из признаков мастерства архитекторов всегда считалось умеренное применение ими сильно действующих выразительных средств.

При взаимодействии скульптуры и архитектуры скульптура представляет здесь контрастное начало: ее изобразительные возможности, психологическая выразительность, своеобразие силуэтной и светотеневой трактовки - все это необычайно остро противостоит архитектуре; однако существует грань, за которой скульптурный образ начинает казаться мало значащим, движение - случайным, а выражение лица - гримасой. Это происходит в том случае, если движения и эмоции показаны в процессе становления, в частностях, а не в общем, т. е. когда скульптурный образ решен слишком индивидуально и носит скорее станковый характер, он недостаточно обобщен и не монументален. Однако если чрезмерно обобщать скульптуру, лишая ее своих особенностей, она становится слишком похожа на архитектурный элемент, и теряется сам смысл применения скульптурной формы в архитектурной композиции.

### **АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ**

Обширен круг публикаций, посвященных рекомендациям и предложениям по принципам формообразования в нелинейной архитектуре, выявлению процесса взаимодействия природы и города в рамках ландшафтного урбанизма, важности применения правильного цветового решения при формировании среды, подбору растений для создания гармоничного ландшафтного пространства. Отметим некоторые из них: Шитикова В.Н. «Сады и парки Крыма: история и современность» [1], «Сельский парк» [2], «Экологический сад» [3], «Крымский стиль в вертикальном озеленении в конце XIX – начала XX веков» [4], Крамаренко К.А., Бабеев К.В. «Принципы формообразования в нелинейной архитектуре» [5], Сидорова В.В., Безмен Е.В. «Ландшафтный урбанизм современного города» [6], Приймак Т.А., Ковалев В.Я. «Средства ландшафтного дизайна в формировании фитосреды зимнего сада» [7], Лавлинская И.А. «Специфика формирования садово-парковых объектов Южного берега Крыма» [8], «Специфические закономерности композиционного построения парка в условиях рельефа Южного берега Крыма» [9], «Структура природного ландшафта Южного берега Крыма как формообразующий фактор садово-парковой композиции» [10].

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

При подготовке данной работы стояла задача проанализировать взаимосвязь архитектурных и скульптурных форм в дворцовых ансамблях Крыма.

Цель работы: на примере исторических тенденций и уроков паркостроения дворцовых ансамблей Крыма выявить основные закономерности создания единых архитектурно-ландшафтных ансамблей, как цельных и эффективно действующих зон биосферной совместимости, стимулирующих культурно-эстетическое развитие и духовное воспитание биосферосовместимой личности.

### **ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ С РЕЗУЛЬТАТАМИ И ИХ АНАЛИЗОМ**

Нет сомнения в том, что совместная работа архитектора и скульптора должна начинаться на стадии подготовки архитектурного проекта.

Форма – понятие многозначное. В искусстве и архитектуре понятие формы часто относится к формальной структуре – способу расположения и сочетания элементов и частей композиции, составляющих единое целое [11].

Скульптура в архитектурных формах применяется очень широко: от дальних подходов к зданию до интерьера.

При подготовке проекта с участием скульптурной формы необходимо учитывать ряд условий. Например, принятие в расчет ситуационного плана. Здесь важно такое понятие, как композиционное единство. Скульптурная форма может играть важную роль в формировании ансамбля, однако применение ее в двух соседних зданиях, не имеющих тенденции к образованию ансамбля, не имеет смысла. Однако выделение здания при помощи скульптуры из нейтрального архитектурного сооружения окажется выигрышным.

Также не рекомендуется применять скульптуру в случаях, когда функциональное назначение здания не позволяет выделить место, удачное с точки зрения восприятия, для ее постановки. Здесь важным является пропорция. Так, например, хотя портал и служит лучшим местом для установки фланкирующих скульптур, не будет иметь смысла их установка, если по условиям назначения портал не имеет достаточных размеров.

Применяя в композиции скульптурную форму, архитектор должен иметь в виду, что она может оказать большее влияние на масштабное восприятие здания.

В зданиях со ступенчатым силуэтом, скульптурная форма, завершая нижний уступ, смягчает переход к верхнему уступу. Однако при расположении окон у основания верхнего уступа скульптуры размещать не следует.

Кроме того, если фасад здания выходит на северную сторону, то применение скульптурного рельефа весьма затруднено, а иногда и невозможно, так как при плохом естественном освещении рельеф не бросает теней и не выразителен.

Конечно, важным является вопрос выбора материалов для выполнения скульптурной формы, участвующей в композиции здания. Эта палитра разнообразна: это различные породы камня –

твердые (гранит, лабрадорит, порфир, габбро), мягкие (известняк, песчаник, мрамор, мраморовидный известняк); металл разных видов, от чеканной выколотки меди до белого листового железа; это новые материалы – бетон, литой искусственный камень, нержавеющая сталь, сочетание различных материалов. Использование достижений науки в этой области, например, методов металлизации, вакуумного напыления, позволяет значительно удешевить производство металлических скульптур. Также необходимо учитывать все особенности этих материалов: их вес, возможности обработки, цвет, фактуру, прочность, зависимость от атмосферных явлений и даже стоимость. К примеру, в закрытых частях здания возможно применять гипс для рельефа, поскольку он дает большие теневые проявления и более глубокие теневые западания, по сравнению с мрамором.

Вместе со скульптором архитектор должен решать вопрос о размере скульптурной формы.

В случаях, когда скульптура устанавливается на сооружении на большой высоте, возникает проблема, связанная с оптической деформацией. Существуют различные средства исправления таких искажений, например, можно незначительно наклонить фигуру вперед, удлинить верхнюю часть тела, увеличить голову. При выборе средства необходимо ориентироваться на ситуационный план, определяя из какой точки данное сооружение чаще всего наблюдается.

Объектами восприятия являются сложная фактура цвета поверхности фасада, воспринимаемая вблизи и чередование элементов фасада воспринимающееся со среднего расстояния, и крупные элементы объемов зданий, вид на которые раскрывается с отдаления [12]. Если сооружение чаще всего наблюдается со значительного расстояния, то правок можно избежать.

Одним из основных художественных средств произведений монументально - декоративного искусства является декоративность.

Под декоративностью следует понимать совокупность художественных свойств, выстраивающих ту свойственную архитектурному произведению концепцию, которая должна присутствовать в скульптурной композиции, включенной в композицию здания. Это может быть сознательно примененное ритмическое чередование освещенных и затемненных частей в рельефе, выразительность природной фактуры материалов или геометрически определенная форма, в которую зрительно вписывается скульптурная группа, и т.д. Сложно представить себе венчающую группу из двух рядом стоящих фигур разных по размеру. Это не означает, что скульптурные образы рельефа следует подчинять узору, но в какой-то форме этот узор должен ощущаться. Этим в скульптурную композицию вносится закономерное начало.

Важное место в размещении скульптур занимает тектоническая характеристика здания. Например, скульптура, размещенная на несущих частях, являющаяся контррельефом или очень низким

барельефом, отличается от скульптуры заполняющих частей – горельефа, например, тимпанов.

Скульптурный образ строится на основе сознательного использования таких условий тектоники, которые представляет архитектурная среда.

Богатство исторических образов, легенд, природного ландшафта придавали индивидуальность и эстетическую глубину Крымскому полуострову. Примером тому является семантика и образная логика планировки Алушкинского парка, где слились в единое целое архитектурные постройки с окружающей природной средой и, впоследствии, были оценены как лучшие достижения отечественного и европейского зодчества начала XIX века. Центром композиции садового-паркового комплекса стал дворец, что было свойственно культуре паркостроительства эпохи Просвещения. (рис. 3)



Рис. 3 Алушкинский дворец

Разбивка ландшафта подчинена сохранению естественного пейзажа с обустройством видовых точек. Композиционная доминанта в планировочном решении отводилась Большому дворцу.

Эклектика, которая заложена в архитектурном образе Воронцовского дворца, чудесным образом вписалась в самобытность Крымского побережья и впоследствии нашла свое отражение в многочисленных особняках классического, готического, мавританского стилей. Вертикальная планировка парковых зон перекликалась с образами итальянских террасированных садов, но с сохранением естественной пространственной среды.

Парк разбивался с характерными чертами «пейзажей настроения», уголками мифических времен античности, элементами восточных и мавританских мотивов.

Малые архитектурные формы: классические колонны, вазы, «беломраморные массивные скамьи», мраморные раковины, античный саркофаг с барельефами, «мраморные вазы с кустами алое», фонтаны – все это в дальнейшем найдет воплощение в артефактах парков южного побережья. А львиные террасы принесут мировую славу Алушкинскому дворцово-парковому ансамблю и его создателю.

Композиционный прием, пейзажный стиль, сегментические образы Алушкинского парка нашли свое отражение в организации пространственной среды Ливадийского (рис. 4) и Массандровского дворцово-парковых комплексов (рис. 5), Нижней

Ореанде, парке Форос, Дюльбер, Меласс, в Мисхорском парке. Примером современной ландшафтной планировки в романтическом стиле может служить парк «Парадиз», расположенный на крутых склонах амфитеатра небольшой бухты в поселке Партенит.

Эклектика в архитектурных строениях и малых архитектурных форм гармонично вписывается в культуру Крымского пейзажа, подчеркивая глубинные исторические корни полуострова [1].



Рис.4 Ливадийский дворец



Рис. 5 Массандровский дворец

## ВЫВОДЫ

Таким образом, до сих пор расположение скульптур было подчинено определенной логике, следовавшей из привычных представлений о материале и конструкциях.

Для новых материалов и конструкций, не успевших еще получить закономерные тектонические характеристики, целый ряд представлений оказывается неверным, целый ряд приемов - архаичным. Так, например, трудно представить себе нишу в современной тонкой стене; не рационально располагать декоративные маски на месте, где нет никаких замковых камней. Безусловно, со временем в архитектуре сформируются новые закономерные приемы применения скульптуры, но осуществиться это может лишь тогда, когда современная архитектура пополнится разнообразной палитрой архитектурно выразительных средств. Синтез архитектуры и скульптуры является сильнейшим художественно - выразительным средством.

Сегодня наблюдается повышение интереса к скульптуре как к средству образного выражения.

Однако развитию подлинного синтеза архитектуры и скульптуры мешает то, что искусство в большей степени заражено формализмом. В архитектуру привлекается «беспредметная» скульптура, которая не может решить задач «доказывания» идеи содержания, ее широкого раскрытия, составляющего важнейшую задачу синтеза в эпоху его расцвета.

Творческое содружество, согласованность архитекторов, скульпторов и инженеров зеленого строительства, дополняя друг друга, помогут воссоздать единое гармоничное, художественное целое в рамках местных традиций и самобытности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шитикова В.Н. Сады и парки Крыма: история и современность // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр. - Симферополь: НАПКС, 2010. - Вып. 33-34. - С. 35-45.
2. Шитикова В.Н. Сельский парк // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр. - Симферополь: НАПКС, 2010. - Вып. 31. - С. 37-45.
3. Шитикова В.Н. Экологический сад // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр. - Симферополь: НАПКС, 2011. - Вып. 38. - С. 21-29.
4. Шитикова В.Н. Крымский стиль в вертикальном озеленении в конце XIX – начала XX веков // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр. - Симферополь: НАПКС, 2012. - Вып. 42. - С. 10-15.
5. Крамаренко К.А., Бабеев К.В. Принципы формообразования в нелинейной архитектуре // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр. - Симферополь: НАПКС, 2011. - Вып. 36. - С. 16-23.
6. Сидорова В.В., Безмен Е.В. Ландшафтный урбанизм современного города // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр. - Симферополь: НАПКС, 2011. - Вып. 36. - С. 23-30.
7. Прийматюк Т.А., Ковалев В.Я. Средства ландшафтного дизайна в формировании фитосреды зимнего сада // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр. - Симферополь: НАПКС, 2011. - Вып. 3. - С. 65-69.
8. Лавлинская И.А. Специфика формирования садово-парковых объектов Южного берега Крыма // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр. - Симферополь: НАПКС, 2009. - Вып. 29. - С. 8-15.
9. Лавлинская И.А. Специфические закономерности композиционного построения парка в условиях рельефа Южного берега Крыма // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр. - Симферополь: НАПКС, 2010. - Вып. 30. - С. 10-18.
10. Лавлинская И.А. Структура природного ландшафта Южного берега Крыма как формообразующий фактор садово-парковой композиции // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр. - Симферополь: НАПКС, 2010. - Вып. 33-34. - С. 8-16.

11. Болячевский А.М. Влияние формы на формирование объемно-пространственной композиции высотного здания // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр. - Симферополь: НАПКС, 2010. - Вып. 33-34. - С. 3-7.

12. Галагановская В.С., Снатович А.А., Бескоровайная Я.Г., Казьмина А.И. Полихромия в формировании жизненной среды // Актуальные проблемы архитектуры, строительства и энергосбережения. Сб. науч. тр. - Симферополь: НАПКС, 2011. - Вып. 3. - С. 7-9.

#### REFERENCES

1. V. Shitikova N. Gardens and parks of Crimea: history and modernity // Construction and technogenic safety. SB. scientific. Tr. - Simferopol: NAPCS, 2010. - Vol. 33-34. - P. 35-45.

2. V. Shitikova N. Rural Park / Building and technogenic safety. SB. scientific. Tr. - Simferopol: NAPCS, 2010. - Vol. 31. - P. 37-45.

3. V. Shitikova N. Ecological garden / Building and technogenic safety. SB. scientific. Tr. - Simferopol: NAPCS, 2011. - Vol. 38. - P. 21-29.

4. V. Shitikova N. Crimean style to vertical gardening in the late XIX – early XX centuries // Construction and technogenic safety. SB. scientific. Tr. - Simferopol: NAPCS, 2012. - Vol. 42. - S. 10-15.

5. Kramarenko K. A., Babaev K. V. Principles of formation in nonlinear architecture / Building and technogenic safety. SB. scientific. Tr. - Simferopol: NAPCS, 2011. - Vol. 36. - S. 16-23.

6. Sidorov V. V., Bezmen V. E. Landscape urbanism the modern city / Building and technogenic safety. SB.

scientific. Tr. - Simferopol: NAPCS, 2011. - Vol. 36. - S. 23-30.

7. Primatic, T. A., Kovalev, V. Y. Tools of landscape design in the formation of filtered winter garden / Building and technogenic safety. SB. scientific. Tr. - Simferopol: NAPCS, 2011. - Vol. 3. - P. 65-69.

8. Lavlinsky I. A. specificity of the formation of Park and garden objects of the southern coast of Crimea

// Construction and technogenic safety. SB. scientific. Tr. - Simferopol: NAPCS, 2009. - Vol. 29. - S. 8-15.

9. Lavlinsky I. A. Specific patterns of compositional construction of the Park in terms of the relief of the southern coast of Crimea // Construction and technogenic safety. SB. scientific. Tr. - Simferopol: NAPCS, 2010. - Vol. 30. - S. 10-18.

10. Lavlinsky I. A. Structure of the natural landscape of the southern coast of the Crimea as a formative factor of landscape composition / Building and technogenic safety. SB. scientific. Tr. - Simferopol: NAPCS, 2010. - Vol. 33-34. - P. 8-16.

11. Balachowsky A. M. the influence of the shape on the formation of volume-spatial composition of a high-rise building/ Building and technogenic safety. SB. scientific. Tr. - Simferopol: NAPCS, 2010. - Vol. 33-34. - P. 3-7.

12. Galvanovska V. S., Catovic A. A., Beskоровainaya Y. G., Kazmin A. I. Polychrome in the formation of living environment // Actual problems of architecture, construction and conservation. SB. scientific. Tr. - Simferopol: NAPCS, 2011. - Vol. 3. - Pp. 7-9.

## A SYNTHETIC IMAGE OF ARCHITECTURAL AND SCULPTURAL FORMS IN THE PALACE ENSEMBLES OF THE CRIMEA

Maksimenko A. Y., Malakhovskaya A. I.

**Summary.** The study and evaluation of historical and cultural heritage of the palaces of the Crimea for the revival of old and development of new methods and approaches to the creation of biospherically environment that enhances the creative potential of personality, its spiritual and cultural level of development, morality, identity and patriotism.

The aim of the work: for example, historical trends and lessons of the natural palaces of Crimea to reveal the main regularities of creation of a unified architectural and landscape ensembles as an integral and efficiently operating zones of biosphere compatibility, stimulating cultural development and spiritual education of the individual biospherically

**Key words:** historical and cultural heritage, parks and monuments, palaces of the Crimea, biosphere compatibility, spiritual, cultural, moral and Patriotic education, biospherically personality.



## ИСТОРИЯ ВЫСОТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РОССИИ. ИСТОКИ И ПУТИ РАЗВИТИЯ

Луночкин С.А.

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

Адрес: г. Ростов-на-Дону, Социалистическая, 162

E-mail: lunochkin@bk.ru\*

**Аннотация.** В статье анализируется и обобщается информация о высотном строительстве в России и мире. Краткая историческая справка позволит сравнить и оценить этапы и тенденции развития современного и зарождающегося высотного строительства, оценить ближайшие перспективы развития отрасли.

**Ключевые слова:** высотное строительство, высотное здание, высота здания, небоскреб.

### ВВЕДЕНИЕ

Развитие высотного строительства в настоящее время является актуальным направлением как в России, так и во всех крупнейших странах и городах. В эпоху постиндустриального общества все больше и больше внимания уделяется сфере услуг, администрированию, финансам. Такой тренд развития вызывает высокую потребность в площадях для размещения компаний, занятых в этой сфере. Непрерывный подъем цен на земельные участки под строительство, особенно в деловых центрах, и определенные условия сохранения исторической застройки в городах значительно усложняют развитие офисных агломераций вширь. Высотные здания направляют вектор роста по вертикали, тем самым, оптимизируя землепользование и формируя многофункциональные комплексы, включающие в себя не только офисы, но и жилые, гостиничные, торговые, развлекательные помещения. Кроме того, такого рода постройки являются показателем престижа, высокого уровня технологий и экономической мощи как города, так и государства в целом.

### АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросу высотного строительства посвящено много научных трудов, освещающих эту тему с различных сторон. Одни носят общеисторический характер, другие описывают конструктивные и инженерные решения и особенности небоскребов, также можно выделить публикации, ориентированные на изучение творческих, стилистических и архитектурно-композиционных направлений. Большое внимание в своих работах авторы уделяют современным градостроительным проблемам возведения высотных зданий, основным методам и принципам проектирования, инновационным технологиям и материалам. В трудах анализируется существующая нормативная база для высотного строительства. Рассматриваются перспективы внедрения новых конструкций, методов расчета и проектирования, а также перспективы развития всей отрасли как в пределах нашего государства, так и в мировом масштабе.

### ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования заключается в анализе и оценке исторических фактов о высотном строительстве в России и мире.

Необходимо рассмотреть основные временные вехи высотного строительства и сравнить мировую историю возведения «высоток» и историю формирования данной отрасли в нашей стране. Изучить тенденции и характер возведения небоскребов в городах России и тем самым выявить лидеров и претендентов на звание самых «высоких» городов.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ АНАЛИЗ

Начало высотного строительства принято относить к концу XIX века. Родиной небоскребов по праву считаются США, где в 1870-х – 1880-х годах уровень развития технологий, индустриализации и потребность в расширении площадей жилья и офисов при меньшем охвате земельных участков в условиях высокой стоимости земли привели к росту зданий вверх. Таким образом по вертикали преумножалась площадь участка, занимаемая строением.

Первые «высотки» из кирпича и камня строить было экономически не выгодно и крайне трудозатратно. Основные проблемы были связаны с несовершенными методами расчетов, вследствие чего во время строительного-монтажных работ происходил перерасход строительных материалов для увеличения запаса прочности. Несостоятельность таких строений с несущими внешними и внутренними продольными и поперечными стенами проявлялась в том, что стены толщиной до 2-х метров в силу конструктивных особенностей препятствовали размещению помещений с большими площадями и установке большеразмерных окон на фасадах. Также проблемными являлись вопросы, связанные с устройством инженерных сетей (тепловодоснабжение, отопление и т.д.) и инженерного оборудования (безопасные лифты и

подъемники). Пример одного из первых небоскребов приведен на рисунке 1.

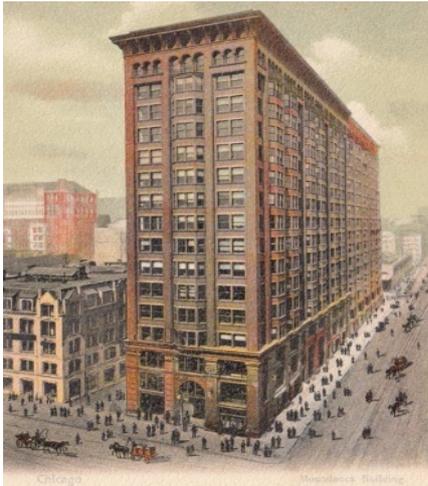


Рис.1 Монаднок-билдинг, США, Чикаго, 1891 г. Высота 60 метров (16 этажей)

На мировой арене высотные здания появлялись неравномерно в силу разного уровня технического развития и индустриализации государств. Современные «высотки» появились в Китае в 1920-х годах, в Великобритании в 1967, в Латинской Америке (Парк Централ Комплекс, Каракас, Венесуэла) в 1972, в ОАЭ история высотного строительства началась с Дубайского Всемирного торгового центра в 1979 году, в Японии в 1971 году.

В России на первом этапе высотное строительство носило культовый характер и началось с церквей. Так в XVI веке была построена в византийских традициях колокольня Ивана Великого при церкви Иоанна Лествичника (рисунок 2). Следующий рубеж пришелся на время правления Петра I. В 1724 году завершилось строительство Собора Петра и Павла на Заячьем острове, и с тех пор неотъемлемой частью высотных зданий в России стал шпиль. Также к дореволюционным постройкам относятся колокольня Воскресенского собора в Шуе (106 м), храм Христа Спасителя в Москве (103 м), восстановленный в 1990-е годы, а также Исаакиевский собор в Санкт-Петербурге, высота которого составляет 101,5 м. Далее следует отметить построенные в РСФСР сталинские высотки в Москве: Главное здание МГУ на Воробьевых горах – 240 м; Жилой дом на Котельнической набережной – 176 м (рисунок 3); Гостиница «Украина» - 206 м; Здание Министерства иностранных дел – 172 м; Жилой дом на Кудринской площади – 156 м; Административно-жилое здание возле «Красных Ворот» - 138 м; Гостиница «Ленинградская» - 136 м.

Далее с середины 1950-х годов произошел застой, и вновь активизировалось высотное строительство в конце 1960-х годов в Москве. В 1967 г. было завершено строительство Останкинской телебашни (533 м.) и высоток на Новом Арбате (менее 100 м). В 1968 г. было

построено 100-метровое здание Гидропроекта, в 1970 г. – здание СЭВ (ныне мэрия Москвы). В 1970–1980-е гг. в Москве было построено еще 8 зданий 100+, преимущественно для нужд научно-исследовательских организаций. Из них выделяется белоснежный корпус Дома Правительства России высотой 102 м (1980 г.).



Рис.2 Колокольня Ивана Великого на Соборной площади Московского Кремля, высота 81 метр



Рис.3 Жилой дом на Котельнической набережной, г. Москва

Первое здание высотой более 100 метров в современной России было завершено в 1995 г. – им стал небезызвестный офис Газпрома на ул. Намёткина в Москве (150 м, 35 этажей), но это скорее исключение. В 1990-е гг. в России высотки не строили. Таким образом, к началу XXI века в России насчитывалось 25 зданий 100+, и все они находились в Москве, кроме двух колоколен и собора в Петербурге и Шуе.

Следующий этап можно выделить, как новую эру российских небоскребов. Современное высотное строительство началось после кризиса 1998 г. Первыми новостройками стали три 115-метровые башни на Ленинском проспекте в Москве в квартале 32–33. Эти здания в т. н. «лужковском стиле», построенные компанией «Дон-Строй», стали первыми высотными элитными жилыми

комплексами. За пределами Москвы первым зданием 100+ стал офис банка «Уралсиб» в Уфе, построенный в 1999 г.

Высотное строительство в России в XXI веке имело три этапа, соответствующих развитию экономики в целом – до кризиса 2008 г., кризисные годы 2008–2010 гг. и с 2011 г. по настоящее время.

Для первого этапа были характерны безумные планы и идеи, находящие воплощение в крупнейших городах. Второй этап характеризовался замораживанием многих строек, особенно офисно-делового назначения. Третий этап отличают умеренное развитие высотного строительства, без грандиозных планов, завершение проектов, начатых в середине 2000-х гг. и отход от строительства офисно-деловых зданий в пользу высоток с апартаментами или многофункциональных зданий с преобладанием апартаментов.

На рубеже тысячелетий сложились достаточно благоприятные условия для высотного строительства, а именно: значительный общеэкономический рост в стране, потребность растущих крупных компаний в статусных офисах и в целом в качественных офисных помещениях, приход на отечественный рынок иностранных компаний, также привыкших размещаться в качественных офисах в небоскребах, рост спроса на статусное жилье в пределах города, амбиции отдельных городов по привлечению инвестиций через создание современных финансово-деловых центров, которые повсеместно называли Сити.

Далее так называемый Сити-бум охватил Красноярск, Иркутск, Нижний Новгород, Ростов-на-Дону, Сочи, Владивосток. До реализации проектов Сити дело дошло только в Екатеринбурге, Грозном и Волгограде. Одновременно в Москве был перезапущен оставшийся с начала 1990-х гг. проект создания ММДЦ «Москва-Сити». При этом в Екатеринбург-Сити, Грозный-Сити и Волгоград-Сити ныне действительны лишь кластеры преимущественно жилых зданий без комплексного освоения территории и общей инфраструктуры, как в классических современных «сити» (Дефанс в Париже, Кэнари-Уорф в Лондоне, Дунай-Сити в Вене).

Мировой финансовый кризис 2008 г. значительно остудил высотный бум. Строительство многих высотных зданий было заморожено, отдельные и ныне пребывают в состоянии вялотекущего строительства. Таковыми являются БЦ «М-Плаза» и «Оружейный» в Москве, БЦ «Свердловск» (бывшая «Призма») в Екатеринбурге, ЖК «Елена» в Саратове, ЖК «Акварин» во Владивостоке. Подлинным символом эпохи стал комплекс «Федерация» в Москве. История этого здания показательная и примечательна. Его образ, запоминающийся и оригинальный, был призван стать новой визитной карточкой России – разновысотные башни «Запад» и «Восток», а между ними связующий их 506-метровый шпиль. В декабре 2014 – залит последний куб бетона в монолитный каркас башни на 95-м этаже на высоте 364 метра.

С 2004 года можно отметить этап «гонки небоскребов» после того, как Главное здание МГУ в уступило титул самого высокого здания России жилому комплексу «Триумф Палас» (264 м). Поочередно первыми становились башня «С» комплекса «Башня на Набережной» (268 м), башня «Москва» комплекса «Город столиц» (302 м), башня «Меркурий Сити Тауэр» (339 м), башня «Южная» комплекса «Око» (ок. 350 м). Ныне самым высоким зданием в России и Европе является башня «Федерация» (364 м). Башня «Восток» комплекса «Федерация» обогнала «Южную» и стала наиболее высоким зданием России. Предполагалось, что это произойдет еще в 2008 г., но годы шли, а «Федерация» не строилась, уступая первенство своим соседям. В итоге она оказалась внутри целой рощи сверхвысоких зданий, тогда как изначально должна была некоторое время доминировать на небосклоне столицы. Особенностью этой гонки было превышение заявленной высоты зданий. Так, на несколько этажей больше, чем изначально планировалось, оказалось на башнях «Москва» и «Меркурий Сити Тауэр». «Южная» башня комплекса «Око» также имела первоначально меньшую высоту. Башню «Восток» комплекса «Федерация» тоже на 30 метров увеличили в процессе строительства. В результате в Москве появился район с такой концентрацией сверхвысоких зданий, которого нет нигде в мире (кроме района Дубай-Марайна).

Потенциальных претендентов на лидерство в России сейчас трое – «Лахта центр» в Петербурге (462 м), «Ахмат Тауэр» в Грозном (400 м), башня «Урал» в Екатеринбурге (380 м).

## ВЫВОДЫ

Изучив основные исторические вехи высотного строительства в России, следует отметить, что отставание в этой отрасли от ведущих мировых держав и в плане опыта, и в плане покоренных высот велико, но в то же время современные этапы строительства небоскребов показывают, насколько быстро растет интерес к высоткам в России, а вместе с тем и количество городов, ввязанных в эту гонку.

Опыт Москва-Сити показывает, что повышение высотности зданий, сведение к минимуму пешеходных и общественных пространств, в т. ч. озеленения в пользу парковки автомобилей, отказ от пешеходной улицы вокруг центрального ядра, низкое качество элементов благоустройства и другие проблемы ведут к падению качества городской среды и снижают качество отдельных зданий, которые практически невозможно полностью осмотреть.

Из этого следует, что помимо возведения самих высотных зданий и сооружений следует большое внимание уделять окружающему их пространству, а также на взаимное их расположение при непосредственной близости и формируемый ими ансамбль.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исаков, А.И. Высотное строительство в России / А.И. Исаков // Синергия наук. – 2016. – № 6. – С. 442-458.
2. Викторова, Л.А. Высотные здания-плюсы и минусы строительства / Л.А. Викторова // Архитектура и строительство России. – 2012. – № 10. – С. 2-11.
3. Зуева, П. П. Американский небоскреб: истоки и эволюция : дис. ... канд. archit. наук / П. П. Зуева. — Москва, 2009. — 257 с.
4. Ильина, Д.А. Высотное строительство России на рубеже веков / Д.А. Ильина // Мегapolis. Все о недвижимости. – 2015. – № 1. – С. 14-19.
5. Абрамсон, Л.А. Развитие строительства высотных зданий / Л.А. Абрамсон // Жилищное строительство. – 2005. – № 10. – С. 14-28.
6. Жаворонкова, О.Я. Из истории высотного строительства / О.Я. Жаворонкова // Строительство – формирование среды жизнедеятельности. – 2015. – С. 68-71.
7. Матейко, А.О. История развития и современные тенденции в высотном строительстве / А.О. Матейко // Градостроительство и архитектура. – 2016. – № 3 (24). – С. 74-78.
8. Васькин, А.А. К истории строительства в Москве высотных зданий в 1947-1955 гг. гостиница «Ленинградская» / А.А. Васькин // Исторические науки. – 2007. – № 1. – С. 7-8.
9. Васькин, А.А. К истории строительства в Москве высотных зданий в 1947-1955 гг. гостиница «Украина» / А.А. Васькин // Исторические науки. – 2007. – № 1. – С. 9-10.
10. Васькин, А.А. К истории строительства в Москве высотных зданий в 1947-1955 гг. Жилой дом на Кудринской улице / А.А. Васькин // Исторические науки. – 2007. – № 3. – С. 7-9.
11. Матейко, А.О. Периоды развития и современные тенденции высотного строительства / А.О. Матейко // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Градостроительство. – 2016. – С. 303-305.
12. Попова, Д.В. Высотные здания: Истоки и современность / Д.В. Попова // Современные

научные исследования и инновации. – 2016. – № 12 (68). – С. 1316-1318.

## REFERENCES

1. Isakov, A.I. High-altitude construction in Russia / A.I. Isakov // Synergy of Sciences. – 2016. – № 6. – С. 442-458.
2. Viktorova, L.A. High-rise buildings-the pros and cons of construction / L.A. Viktorova // Architecture and construction of Russia. – 2012. – № 10. – С. 2-11.
3. Zueva, PP American skyscraper: origins and evolution: dis. ... cand. architect. Sciences / PP Zueva. - Moscow, 2009. — 257 c.
4. Il'ina, D.A. High-rise construction of Russia at the turn of the century / D.A. Ilyin // Megapolis. All about real estate. – 2015. – № 1. – С. 14-19.
5. Abramson, L.A. Development of high-rise buildings / L.A. Abramson // Housing construction. – 2005. – № 10. – С. 14-28.
6. Zhavoronkova, O.Ya. From the history of high-rise construction / O.Ya. Zhavoronkova // Building - formation of living environment. – 2015. – С. 68-71.
7. Matejko, A.O. History of development and modern trends in high-rise construction / A.O. Matejko // Urban Development and Architecture. – 2016. – № 3 (24). – С. 74-78.
8. Vaskin, A.A. Toward the history of building high-rise buildings in Moscow in 1947-1955. hotel "Leningradskaya" / A.A. Vas'kin // Historical Sciences. – 2007. – № 1. – С. 7-8.
9. Vaskin, A.A. Toward the history of building high-rise buildings in Moscow in 1947-1955. hotel "Ukraine" / A.A. Vas'kin // Historical Sciences. – 2007. – № 1. – С. 9-10.
10. Vas'kin, A.A. Toward the history of building high-rise buildings in Moscow in 1947-1955. Residential house on Kudrinskaya street / A.A. Vas'kin // Historical Sciences. – 2007. – № 3. – С. 7-9.
11. Matejko, A.O. Periods of development and modern trends in high-altitude construction / A.O. Matejko // Traditions and innovations in construction and architecture. Urban Development. – 2016. – С. 303-305.
12. Popova, D.V. High-rise buildings: Origins and modernity / D.V. Popova // Modern scientific research and innovations. – 2016. – № 12 (68). – С. 1316-1318.

## HISTORY OF ALTITUDE CONSTRUCTION IN RUSSIA. SOURCES AND WAYS OF DEVELOPMENT

Lunochkin S.A.

**Summary.** The article analyzes and summarizes information on high-rise construction in Russia and the world. A brief historical background will allow us to compare and assess the stages and trends in the development of modern and emerging high-rise construction, and assess the nearest prospects for the development of the industry.

**Key words:** high-rise building, building height, skyscraper.

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ЛАНДШАФТНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ.

И.В. Кашина<sup>1</sup>, Головань Ю.И.<sup>2</sup>

Академия строительства и архитектуры, ФБГОУ ВО ДГТУ

Адрес: г.Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

<sup>1</sup>e-mail: akbca84@yandex.ru<sup>2</sup>e-mail: y.golovan@outlook.com

**Аннотация.** В настоящее время уделяется все больше внимания научной обоснованности проектирования, детальному анализу социальных, функционально-планировочных, ландшафтно-экологических аспектов. Можно выделить ряд основных тенденций развития садово-паркового искусства конца 20-начала 21 века, основываясь на мировом опыте ландшафтного проектирования.

**Ключевые слова:** зеленая архитектура, ландшафтное проектирование, садово-парковое искусство, крыши-сады.

**ВВЕДЕНИЕ**

Время не стоит на месте. Вместе с ним развивается и общество с его новыми потребностями в различных отраслях. Конечно, волной зацепило и ландшафтное проектирование, которое помимо эстетических аспектов, также касается и экологической стороны, что играет важную роль в современном обществе. Всего лишь 20 лет назад в наших городах были неухоженные газоны и малое количество цветников. Но сегодня мы можем любоваться великолепными парками, изящными садами на крышах причудливыми формами кустарников, свисающими лианами и «живыми» стенами.

**АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ**

Основываясь на мировом опыте ландшафтного проектирования можно проанализировать множество новых, интересных тенденций и направлений в озеленении как ландшафта, так и сооружений. Исследование и структуризация теоретических концепций опирается на системный подход в описании предпосылок ландшафтного проектирования и выявлении нового оптимального синтеза архитектуры с природой на основе анализа зарубежного проектирования.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ**

Для начала необходимо разобраться в том, какие виды озеленения вообще существуют. Рассмотрим классификацию озеленения приведенную в таблице №1.

Таблица №1.

Горизонтальное	Вертикальное	
Озеленённые территории общего пользования	По приемам	Сплошное
		Частичное
Озеленённые территории ограниченного пользования	По композиции	Функциональный принцип подбора
		Экологический принцип подбора
		Декоративный принцип подбора
Озеленённые территории специального назначения	По принципу работы	Модульная система
		Войлочная система
		Контейнерная система

**К озеленению территорий общего пользования** относятся территории, которые доступны абсолютно каждому жителю, например, парки культуры и отдыха, детские, спортивные парки т.д.

**Озеленение территории ограниченного пользования** включает в себя территории, предназначенные для занятий спортом или игр детей, занятий по специальным предметам, для различных процедур либо отдыха работников определенного предприятия.

**Озеленённые территории специального назначения** —предназначены для защиты окружающей среды от неблагоприятного воздействия промышленных зон или загазованности проезжей части. Высаживаются растения основываясь на том, от чего необходимо оградить, защитить территорию. Например, от ветра, загрязнений, шума, дыма, огня, снежных или песчаных бурь и прочее.

Эволюция озеленения претерпела множество изменений от фантастических Висячих садов Семирамиды до грандиозных оранжерей в Сингапуре. Современное ландшафтное проектирование приобрело новую направленность. Во-первых, искусственный ландшафт дополняется природными компонентами, например, геопластика

ландшафта то есть изменение ландшафта земли искусственно. На самом деле, этот прием использую с давних времен, но наибольшую популярность и успех он приобрел в наше время. С помощью геопластики можно создавать различные формы рельефа, используя свою фантазию в полной мере.



Рис.1 «Холмы жизни» в саду Юпитера. Шотландия»

Источник: <http://landiz.com/sady-i-parki-mira/item/130-xolmy-zhizni-v-sadu-yupitera-shotlandiya>

Еще одна из тенденций современного садово-паркового искусства является экономия пространства в связи с быстрым ростом городов, в следствии чего озеленение размещается на крышах зданий или на их стенах. Этот способ озеленения имеет очень много положительных сторон. Таких как, эстетический аспект. Ведь жизнь в бетонных «джунглях» оказывает негативное влияние на психофизическое состояние человека. Также очень

важным аспектам является очищение воздуха, создание благоприятного микроклимата, защита зданий от УФ-лучей, что способствует повышению долговечности кровли в 3-4 раза, снижение уровня шума, Пожароопасность засчет слоя почвы, Природный теплоизолятор-позволяет экономить отоплении и охлаждении дома, Дополнительная зона отдыха в случае, если кровлю сделать эксплуатируемой.



Рис. 2 «Школа FPT Technology Building», Ханой, Вьетнам

Источник: <https://yandex.ru/collections/card/58c7ec3977f31a0081b9e53b/>



Рис. 3 «Дом в Калифорнии, архитектор Микей Мюннинг (Mickey Muennig)»  
Источник: <http://www.internimagazine.ru/menu/arkhitektoora/17040-vozvraschenie-v-edem/>

Так же экономия ландшафта заключается в освобождении ландшафта от застройки, также называемое «эстетизм» ландшафта. Освобождение происходит за счет размещения сооружения под землей. В этом случае большая часть помещения закрыта растениями, открыта лишь та часть, где необходимо освещение. Это создает максимальную близость к природе и гармонию с окружающей средой, что является своеобразным трендом в современном обществе.

Очень интересным веянием в садово-парковом искусстве стало создание мини-парков в больших

архитектурных объектах. То есть теперь вы можете встретить красивый парк не только на привычном нам открытом ландшафте, но и, например, в здании вокзала.

Так самый красивый вокзал в мире «Аточа» или самый «зеленый» вокзал, который находится в Мадриде, восхищает свои видом. В самом центре станции на площади около четырех тысяч квадратных метров расположился настоящий тропический сад, в котором находится порядка семи тысяч растений, а также водоем, в котором живут рыбы и черепахи.



Рис. 4 «Вокзальный комплекс Аточа (Estacion de Atocha Atocha) Мадрид, Испания  
Источник: <http://www.mirkrasiv.ru/articles/zheleznodorozhnyi-vokzal-atocha-estacion-de-atocha-v-madride-prevraschenyi-v-tropicheskii-sad-ispaniya.html>



Рис. 5 «Сад стекла» в пригороде Лос-Анджелеса  
Источник: <https://hozyaistvo.com/articles/234-sad-stekla.html>

В современном ландшафтном проектировании стало популярным использование новых материалов таких как бетон, цветное стекло, текстиль и прочих. Самым эффектным примером такого веяния является «Сад стекла» в пригороде Лос-Анджелеса, пейзаж которого сделан с использованием дробленного стекла. «Сад Стекла» - превосходный образец внедрения стекла в ландшафт и один из примеров нового течения в садово-парковом искусстве.

Также очень много примеров с использованием бетона в ландшафтном проектировании. Малые архитектурные формы из бетона долговечны и декоративны, весьма выразительно выглядят бетонные дорожки.

В конце XX века появилось множество примеров возврата в садово-парковом искусстве к традициям Древнего мира и Средневековья. Так широко применяются внутренние дворы как места деловых встреч, уголков для уединенного отдыха, площадки для кафе. Популярным стало оформление дворов по принципу патио

Также расширились и стили в садово-парковом искусстве. Особое место занимает абстрактное направление. Например, один из «оазисов» крупного делового центра во Франкфурте (Германия) решен в виде электронных схем, рисунок его дорожек, цветовое решение мощения, установка декоративной подсветки и даже мебель действительно напоминают радиодетали и ассоциируются с какими-то электронными приборами.

## ВЫВОДЫ

Итак, исходя из изученного мирового опыта можно выделить основные тенденции в развитии ландшафтного проектирования. Во-первых, это

экологизация садово-парковых объектов путем сохранения или воссоздания природной основы ландшафта там, где это возможно. Также это использование возможностей современного научно-технического прогресса: ландшафтная рекультивация нарушенных территорий, создание садов на и под крышей, формирование искусственных водоемов и рельефа. Появление новых видов озеленения на производственных площадках, заводах с особой технологией, предъявляющей повышенные требования к окружающей среде, при научных учреждениях, сложных транспортных узлах. Также усложнение и развитие систем озеленения связанное с ростом городов, появление новых стилей в ландшафтной архитектуре и сочетание различных материалов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эволюция вертикального озеленения. (Электронный курс).-Режим доступа: [http://archvuz.ru/2012\\_22/75](http://archvuz.ru/2012_22/75)
2. Памятники садово-паркового искусства. (Электронный курс).-Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
3. Рубцов Л. И. Проектирование садов и парков. — М.: Стройиздат, 1979. — 188 с.
4. Курбатов В. Я. Всеобщая история ландшафтного искусства: Сады и парки мира. — М.: Эксмо, 2007. — 736 с. — 5 000 экз. — ISBN 978-5-699-19502-2.
5. Современные тенденции в ландшафтной архитектуре и их связь с выставками, (Электронный курс).-Режим доступа: <https://www.rae.ru/forum2012/266/1413>

6. <http://fishki.net/2077110-neverojatnye-sooruzhenija-postroennye-pod-zemlej.html> Невероятные сооружения, построенные под землей

7. Ландшафтное проектирование. (Электронный курс).-Режим доступа: <http://www.proeklandshaft.ru/land/category/istoricheskij-opyt-landshaftnogo-proektirovaniya>

#### REFERENCES

1. Evolution of vertical gardening. (Electronic course) .- Access mode: [http://archvuz.ru/2012\\_22/75](http://archvuz.ru/2012_22/75)

2. Monuments of landscape art. (Electronic course) .- Access mode: <https://en.wikipedia.org/wiki> 3. Rubtsov L. I. Designing gardens and parks. - Moscow: Stroizdat, 1979. - 188 p.

4. Kurbatov V. Ya. The general history of landscape art: Gardens and parks of the world. - Moscow: Eksmo, 2007. - 736 p. - 5,000 copies. - ISBN 978-5-699-19502-2.

5. Modern trends in landscape architecture and their contact with exhibitions, (Electronic course) .- Access mode: <https://www.rae.ru/forum2012/266/1413>

6. <http://fishki.net/2077110-neverojatnye-sooruzhenija-postroennye-pod-zemlej.html> Incredible structures built underground

7. Landscape design. (Electronic course) .- Access mode:

<http://www.proeklandshaft.ru/land/category/istoricheskij-opyt-landshaftnogo-proektirovaniya>

#### CURRENT TRENDS IN LANDSCAPE DESIGN

Kashina I.V., Golovan Y. I.

**Annotation.** At present, more attention is paid to the scientific validity of design, detailed analysis of social, functional-planning, landscape-ecological aspects. One can single out a number of main tendencies in the development of landscape art in the late 20th and early 21st centuries, based on the world experience in landscape design.

**Key words:** green architecture, landscape design, landscape art, roof-gardens.



## КРЫМ КОНЦА XVIII – ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ XIX ВЕКОВ

Нагаева З.С, Буджурова Л.А.

ФГОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры.

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181

**Аннотация.** В данной статье проведен краткий анализ состояния Крымского полуострова конца XVIII – первой половины XIX веков. Дана характеристика населенности и основных городов Крыма.

**Ключевые слова:** политическое устройство, военный порт, столица, ханская резиденция, климатические природные условия.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В настоящее время проблема изучения и сохранения культурного наследия является общемировой.

Важное место в исследованиях занимают труды, посвященные истории формирования населенных мест, с учетом памятников архитектуры и культурного наследия.

Наша цель – показать атмосферу эпохи конца XVIII – первой половины XIX веков. Населенные места в то время имели свои характеристики: размещение на Крымском полуострове, торговую и культурную деятельность, менталитет и сложившийся уклад жизни народов, населяющих Крым.

Авторы провели анализ по существующим источникам и охарактеризовали основные известные населенные пункты Крымского полуострова, с их застройкой, конца XVIII – первой половины XIX веков. [4,5,6,8,9]

В работе приведены рисунки художника Карло Боссоли, который путешествовал по Крыму и запечатлел образ полуострова в различных населенных местах в 1840-1842 годах.

Исследованиями Крымского полуострова, его памятников культурного наследия занимались ряд авторов: А.И. Баранова, В.Н. Даниленко, Е.А. Паршина, Ю.С. Асеев, Г.А. Лебедев, А. Бесчинский, А. Демидов, В.П. Исигов, А.В. Хливнюк, А.А. Непомнящий и другие.

Необходимо использовать существующий научный и практический материал для изучения каждого населенного пункта Крымского полуострова, восстановить и определить традиции в историческом развитии культурного наследия.

### ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

Представление о том, как был заселен Крым в конце XVIII века дает карта. (Рис.1)



Рис.1. Иван Кувакин. Первая генеральная карта Крыма, 1790 г.

На карте изображены населенные пункты, крепости на р.Салгир и Перекопе, основные дороги, рельеф

Манифест Екатерины II от 8 апреля 1783 года открыл новую страницу в истории Крыма. Государство Российское смогло стратегически закрепиться на Черном море, а корона Российской империи украсилась едва ли не самым ценным бриллиантом, который еще только предстояло огранить. Для этого необходимо было в кратчайшие сроки ввести на полуострове уже привычные для империи порядки. Императорская администрация решила сделать ставку на местную знать – беев и мурз.

Присоединение Крыма вписывалось в концепцию грандиозного по масштабам «Греческого проекта», который определял российскую внешнюю политику в царствование Екатерины II. Он предусматривал завоевание Константинополя и восстановление Византийской империи под эгидой России. Взятие Крыма стало одним из наиболее решительных шагов на этом пути.

Постепенно регион перестраивался под устройство, характерное для других частей империи. Вся полнота власти в крае принадлежала всемогущему светлейшему князю Екатеринославскому и Таврическому генерал-губернатору Г. А. Потемкину. Посредниками в выражении его воли были командующие войсками в Крыму: сначала граф Антон Богданович де Бальмен, а с 16 августа 1783 года – барон Осип Андреевич Игельстром. Именно военные координировали действия Крымского земского правительства во главе с Мегметши-беем, за которым сохранялись только представительские функции. Присутствие контингента российских войск на полуострове оставалось значительным.

Главным городом Таврической области стал Симферополь, основанный неподалеку от селения Ак-Мечеть. Первым правителем Таврической области стал генерал Василий Васильевич Коховский. На этой должности он находился до 1788 года. Вторым и последним губернатором области был генерал-майор Семен Семенович Жегулин (на должности с 1789 по 1796 год).

По структуре и организации государственные учреждения Тавриды в основном создавались по образцу уже существовавших в Российской империи административных единиц.

Война 1787–1791 года закончилась победой Российской империи и подписанием Ясского мира 29 декабря 1791 года, который окончательно лишил Турцию надежд на возвращение Крыма.

Император Павел Петрович, после смерти Екатерины II, решительно взялся за преобразования в Крыму. На смену греческим названиям городов вновь пришли тюркские. Севастополь снова стал Ахтиаром, а Симферополь – Ак-Мечетью.

Ситуацию в Крыму в годы царствования Павла Петровича отразил в своих записках молодой

чиновник и литератор Павел Иванович Сумароков, в 1799 году посетивший Крым. Путешественник отмечал несоответствие красот региона его экономическому состоянию. В глаза бросались малонаселенность края, бедность его жителей, отсутствие финансовых учреждений, малый привоз товаров из России и недостаток местных зажиточных покупателей. Торговля пребывала далеко не в лучшем состоянии. П. И. Сумароков удивлялся царящим в «прелестной области» восточным обычаям. Его впечатлило посещение дома мурзы в Карасубазаре, красоты Ханского дворца в Бахчисарае и знакомство с дервишами, изобилие древностей разных эпох. Русский язык в то время на полуострове понимали только в городах, поэтому в пути Павла Ивановича сопровождал проводник – крымский татарин. Страшным и опасным казалось тогда путешествие по горному Крыму. Впрочем, отсутствие оборудованных дорог компенсировалось восхищением от природы южного бережья. Настоящим открытием для П. И. Сумарокова стали сакские целительные грязи. Единственным местом в Тавриде «в новейшем европейском вкусе» показался ему «настоящий военный город» Ахтиар. Деятельный путешественник констатировал, что Крым – это «обетованный край, который составляя лучшую часть страны, есть истинное для нее сокровище», которому помогут развиваться просвещение и трудолюбие.

Постепенное возрождение Крыма началось с воцарением Александра I. 8 октября 1802 года была образована Таврическая губерния с центром в Симферополе. Она самой южной из губерний европейской России и, помимо Крыма, охватывала также три материковых уезда (Бердянский, Мелитопольский и Днепровский).

В начале XIX века был создан Никитский ботанический сад, ставший одним из наиболее красивых рукотворных чудес Крыма. Он был основан в 1812 году по инициативе губернатора Новороссии и Бессарабии герцога Эммануила Осиповича Ришелье и благодаря стараниям первого директора Христиана Христиановича Стевена. В первые 50 лет своего существования сад имел большое значение для развития сельского хозяйства Южной России, преимущественно в области виноделия, декоративного и плодового садоводства.

В 1804 году Севастополь становится главным военным портом Черного моря Российской империи. В том же году в городе был закрыт коммерческий порт. Через некоторое время город был открыт, но только для внутрисредней торговли, а международным торговым портом он стал лишь в 1867 году. Основные же силы Севастополя работали на укрепление военной эскадры. Большую часть населения города составляли нижние чины и офицеры Черноморского флота. (Рис.2)



Рис.2. К. Боссоли. Общий вид Севастополя с наблюдательной башни в центре города, 1840-1842 гг.

Самое высокое здание впереди — библиотека; справа — Кафедральный собор и Адмиралтейская башня, военный порт, форт Св. Павла, доки и часть Матросской слободы; слева — Артиллерийская бухта; по ту сторону залива, на заднем плане, — форт Константина, Северное укрепление и инкерманские маяки<sup>7</sup>.

Город был основан в 1783 г. Первое время его называли Ахтиар, по названию маленького поселения и бухты, впоследствии переименованной в Северную. Именно в Ахтиарскую гавань еще в 1782 г. пришли на зимовку первые русские корабли; там же была построена казарма для экипажа — первое здание будущего города. Официальное название Севастополь (в переводе с греческого — величественный, достойный славы город) впервые встречается в письменном распоряжении Екатерины II князю Г. А. Потемкину от 10 февраля 1784 г. В 1804 г. русское правительство официально объявило Севастополь главным военным портом Черноморского флота (вместо Херсона). Севастополь быстро рос и благоустраивался. Его население с 1815 по 1853г. увеличилось от 30 тыс. до 47,4 тыс. человек. Своим развитием город во многом обязан адмиралу М.П.Лазареву, выдающемуся мореплавателю, участнику открытия Антарктиды. С 1834 по 1851 г. он был командиром флота и портов Черного моря. Под его руководством почти полностью обновился корабельный состав (более 160 новых судов), построено Адмиралтейство — самый прогрессивный к тому времени комплекс доков и мастерских, возведены каменные форты, благоустроены центральные улицы и Графская

пристань, построен великолепный театр, открыто Морское офицерское собрание, учреждены гражданские учебные заведения. Рисунок К. Боссоли прекрасно отразил европейский характер и размах столицы Черноморского флота. Он имеет особую значимость как свидетельство о первом этапе градостроительной истории Севастополя. События Крымской войны кардинально изменили архитектурный облик города, который претерпел шесть мощных артиллерийских бомбардировок и 349 дней жестокой осады. Как утверждали очевидцы, здесь сохранилось лишь 14 неповрежденных зданий.

Способствовал развитию полуострова генерал-губернатор Новороссии Михаил Семенович Воронцов. Просьбы крымских жителей всегда принимались им с особым вниманием и благосклонностью. Украшением Южного берега стала резиденция князя в Алушке. Строительство поместий у берега Черного моря стало правилом хорошего тона для самых знатных семей Российской империи, а поездки в Крым перестали ассоциироваться с опасностью. Под патронатом супруги М. С. Воронцова Елизаветы Ксаверьевны по проектам архитектора Георгия Ивановича Торичелли были построены несколько прекрасных церквей: святых Захария и Елизаветы в имении Ак-Мечеть (ныне — поселок Черноморское), святого Федора Стратилата в Алуште и святого Иоанна Златоуста в Ялте.

Жителей среднерусской равнины в Крым притягивали природа, древности и этнографическая экзотика. В 1783 году Россия в виде Крыма присоединила к себе кусочек Средиземноморья с

теплым морем, живописными горами, водопадами и т.д. К тому же это была земля с седой историей, с многочисленными античными и византийскими памятниками. Вызывал интерес быт и поэзия

значительной части местного населения – татар, караим, крымчаков, греков.

Первым населенным пунктом, который обычно удостаивали своим вниманием путешественники был Симферополь. (Рис.3)

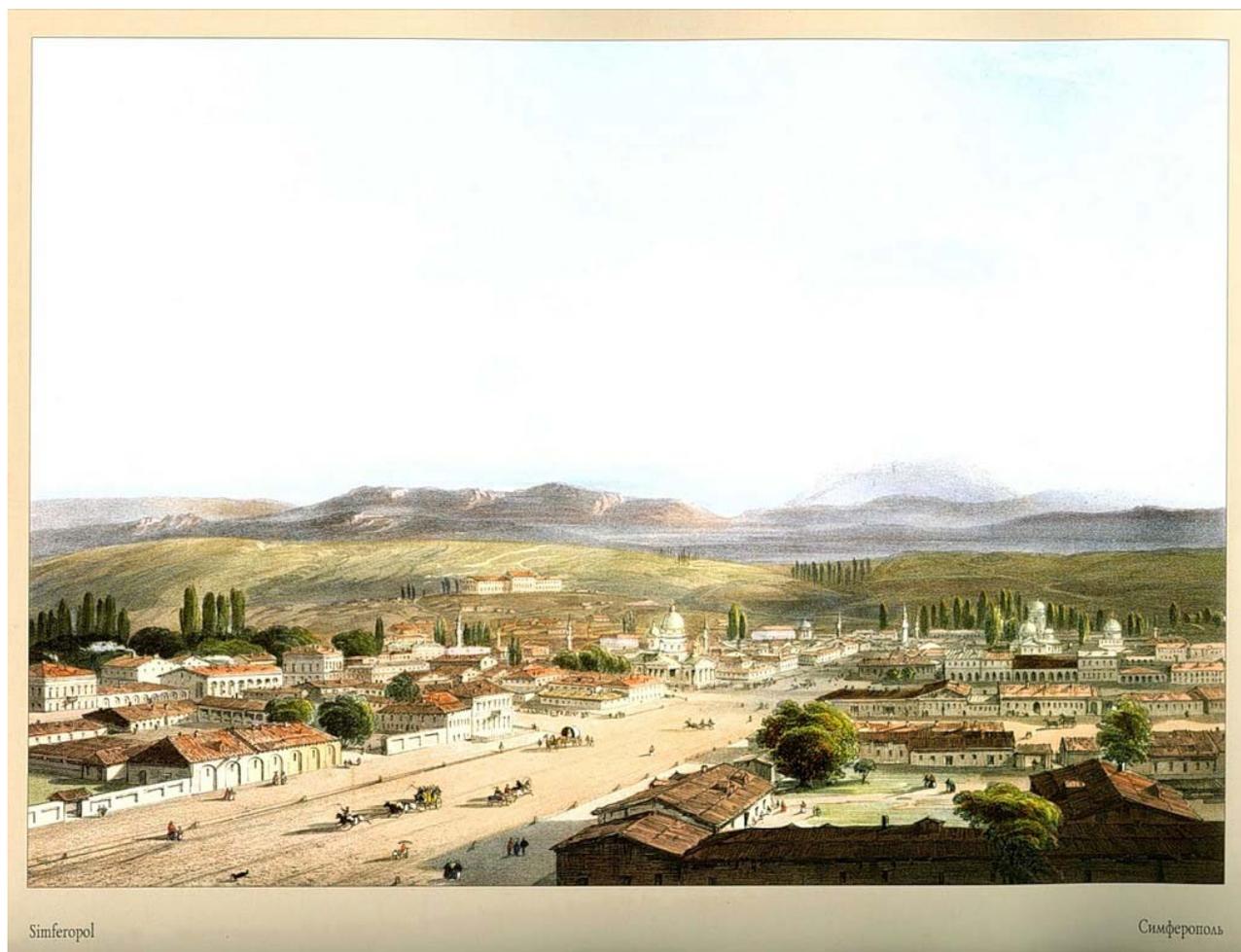


Рис. 3. К. Боссоли. Симферополь, 1840-1842 гг.

Вид на центр города, с обзором горной гряды, высочайшая из которых — Чатыр-Даг. Город Симферополь - столица Крыма, расположен на реке Салгир, Население города, около 15 тысяч, включает татар, греков, армян, евреев, немцев и русских.

Разделение Симферополя на "старую" и "новую" части непременно отмечали все путешественники. Старый город — татарское поселение Ак-Мечеть (Белая мечеть), известное с начала XVI в. Здесь находилась резиденция калги-султана — наместника Крымского хана. Ак-Мечети присущ ярко выраженный восточный колорит. Новый город — Симферополь (в переводе с греческого — город пользы, город-собирающий) заложен на левом берегу р. Салгир в 1784 г. Его отличает четкая планировка, европейский характер. На переднем плане — одна из главных улиц, направленных от района современного вокзала (там находилась застава) к центру города. Улица именовалась Полицейской (с 1890 г. — Екатерининской, ныне — К. Маркса). На перекрестке — Александро-Невский кафедральный

собор. Возведен в 1823—1829 гг. под наблюдением архитектора И. Ф. Колодина (здание уничтожено в 30-е гг. XX в.). В рисунке присутствуют некоторые "домысли" художника. Так, в европейской части города изображены мечети, в действительности не существующие. Равно как и здания двух церквей справа. К. Боссоли справедливо указывает на этническое разнообразие населения, но преувеличивает его численность. По статистике, в 1846 г. в городе проживало 13 768 чел., насчитывалось 1014 домов, 15 улиц, 57 переулков и 3 площади.

В 1803 году Сумароков в «Досуках крымского судьи» так описывает его: «Акмечеть занимает версты две в длину, составлена из двух частей, прежней азиатской и европейской. Азиатская часть - с 1-ю греческою, 1-ю армянскою церковью, 4 мечетями, фонтанами, базаром, мусульманскими жилищами. В Акмечети домов – 377, пекарей – 20, лавок – 197, кофейных домов - 12, постоянных ханов (караван-сараев) – 13, трактиров -2, питейных домов -5, бузней (простые татарские трактиры) -9, кузниц -

11. Жителей мужского пола дворянства -66, нижнего состояния россиян -360, татар -295, греков -42, армян -31, евреев -32, турецких подданных – 50, цесарских подданных -25, а всего, за исключением полка, до тысячи человек».

Известный ученый Иоганн Эрих Тунманн описал Крымское ханство во второй половине XVIII века. В соответствии с его описаниями, большая северная часть Крымского полуострова представляет собой равнину, лишь немного возвышающуюся над уровнем моря. Почва чрезвычайно плодородна, несколько каменистая. Везде имеются большие глубокие колодцы, обеспечивающие хорошей водой целый ряд деревень. [16]

Южная часть имеет горы, долины, леса, холмы, реки и озера. В нагорье берут начало более пятидесяти больших и малых рек, с очень хорошей водой и изобилующих рыбой. Самая значительная из этих рек – Салгир. Вдоль рек земля тщательно возделана, имеет фруктовые сады, виноградники и пашни. В лесах есть прекрасный материал для кораблестроения. Кипарисы, яблони, груши, сливы,

вишня, айва и ореховые деревья растут везде в изобилии. Тюльпаны и лилии – обычные цветы, которыми покрыты луга. В лесах встречаются фазаны, куропатки, рябчики, бекасы и множество других птиц; водятся дикие кабаны, олени, дикие козы, дикие овцы, зайцы, барсуки, сурки, горностаи, куницы и другие.

Багчасарай, один из самых больших городов Крыма и резиденция хана, лежит в длинной и прелестной долине, окаймленной с обеих сторон горами, у маленькой реки Чюрюк-су. Город построен в шестнадцатом столетии. Дворец в саду, построенный ханами в этой долине, дал городу его начало и название. Дома, число которых достигало 3000, лежат разбросанно и построены большей частью из тростника и глины. Сераль хана, мечеть и дом французского консула — самые значительные и красивые постройки. В 1736 и 1771 гг. город захватывался русскими. Вокруг Багчасарая находится много загородных домов хана, его жен и султанов. (Рис.4)

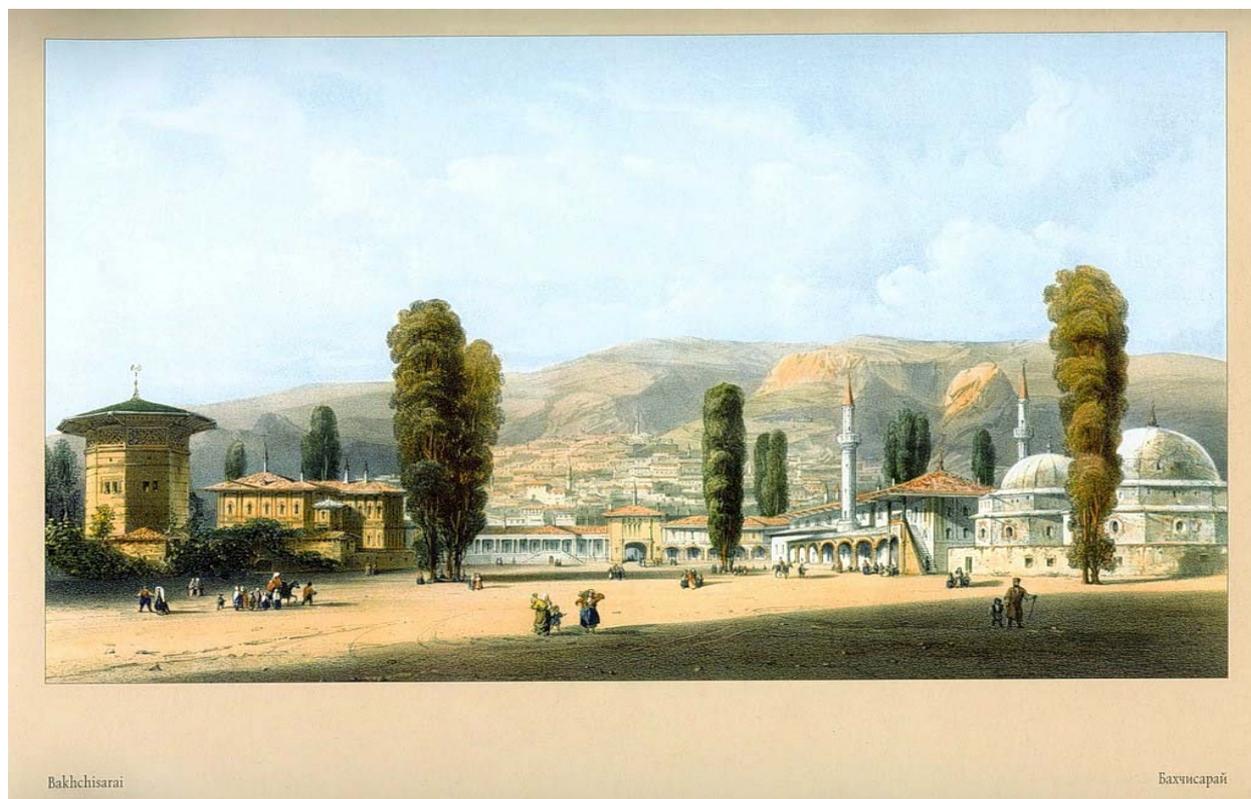


Рис.4. К. Боссоли. Бахчи-Сарай, 1840-1842 гг.

Древняя столица крымских ханов. Вид из большого внутреннего двора ханского дворца. Справа — могилы ханов и большая мечеть; слева — ханский дворец; в центре — входные ворота; вдали — часть города, поднимающегося амфитеатром по склонам. Население, большей частью татары, превышает 12 тысяч.

Бахчисарай (дословно — дворец в садах) — столица Крымского ханства с конца XV в. Последний крымский хан Шагин-Гирей отрекся от престола в 1783 г., и Крым вошел "под Державу

Российскую". Дворец возведен в начале XVI в., впоследствии, вплоть до конца XVIII в., неоднократно перестраивался. В рисунок не включена важная архитектурная часть дворцового ансамбля — усыпальница любимой жены хана Крым-Гирея Диляры-Бикеч (согласно легенде, так в гареме нарекли Марию Потоцкую). Судя по перспективе, художник располагался в глубине двора, как раз на возвышении этого памятника. Высокая башня слева называется Соколиной. Предание гласит, что отсюда ханские жены

наблюдали соколиную охоту и военные ристалища гвардии повелителя. В период Крымской войны дворцовый комплекс служил тыловым лазаретом русской армии. Здесь работал Николай Иванович Пирогов. [11,12,13]

## ВЫВОДЫ

1. Необходимо провести анализ по исторически сложившимся населенным пунктам Крымского полуострова.

2. Исследования следует проводить в направлении комплексного изучения культуры, быта, традиций, градостроительной среды и архитектуры всех народов, сформировавшихся на территории Крыма.

3. Каждый населенный пункт требует отдельного изучения и новых научных разработок, опирающихся на существующий материал.

4. Терпимость, взаимный интерес и уважение народов к традициям друг друга будет способствовать к взаимному обогащению населения Крыма.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Albayrak, M. A. Yesil ada Kirim (путеводитель по Крыму) : историческая литература. - Ankara : Turk Dunyasi Kultur ve Sanat Dernegi Yayinlari, 2004. - 190 s. : фото. - Библиогр.: С. 186-188.

2. Архитектурно-археологические исследования в Крыму / Под ред. А.И. Баранова, В.Н. Даниленко, Е.А. Паршиной и др. - К. : Наукова думка, 1988. - 163 с.

3. Асеев, Ю. С., Лебедев, Г. А. Архитектура Крыма. - Киев, 1961. - 239с.

4. Бесчинский, А. Путеводитель по Крыму. – Москва : Типолиитография И.Н.Кушнерева и К, 1902. - 468 с. : ил.

5. Демидов, А. Путешествие в Южную Россию и Крым, через Венгрию, Валахию и Молдавию, совершенное в 1837 году Анатолием Демидовым : Гл. V - XII. - М. : Типогр. А.Семена, 1853. - С. 253 - 543. : рис.

6. Дорогой тысячелетий. Экскурсии по средневековому Крыму. – Симферополь, 1966. - 191 с.: ил.

7. Исиков, В. П. Атлас достопримечательностей Крыма. - 2-е изд., доп. – Судак : Сталкер, 2008. - 464 с. : ил., карты.

8. Охрана и изучение памятников истории и культуры в Крымской АССР : Исследования и документы / Респ. ком. АРК по охране культ. наследия, Науч. центр ист.-краеведч. исслед. и Свода памятников Украины по АРК, Центр памятниковедения НАН Украины и УТОПИК; авт.-сост. А.В. Хливнюк; под ред. А.А. Непомнящего. - Симферополь: "СГТ", 2008. - 240 с. : ил. - (Биобиблиография крымоведения; вып. 11).

9. Список памятников местного и национального значения, расположенных на территории Автономной Республики Крым. - Симферополь,

2004. - 488 с. : Табл. (по состоянию на 01.01. 2004 г.) Справ. изд., Т.I - III.

10. Челеби, Э. Книга путешествий. Крым и сопредельные области: Извлечения из сочинения турецкого путешественника XVII века. - 2-е изд., испр. и доп. - Симферополь: Доля, 2008. - 272 с. : ил.

11. Гайворонский, О. Ханский дом = The house of khans: Бахчисар. гос. ист.-культ. заповедник. / Ред. Е.Садовников; Фот. К.Эрлих,О. Гайворонский; Пер. Г.Ныркова. - Киев: Энергия плюс, 2004. - 56. с.: цв.ил. - на рус. и англ. яз.

12. Гарагуля, В. К. Бахчисарай. - Симферополь: Таврия, 1973. - 62с.

13. Гернгросс, В. Ханский дворец въ Бахчисарае. - СПб, 1912.

14. Герцен, А. Г. Крепость драгоценностей. Кырк-ор Чуфут-Кале. - Симферополь: Таврия, 1993. - 128 с.

15. Андреев А.Р. История Крыма. М. Издательство Межрегиональный центр отраслевой информатики Госатомнадзора России, 1997.

16. Тунманн. Крымское ханство. Государственное издательство Крым, АССР, Симферополь. Таврия, 1991. – 109 с.

## REFERENCES

1. Albayrak, M. A. Yesil ada CGM (guide to the Crimea) : the historical literature. - Ankara : Turk Dunyasi Kultur ve Sanat Dernegi Yayinlari, 2004. - 190 s. : фото. - Bibliogr.: S. 186-188.

2. Architectural-archaeological research in the Crimea, ed. by A. I. Baranov, V. N. Danilenko, E. A. arsinoi etc. - K. : Naukova Dumka, 1988. - 163 S.

3. Aseev, Yu. S., Lebedev, G. A. The Architecture Of The Crimea. - Kiev, 1961. - 239с.

4. Baschinsky, A. guide to the Crimea. – Moscow : Lithographic Printing House Of I. N. Kushnerev, 1902. - 468 S. : ill.

5. Demidov, A. Journey to southern Russia and Crimea through Hungary, Wallachia and Moldova, committed in 1837 Anatoly Demidov : CH. V - XII. - M. : Tipogr. A. Seeds, 1853. - P. 253 - 543. : Fig.

6. Dear millennia. Tours of the medieval Crimea. – Simferopol, 1966. - 191 s.: Il.

7. Isikov, V. P. Atlas of the sights of the Crimea. - 2nd ed. extra – walleye : Stalker, 2008. - 464 p.: Il., card.

8. Protection and study of monuments of history and culture in the Crimean Autonomous Republic : Studies and documents / Resp. com. The ARC for the protection of the cult. heritage, Scientific. centre ist.-kraeved. issled. and arch of monuments of Ukraine in ARC, the Center of monument studies, NAS of Ukraine and UTOPIC ed.; -comp. A. V. Hlivnyuk; under the editorship of A. A. Nepomnyashchy. - Simferopol: "SGT", 2008. - 240 p.: Il. - (Biobibliografiya crimidine; vol. 11).

9. The list of monuments of local and national significance located on the territory of the Autonomous Republic of Crimea. - Simferopol, 2004. - 488 p.: Tabl. (as of 01.01. 2004) Ref. ed., T. I - III.

10. Çelebi, E. Book of travels. Crimea and adjacent areas: Extract from the writings of Turkish traveler of the XVII century. - 2nd ed. Rev. and extra - Simferopol: Share, 2008. - 272 S. : ill.

11. Gayvoronsky, O. Khan's house = The house of khans: Bagcilar. GOS. ist.-cult. reserve. / Red. E. Gardeners; Fig. K. Ehrlich, A. Gaivoronski; TRANS. G. Nyrkova. - Kiev: Energy plus, 2004. - 56. p.: Col.II. - in Russian. and eng. yaz.

12. Garagulya, V. K. Bakhchisarai. - Simferopol: Tavria, 1973. - 62c.

13. Gerngross, V. Khan Palace Bakhchisarai BB. - SPb, 1912.

14. Herzen, A. G. the Fortress of jewels. Kirk-or Calais. - Simferopol: Tavria, 1993. - 128 p.

15. Andreev A. R. History Of The Crimea. M. publishing house of the interregional center for Informatics branch of Gosatomnadzor of Russia, 1997.

16. Tunmann. Crimean khanate. State publishing house of the Crimea Autonomous Republic, Simferopol. Tavria, 1991.109 S.

## THE CRIMEA OF THE LATE XVIII – FIRST HALF XIX CENTURIES

Nagaeva Z.S., Buzhurova L.A.

**Summary** This article gives a brief analysis of the status of the Crimean Peninsula of the end of XVIII – first half XIX centuries. The characteristic of the population and the main cities of the Crimea.

**Key words:** political system, the military port, the capital, the Khan's residence, natural climatic conditions.



## ИНТЕРАКТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ В КИНЕТИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЕ

И.В. Кашина<sup>1</sup>, В.Забейворота<sup>2</sup>, А. Симакова<sup>3</sup>

Академия строительства и архитектуры, ФБГОУ ВО ДГТУ

Адрес: г.Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

<sup>1</sup> e-mail: lisa.858@yandex.ru<sup>2</sup> e-mail: zabeyvorota1995@mail.ru<sup>3</sup> e-mail: simakova000@gmail.com

**Аннотация.** В последние годы появилось много интерактивных концепций. Некоторые из этих концепций имеют способность адаптироваться и взаимодействовать с окружающей средой и ее вариантами, которые включают в себя свет, звук, ветер, тепло или людей. Эта адаптация и взаимодействие осуществляются какими-либо трансформациями, которые не требуют помощи человека. Открытие таких интерактивных концепций побудило ряд архитекторов использовать эти концепции в архитектурно-экологическом направлении.

**Ключевые слова:** кинематическая архитектура, динамическая архитектура, кинетика, интерактивный фасад

**ВВЕДЕНИЕ**

Столкнувшись с бесконечными влияющими параметрами, такими как время, погода, функции, информация, человеческие потребности и многое другое, архитектура должна разрабатываться с несколькими измерениями, чтоб смотреть в лицо этой бесконечности сил. Появилось много дизайнерских приемов и технологий, которые направлены реагировать на постоянно меняющиеся потребности современного мира. Наиболее заметным из них является кинетическая архитектура, которая считается развитием в теории архитектуры и отходит от статической формы к динамической. Это исследование представляет интерактивное движение как один из ведущих факторов современных способов выражения в архитектуре. Эволюция от статичности и стабильности до динамичности и подвижности сопровождалась изменениями в архитектурной мысли. Новый архитектурный язык был найден по мере появления новых понятий, и поэтому введены методы модуляции лексики, материалы и методы построения, развивалось использование компьютера и мультимедиа в архитектуре. Однако большая стоимость и их потребность в высоких технологиях в проектировании и производстве сделали распространение такого рода объектов ограниченным для стран, либо быстро растущих экономичной или собственной превосходной технологии. Однако нехватка ресурсов и знаний для этих установок привело к нежеланию архитекторов использовать предлагаемые решения для работы, несмотря на различные адаптируемые свойства различных переменных [1].

**ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ.**

На протяжении веков архитектура создавала широкомасштабный канон принципов дизайна, которые касаются того, как создавать хорошие, искусственные построенные среды во всех масштабах. Эти принципы описывают соответствующее, культурно-специфическое понимание хорошо продуманной архитектуры. Однако они касаются строительных

конструкций или элементов здания, которые являются постоянными, фиксированными или неподвижными. Мало кто задумывается над дизайном, возможность изменения отдельных частей здания с течением времени.

Следующий анализ предлагает систематическую разбивку аспектов и параметров, которые информировать о хорошем дизайне подвижной архитектуры.

Механика - это наука, изучающая движение объектов и его причины. Частью механики является «Динамика», которая имеет дело с объектами, находящимися под воздействием сил.[3]. Движение объектов можно разделить на одномерное движение, движение в двух измерениях, круговое, периодическое, вибрационное и колебательное [4]. Для каждого из этих видов движения можно выделить три степени свободы, в зависимости от того, как изменяется положение или ориентация объекта по отношению к одной, двум или трем координатным осям. Способность перемещения объекта в пространстве определяется шестью степенями свободы [2].

Часть движения - это скорость, с которой происходит движение. Без скорости или изменения между двумя разными состояниями движение отсутствует. Движение связано с изменением положения от стационарного состояния посредством ускорения и замедления до нового стационарного состояния. Хотя мы можем определить только скорость других объектов косвенно через восприятие на нашем чувстве баланса, это позволяет нам непосредственно чувствовать ускорение наших собственных тел. Ускорение также актуально для косвенного сенсорного восприятия. [2].

Перемещение вещей характеризуется конкретными формами. Но определение формы более сложное, поскольку форма изменяется с движением. Серийное повторение подвижных элементов здания очень распространено в архитектуре. Что касается внешнего вида, можно различать две разные стратегии проектирования: хореографическое движение следует за заранее определенным планом, в то время как индивидуальные движения означают, что кинетический

элемент можно перемещать полностью независимо друг от друга. И когда активность одного элемента реагирует на движения соседних элементов, общий комбинаторный эффект может приобрести идею «фроя»[2].

Большие массы сложнее привести в движение. Как всегда в архитектуре масса элемента должна учитываться как с точки зрения конструкции, так с точки зрения дизайна. Для архитекторов необходимо учитывать последствия массовости конструкции в движущихся архитектурных элементах[2]. Вес элемента имеет важные последствия для его внешнего вида, тем более когда конструкции или их части планируются подвижными.

Сложные временные и пространственные последовательности при преобразовании объекта также могут быть использованы как средство проектирования. Движение было и будет продолжаться в архитектуре во всех масштабах и порядках. Масштаб подвижного элемента, его порядок по отношению к масштабу человека, оказывает определенное влияние на сложность: технической реализации движения. Это относится и к мелким конструкциям, требующих высокоточного исполнения, и к крупномасштабным конструкциям, которые имеют серьезные последствия для структуры жестких элементов здания, а также для координации строительных работ на месте. Точно так же сочетание индивидуальных движений в кинематической цепи увеличивает геометрическую сложность движений. Цепь движений следует иерархической модели в том, что движения подчиненных элементов определяется геометрическим порядковым элементом. Добавление двух и более отдельных движений в кинематическую цепочку уже значительно увеличивает сложность общего движения [2]

В архитектуре жесткие тела наиболее распространены и обычно связаны навесными петлями для образования подвижных элементов. Эластичные тела также используются в подвижных элементах при в небольшом масштабе. В большем масштабе и, следовательно, в несущей способности, использование эластичных тел относительно редкость, за исключением гибких мембранных структур [2].

Перемещение компонента в последовательном плоском направлении; его вращение позволяет перемещать объект вокруг любой оси, при масштабировании описывает расширение или сокращение в размере. Это основные строительные блоки кинетики, которые объединены чтобы произвести более сложное движение, например, направленный поворот [7].

Учитывая, что движение является одной из отраслей механической физики, типологии фактического движения в архитектуре можно разделить на пять типов:

1. Движение жестких архитектурных элементов.
2. Движение деформируемых архитектурных элементов.
3. Движение мягких и гибких архитектурных элементов.
4. Движение упругих архитектурных элементов.

#### 5. Пневматические формы.

В эволюции от статического к динамическому; подвижные структуры стали легче и более динамичными, активными и менее ограниченными. Существует шесть типов подвижных структур [9]:

1. Конвертируемые структуры: которые могут изменять как их форму, так и режим операции.

2. Компактные конвертируемые кантилеверы, где преобразование луча из компактного в расширенное состояние можно рассматривать как кантилевер.

3. Гибкие конвертируемые кантилеверы: в тех случаях, когда системы не должны быть мобильными. Их конструкция может также препятствовать доступности, может оказаться необходимым разработать консольную систему, которая сама по себе является гибкой.

4. Гибкие и компактные кантилеверы: компактные и одновременно гибкие. Конструкция достигается путем объединения принципа удлинения ножниц с телескопических элементов, стабилизируя структурную систему, используя ферму как геометрическую рамку. Например, мобильные мосты.

5. Движущиеся мостовые структуры: движущиеся мостовые структуры являются еще одним примером того, как принцип кантилевера используется для многих различных типов конструкции. Так обстоит дело, например, с маятниковыми мостиками и мостовыми мостами [Рис. 1].



Рис.1 Мост тысячелетия Гейтсхеда, Ньюкасл  
Источник: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gateshead\\_Millennium\\_Bridge\\_-\\_coming\\_down.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gateshead_Millennium_Bridge_-_coming_down.jpg)

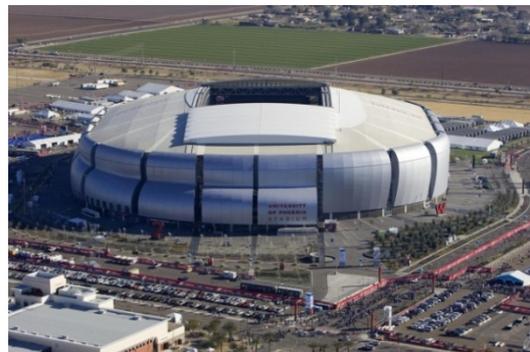


Рис. 2 А Стадион университета Финикса, Аризона  
Источник: <https://archi.ru/projects/world/450/stadion-arizona-cardinals-stadion-universiteta-finiksa>



Рис. 2 Б Теннисный центр Ци Чжун, Шанхай  
 Источник: <http://vpolete.by/Rita/2013/06/09/top-10-samy-e-interesnye-sportivnye-obekty-v-mire.htm>

Подвижные конструкции крыши: все чаще используются с 1970-х годов как временная защита от погодных условий в виде кровли для стадионов или бассейна. Была разработана инновационная концепция для пневматически конвертируемой крыши как часть дизайна для ангара дирижабля, в котором ангар был покрыт двухвалентная несущая конструкция, состоящая из трехслойной надувной мембраны

Аналитическое исследование направлено на выявление и понимание приложений современной архитектуры, которое повлияет на будущее передвижных зданий. Кроме того, в исследовании вопрос: « Могут ли интерактивные концепции пересекать ограничивающие границы движения в архитектуре, с которыми сталкивается дизайнер в процессе проектирования подвижных зданий в текущее время?»

Выбор будущих приложений зависит от технологий, используемых для достижения движения через то, что изучалось ранее, как движение в результате интерактивных технологий контактирует с окружающей средой, будь то свет, человек, звук или ветер.

В исследовании используется аналитическая описательная методология для выявления и осмысления современных архитектурных приложений, которые повлияют на будущее передвижных зданий. Выбор осуществляется из целого ряда приложений, охватывающих различные технологические аспекты, использующие концепция интерактивного движения с внешним воздействием, таким как свет, звук, ветер и человека.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.**

В этой части исследования исследуются выбранные приложения по следующим критериям:

- 1) Определение приложения. название, дизайнер, местоположение, тип и дата.
  - 2) Принципы движения, время, физика и баланс, скорость, форма и последовательное повторение, масса и вес, сложность и масштаб.( эти понятия были изложены ранее)
  - 3) Типология движения, движение жестких элементов, движение деформируемых элементы, движение мягких и гибких элементов, движение эластичных элементов, движение пневматических форм.
  - 4) Подвижные компоненты, структура, соединения, материалы, системы управления.
- Описательный анализ приложений приведен в таблицах 1-4

Таблица 1.  
 Исследование системы фасадов HelioTrace [Рис.3-4].

<b>Определение</b>	Название	Helio Trace
	Дизайнер	Макс Хоберман
	Местоположение	Нью-Йорк , США
	Тип	Кинетическая система навесной стены
	Назначение (цель)	Солнце-затенение. Взаимодействие с солнечным светом и таинственное движение.
	Дата	2010
<b>Принципы движения</b>	Время	Фасадная система HelioTrace может отслеживать путь солнца в течение дня и года. Этот процесс занимает 5 секунд для изменения положения установки зонтов.
	Физика и баланс	Подвижные внешние солнцезащитные зонты имеют возможность перемещаться, имеют 3 степени свободы, приемлемый баланс .
	Скорость	Он движется быстро с фиксированной скоростью
	Форма и повторение	Преимущества HelioTrace включают в себя возможность проектирования в непрямоугольные формы, соответствуют трехмерным изогнутым поверхностям когда находятся в расширенном состоянии , и визуально исчезают в структуре при отводе .
	Масса и вес	Это легкий блок затенения; может быть большим или малым в соответствии с дизайном.
	Сложность и масштаб	Это сложная подвижная кожа с большими и маленькими чешуйками.

Продолжение табл.1.

<b>Типология движения</b>		При активации «чешуйки» расширяются, образуя почти непрерывную поверхность, состоящую из ряда панелей, которые могут быть выполнены из разных материалов, включая металл, пластик и дерево.
<b>Движимые компоненты</b>	Состав	Не существует подвижной структуры.
	Связи	Система фасадов HelioTracе зависит от типичных соединений для навесных элементов. Привод жесткой поверхности элемента происходит с помощью электромеханического привода вращением.
	Материалы	Гибкий, легкий, высокопрочный, плотный алюминий, имеющий высокую коррозионную стойкость и устойчивость к погодным условиям.
	Контроль системы	Тени управляются косвенным управлением с помощью Multi-Input. Современные компьютерные экологические модели, в которой учитывается сезонный климат, ежедневный солнечный путь. Использование программного обеспечения здания и графика работы.

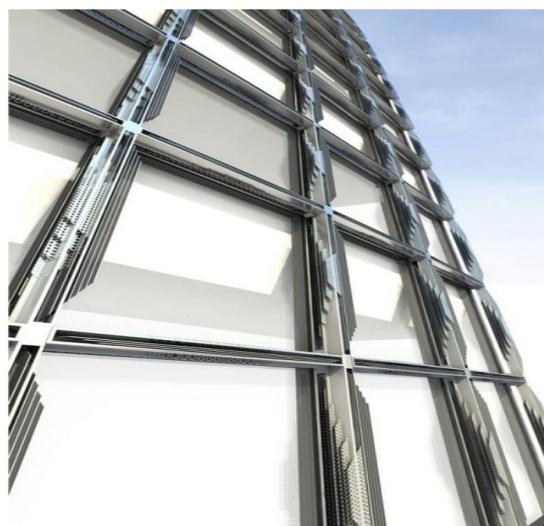


Рис. 3 -4 Система интерактивных фасадов HelioTracе

Источник: <https://www.archplatforma.ru/index.php?act=1&catg=48&nwid=666>

Таблица 2  
Анализ исследования Media Tic [Рис.5-6].

<b>Определение</b>	Название	Media Tic
	Архитектор - Дизайнер	Cloud-9 architect's office
	Местоположение	Барселона, Испания
	Тип материала	Texlon <u>Этилен-тетрафторэтилен</u>
	Назначение (цель)	Солнце-затенение.
	Дата	2010

Продолжение табл.2.

<b>Принципы движения</b>	Время	Фасад изготовлен из etfe надувные подушки, которые ориентированы на южный полис, действуют как переменный солнцезащитный крем, раскрывающийся к зиме, для получения солнечной энергии. И закрывающийся в лете, для того чтобы защитить и тени.. Этот процесс занимает всего 3 минуты.
	Физика и баланс	Этот пневматический материал, способен перемещаться в одномизмерение с одной степенью свободы, приемлемый баланс
	Скорость	Он движется медленно с фиксированной скоростью .
	Форма и повторение	гигантский куб, заполненный пластиковыми пузырями, которые надуваются и сдуваются последовательно в соответствии с направлением солнечного света.
	Масса и вес	Этот легкий материал; может быть больших или малых размеров в соответствии с проектными требованиями.
	Сложность и масштаб	Фасадная толщина минимизируется с помощью использования этой легкой пластиковой кожи (с общей толщиной 0,2 мм). Но здание смотрится масштабно.
<b>Типология движения</b>		Это движение пневматических форм.
<b>Движимые компоненты</b>	Состав	Не существует подвижной структуры.
	Связи	Нет подвижных соединений. Имеет возможность изменять форму без необходимости, механические приводы.
	Материалы	Фасад, выполненный из надувных подушек ETFE.
	Контроль системы	Косвенный контроль ввода. Как фасады, так и офисы были оснащены несколькими датчиками температуры, влажности и давления, которые собирают информацию.

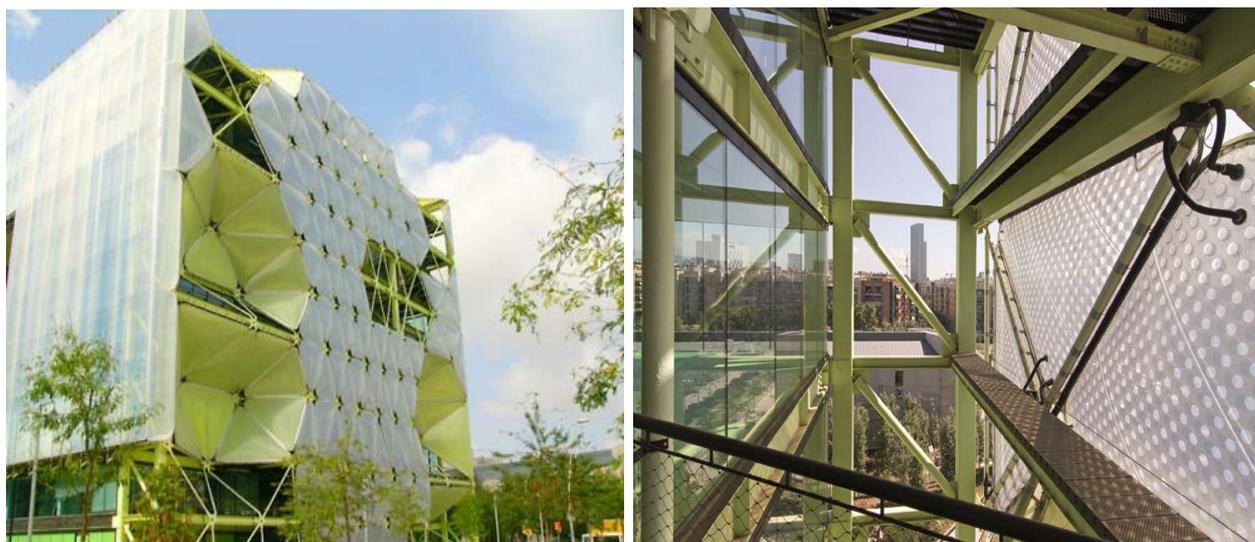


Рис. 5-6 Фасад из надувных подушек здания Media Tic  
 Источник:[http://a-s-p.org/news/otrasl/Luchshee\\_zdanie\\_2011](http://a-s-p.org/news/otrasl/Luchshee_zdanie_2011)

Таблица 3  
Анализ применения настенного покрытия Huposurface[Рис.7-8].

<b>Определение</b>	Название	Huposurface (Гипоповерхностная стена)
	Архитектор - Дизайнер	dECOi Architects
	Местоположение	Кембридж, США
	Тип	Интерактивная кинетическая стена
	Назначение (цель)	Взаимодействие с человеком
	Дата	2003
<b>Принципы движения</b>	Время	Движение происходит между 3-10 секунд ,в соответствии с настройками программиста.
	Физика и баланс	HupoSurface-это система дисплея, где на экране физически перемещается поверхность. Он имеет возможность двигаться в трех измерения с одной степенью свободы , приемлемый баланс.
	Скорость	Экран поверхности движется с высокой скоростью .
	Форма и повторение	HupoSurface похож на организм; отзывчивый и органического характера. Это универсальная и гиперэффективная среда отображения. Его можно использовать для создания настраиваемых эффектов, (логотип, обмен сообщениями). Каждый элемент движется независимо.
	Масса и вес	Состоит из множества модулей, которые содержат все необходимое оборудование. Конструкции малых и больших размеров согласно требованиям проекта.
	Сложность и масштаб	Это сложная поверхность, она может быть большой и безграничной , как HupoCeiling, HupoFloor, или маленькой. Динамическая прессформа; которая настраивает зрительный зал, делает волны , которые заставляют детей кричать от восторга.
<b>Типология движения</b>		Приводы преобразовывают электричество для того чтобы позволить твердому элементу экрана, вытягиваться и принимать различные формы
<b>Движимые компоненты</b>	Состав	Не существует подвижной структуры.
	Связи	Нет подвижных соединений. Приводы HupoSurface использует мощную «информационную шину», пневматические поршни.
	Материалы	Поверхность алюминиевая , облегченные элементы установлены на стальную решетку структуры.
	Контроль системы	Прямое управление с ручным программированием, интерфейс прост в использовании и позволяет пользователю контролировать его. Операторы могут предложить расширенную интерактивность и эффекты.

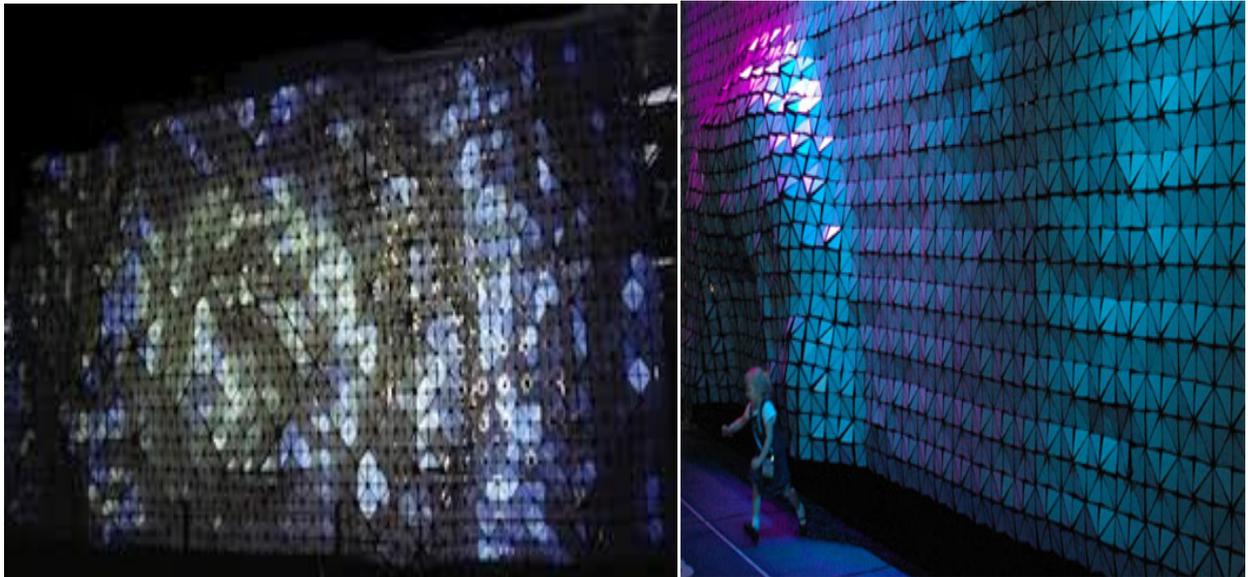


Рис. 7-8 Настенное покрытие HypoSurface  
 Источник: <http://www.membrana.ru/particle/3217>

В случае системы Texlon пробой подачи воздуха повлияет только на тепловую свойства, и здание останется нетронутым. Система облицовки Texlon предлагает архитекторам дизайнерам беспрецедентные возможности в развитие климатической оболочки. Texlon состоит из пневматических подушек, удерживаемых в алюминиевых профилях. Подушки раздуты воздухом низкого давления для обеспечения изоляции и сопротивления ветровым нагрузкам. Подушки изготовленный из нескольких слоев этилен-тетра-фторэтилена (ETFE), модифицированный сополимер. Первоначально

разработанный для космической отрасли, материал уникален тем, что он не ухудшается при ультрафиолетовом или атмосферном загрязнении [17].

HypoSurface состоит из матрицы приводов, в которой приводятся позиционные сведения с помощью высокоэффективной системы шин, а также множеством электронных датчиков, используемых для запуска разнообразных математических программ развертывания.

HypoSurface-это универсальный и гиперэффективный носитель, потому что никто не видел ничего подобного.

Таблица 4.  
 Анализ применения Wind Arbor [Рис.9-10].

<b>Определение</b>	Название	Wind Arbor
	Архитектор - Дизайнер	Нед Кан
	Местоположение	Сингапур
	Тип	Тип Шарнирные элементы
	Назначение (цель)	Власть над ветром и затенение Солнца
	Дата	2011
<b>Принципы движения</b>	Время	Движение происходит 2 секунды ,в соответствии с движением ветра.
	Физика и баланс	Материал, способный перемещаться по кругу, движение с одной степенью свободы и приемлемым балансом.
	Скорость	Двигается медленно или быстро, в зависимости от скорости ветра
	Форма и повторение	Когда заслонки движутся, они отражают свет, создавая мерцающее произведение искусства. Сооружение состоит из 260 000 алюминиевых металлических «шпателей», покрывающих весь западный фасад. Он движется, как волны, и каждый лоскут движется независимо.
	Масса и вес	Ультралегкий материал; может быть больших или малых в соответствии с проектными требованиями.
	Сложность и масштаб	Экран с большими размерами. Маленькие «заслонки» монтируются на шарнирах и могут перемещаться независимо друг от друга в ответ на движение ветра.

Продолжение табл. 4.

<b>Типология движения</b>		Это жесткий элемент поверхности вращается силой ветра
<b>Движимые компоненты</b>	Состав	Не существует подвижной структуры.
	Связи	Заслонки зависят от типичных соединений для навесных элементов. Они поворачиваются вокруг своей оси. Заслонки смонтированы на шарнирах и виселях от стального троса, поэтому они свободно двигаются самостоятельно в ответ на движение ветра. Фасад имеет возможность изменять форму без необходимости механического привода
	Материалы	Малые алюминиевые клапаны монтируются на шарнирах. Художественное произведение функционирует как тень, блокируя 50% солнечного света и тепла.
	Контроль системы	Небольшие алюминиевые клапаны взаимодействуют с движениями ветра без каких-либо систем управления.



Рис. 9-10 Wind Arbor

Источник: <http://nedkahn.com/wind/>

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Изучив проведенные анализы, исследование показало, что научный прогресс в области интерактивного движения по концепции кинетической архитектуры достигнет в будущем. Ниже приводится обсуждение результатов аналитического исследования по нескольким показателям.

Больше времени не требуется, чтобы время было завершено; движение происходит во время короткий период времени от нескольких секунд до нескольких минут, что добиться лучшего ответа на быстрое изменение окружающей среды как движения солнца, для пример; интерактивное движение в HelioTrase. С другой стороны, он увеличил способность человека распознавать движение, даже если требуется всего несколько минут, для пример; интерактивное движение в Super Cilia Skin, поскольку люди могут движение ветра во время просмотра фасада.

Кинетическая архитектура приобретает больше свободы, чем раньше; и доступ к уровням движения в трех измерениях, таких как; гистоповерхность и вибрационное движение с тремя степенями свободы. Несмотря на эту свободу передвижения, она не потеряла необходимого баланса для завершения движения. Как было рассмотрено в аналитическом исследовании выше, типы движения варьировались между относительно медленными и

быстрыми с неизбежностью наличия гармоничного ускорение.

Фактическое движение больше не связано с элементами тяжелого веса; материалы в кинетической архитектуре имеют достаточно небольшой вес, не требуют огромных усилий для возведения(как описано выше, надувные подушки ETFE в здании Media Tic самая легкая интерактивная система затенения). Теперь есть возможность создавать подвижные элементы в больших массах, не думая о его весе.

Одно из самых важных событий в концепции фактического движения в архитектура - это тайна, которая управляет формой движения на всех его фазах, это увеличивает умственное взаимодействие зрителя с движением, а также увеличивает эстетику архитектурной работы и добавляет фактор острых ощущений. Huposurface Wall имеет самое таинственное движение, поскольку люди не ожидают, что произойдет каждый раз, когда они взаимодействовать с ним.

Конструкция подвижных частей больше необязательна, поскольку нет необходимости в передвижных соединения или исполнительных механизмах, поскольку движение больше не механическое, примеры здания Wind Arbor, и Media Tic. Для контроля систем, нет необходимости использовать какую-либо систему управления из-за преимущества умных материалов, способных взаимодействовать с факторами, влияющими на них независимо.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.**

Как было подробно описано выше, можно сделать вывод, что общая эволюция интерактивного движения в кинетической архитектуре движется к взаимодействию с изменениями окружающей среды, такими как: дневной свет, ветер, звук без отсутствия взаимодействия с людьми. Многие из представленных исследований в этой статье предсказали изменение дизайна, структуры и методов реального движения в архитектуре в будущем; Другим результатом исследования является то, что не требуется перемещать большие части здания, но движение небольших частей вместе может обеспечить концепцию кинетической архитектуры. Из обзора также было найдено, что нынешнее отсутствие расширения в действительном приложении перемещения в архитектуре относится к сложности конструкции и высокая стоимость и трудности осуществления; однако эволюция в умных материалы делают его проще и проще. Кинетическая архитектура - это не только дополнение в архитектурную эстетику, но также играют экологическую роль в затенении и улучшении солнца функциональность здания.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. М. Асефи, Трансформируемые и кинетические архитектурные структуры, VDM Verlag Dr. Müller, Germany, 2010.
2. М. Schumacher, O. Schaeffer, M. Vogt, Move: архитектура в динамике движения, компоненты и элементы, Birkhauser, Germany, 2010.
3. J. Meriam, Engineering Mechanics: Dynamics, Wiley & Sons, USA, 1998.
4. Х. Сакек, Механические принципы и приложения, 2006,  
[http://www.hazemsakeek.net/Physics\\_Lectures](http://www.hazemsakeek.net/Physics_Lectures)(Accessed: 9 6 2012).
5. Р.Кроненберг, Гибкий: архитектура, которая реагирует на изменения, Лоуренс Кинг, Соединенное Королевство, 2007.
6. J. Moloney, Проектирование кинетики архитектурных фасадов, Routledge, USA, 2011.
7. Дж. Шериден, «Техника стиля», «Морская архитектура», «Современное мышление»  
Продукты и материалы, Джонатан Шеридан Лтд, 2000.  
<http://www.designpartners.co.uk/Smart.html>.  
(Доступно: 10 18 2012).
8. Х. Dewidar, новый архитектурный язык, журнал Tasmeeem, Issue No.1, Egypt, 2002, p. 75.
9. D. Grieve, Actuators, 2003,  
<http://www.tech.plym.ac.uk/sme/desnotes/actuators1.htm>.  
(Доступ: 4.10. 2017).
10. А. Насим, «Равновесие в архитектуре», Каирский университет, Египет, 2002.
11. К. Чай, Проектирование и строительство интерактивных архитектурных сред:

Digital Mile, факультет машиностроения, Массачусетский технологический институт, США, 2006.

12. М. Эшби, Выбор материала в механическом дизайне, Эльзеви Баттервор Хейнеманн, Оксфорд, 2005.
- JES, Ассиутский университет, инженерный факультет, Vol. 42, № 3, май 2014, стр. 816- 845
13. Hoberman Associates, профиль компании и избранные работы, [www.hoberman.com](http://www.hoberman.com)  
(Доступ: 14.10. 2017).
14. Simone Giostra, Solpix, [www.sgp-a.com](http://www.sgp-a.com)  
(Доступ к: 26 10. 2017).
15. Vector Foiltec, система TEXLON, [www.vector-foiltec.com](http://www.vector-foiltec.com) (доступ: 26 10. 2017).
16. dECOi Architects, HypoSurface, [www.hyposurface.org](http://www.hyposurface.org) (доступ: 26 10. 2017).
17. Студия Roosegaarde, Dune 4.2, [www.studioroosegaarde.net](http://www.studioroosegaarde.net) (Доступ: 26 10. 2017).
18. Студия Roosegaarde, Wind 3.0, [www.studioroosegaarde.net](http://www.studioroosegaarde.net) (Доступ к: 26 10. 2017).
19. Блейн Браунелл, Сономорф, [www.materia.nl](http://www.materia.nl)  
(Доступ: 26 10. 2017).
20. Институт структурной прочности и надежности системы Фраунгофера LBF, звукоизоляция  
окно, [www.moreinspiration.com](http://www.moreinspiration.com) (Доступ к: 26 10. 2017).
21. Hayes Raffle, M. W. Joachim, J. Tichenor, Super Cilia Skin, [www.angible.media.mit.edu](http://www.angible.media.mit.edu)  
(Доступ: 26 10. 2017).
22. Ned Kahn Studios, Wind Arbor, [www.nedkahn.com](http://www.nedkahn.com) (Доступ: 26 10. 2017).
23. Энрик Руис-Гели, Медиа-ИКТ, [www.worldbuildingsdirectory.com/project.cfm?id=3752](http://www.worldbuildingsdirectory.com/project.cfm?id=3752) (Доступ: 26 10. 2017).

**REFERENCES**

1. M. Asefi, Transformable and kinetic architectural structures, VDM Verlag Müller, Germany, 2010.
2. M. Schumacher, O. Schaeffer, M. Vogt, Move: architecture in motion dynamics, components and elements, Birkhauser, Germany, 2010.
3. J. Meriam, Engineering Mechanics: Dynamics, Wiley & Sons, USA, 1998.
4. H. Sakek, Mechanical Principles and Applications, 2006,  
[http://www.hazemsakeek.net/Physics\\_Lectures](http://www.hazemsakeek.net/Physics_Lectures)(Accessed: 9 6 2012).
5. R. Cronenberg, Flexible: architecture that responds to change, Lawrence King, United Kingdom, 2007.
6. J. Moloney, Designing the kinetics of architectural facades, Routledge, USA, 2011.
7. J. Sheridan, "Technique of Style", "Maritime Architecture", "Modern Thinking"  
Products and Materials, Jonathan Sheridan Co., Ltd., 2000.  
<http://www.designpartners.co.uk/Smart.html>.  
(Available: 10 18 2012).
8. H. Dewidar, New Architectural Language, Journal of Tasmeeem, Issue No.1, Egypt, 2002, p. 75.

9. D. Grieve, Actuators, 2003, <http://www.tech.plym.ac.uk/sme/desnotes/actuators1.htm>.  
(Access: 4.10. 2017).
10. A. Nasim, "Equilibrium in Architecture", Cairo University, Egypt, 2002.
11. K. Chai, Design and construction of interactive architectural environments:  
Digital Mile, Faculty of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, USA, 2006.
12. M. Ashby, The choice of material in mechanical design, Elzevi Butterworld Heinemann, Oxford, 2005.
- JES, Assuite University, Faculty of Engineering, Vol. 42, No. 3, May 2014, pp. 816-845
13. Hoberman Associates, company profile and selected work, [www.hoberman.com](http://www.hoberman.com)  
(Access: Oct. 14, 2017).
14. Simone Giostra, Solpix, [www.sgp-a.com](http://www.sgp-a.com)  
(Access to: 26 10. 2017).
15. Vector Foiltec, TEXLON system, [www.vector-foiltec.com](http://www.vector-foiltec.com) (access: 26 10. 2017).
16. dECOi Architects, HypoSurface, [www.hyposurface.org](http://www.hyposurface.org) (access: 26 10. 2017).
17. Studio Roosegaarde, Dune 4.2, [www.studioroosegaarde.net](http://www.studioroosegaarde.net) (Access: 26 10. 2017).
18. Studio Roosegaarde, Wind 3.0, [www.studioroosegaarde.net](http://www.studioroosegaarde.net) (Access to: 26 10. 2017).
19. Blaine Brownell, Comopф, [www.materia.nl](http://www.materia.nl)  
(Access: 26 10. 2017).
20. Institute for Structural Strength and Reliability of the Fraunhofer System LBF, Soundproofing window, [www.moreinspiration.com](http://www.moreinspiration.com) (Access to: 26 10. 2017).
21. Hayes Raffle, M. W. Joachim, J. Tichenor, Super Cilia Skin, [www.angible.media.mit.edu](http://www.angible.media.mit.edu)  
(Access: 26 10. 2017).
22. Ned Kahn Studios, Wind Arbor, [www.nedkahn.com](http://www.nedkahn.com) (Access: 26 10. 2017).
23. Enric Ruiz-Geli, Media-ICT, [www.worldbuildingsdirectory.com/project.cfm?id=3752](http://www.worldbuildingsdirectory.com/project.cfm?id=3752) (Access: 26 10. 2017).

## INTERACTIVE MOTION IN THE KINETIC ARCHITECTURE

Kashina I.V.,<sup>1</sup>, Zabeyvorota V.<sup>2</sup>, Simakova A.<sup>3</sup>

**Summary.** In recent years, many interactive concepts have appeared. Some of these concepts have the ability to adapt and interact with the environment and its variants, which include light, sound, wind, heat or people. This adaptation and interaction are carried out by some transformations that do not require human help. The opening of such interactive concepts prompted a number of architects to use these concepts in the architectural and ecological direction.

**Key words:** kinematic architecture, dynamic architecture, kinetics, interactive facade

## РАСЧЕТ ОРТОТРОПНЫХ ОБОЛОЧЕК ВРАЩЕНИЯ НА ОСЕСИММЕТРИЧНУЮ НАГРУЗКУ С УЧЕТОМ ПОЛЗУЧЕСТИ

Чепурненко А.С.<sup>1</sup>, Сайбель А.В.<sup>2</sup>

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

Адрес: г. Ростов-на-Дону, Социалистическая, 162

E-mail: angelica\_70@mail.ru\*

**Аннотация.** Получены разрешающие уравнения для расчета ортотропных оболочек вращения на осесимметричную нагрузку с учетом ползучести. Задача свелась к системе из двух дифференциальных уравнений относительно угла поворота нормали и функции  $V$ , равной произведению поперечной силы на кольцевой радиус кривизны. Приведен пример расчета резервуара из однонаправленного стеклопластика в форме однополостного гиперboloида вращения, жестко защемленного в основании. В качестве закона ползучести использовано уравнение линейной теории наследственности с ядром в виде суммы экспоненциальных функций. Решение выполнено численно методом конечных разностей в пакете Matlab. Для расчета произведен переход от интегральной формы закона ползучести к дифференциальной, что позволило использовать для определения деформаций ползучести метод Эйлера. Также приведено сравнение результатов с решением, полученным на основе метода конечных элементов. При расчете методом конечных элементов использовались осесимметричные конечные элементы в виде усеченных конусов. Установлено, что в рассматриваемой задаче ползучесть материала оказывает положительное влияние на напряженно-деформированное состояние конструкции. Перемещения, а также кольцевые и меридиональные продольные силы в процессе ползучести практически постоянны, и в то же время происходит снижение меридиональных и кольцевых изгибающих моментов в основании оболочки на 8%.

**Ключевые слова:** ползучесть, оболочки вращения, моментная теория, численные методы.

### ВВЕДЕНИЕ

Осесимметричные задачи представляют один из важных классов задач строительной механики и теории упругости. Примерами осесимметричной нагрузки для оболочек вращения являются собственный вес, равномерная снеговая нагрузка, давление жидкости в резервуаре и т.д. При наличии осевой симметрии уравнения теории оболочек существенно упрощаются.

В инженерной практике, в большинстве случаев ограничиваются расчетом оболочечных конструкций только в упругой стадии. При медленно меняющейся поверхностной нагрузке в упругой оболочке вращения напряженное состояние можно представить в виде суммы безмоментного напряженного состояния и краевого эффекта. Для оболочек из вязкоупругого материала краевого эффект ранее практически не исследовался.

### АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

Упругим задачам теории пластин и оболочек посвящено достаточно много работ, в том числе [1-12]. Что касается расчетов с учетом ползучести, в настоящее время имеются только некоторые частные решения, справедливые для определенного закона деформирования, например, [13-18], либо общие математические модели без указания конкретных путей решения [19-20]. В работе [21] приводится методика расчета изотропных осесимметрично нагруженных оболочек, подходящая для произвольных уравнений связи между деформациями ползучести и напряжениями. В настоящей статье выполняется развитие

предложенного подхода на случай ортотропных конструкций.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И МЕТОДИКА ЕЕ РЕШЕНИЯ

Рассматриваемый элемент оболочки вращения приведен на рис. 1.

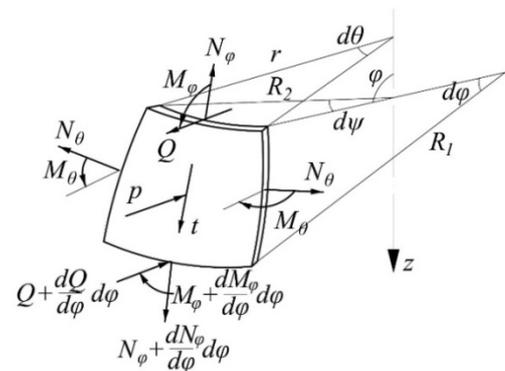


Рис. 1. Равновесие элемента оболочки вращения

Уравнения равновесия этого элемента записываются в виде [10]:

$$\begin{aligned} \frac{N_\phi}{R_1} + \frac{N_\theta}{R_2} + \frac{1}{rR_1} \frac{d}{d\phi} (Qr) + p &= 0; \\ \frac{1}{rR_1} \frac{d}{d\phi} [(Q \cos \phi + N_\phi \sin \phi)r] &= -p_z; \quad (1) \\ \frac{d}{d\phi} (M_\phi r) - QrR_1 - M_\theta \frac{dr}{d\phi} &= 0, \end{aligned}$$

где  $p$  – нормальная составляющая поверхностной нагрузки,  $t$  – касательная составляющая внешней нагрузки,  $p_z = p \cos \varphi + t \sin \varphi$  – вертикальная составляющая внешней нагрузки.

Интегрируя второе уравнение в (1) от  $\varphi_0$  до  $\varphi$  (координата  $\varphi_0$  соответствует верхнему краю оболочки), получим:

$$r(N_\varphi \sin \varphi + Q \cos \varphi) = F(\varphi), \quad (2)$$

где  $F(\varphi) = - \int_{\varphi_0}^{\varphi} p_z R_1 r d\varphi + C.$

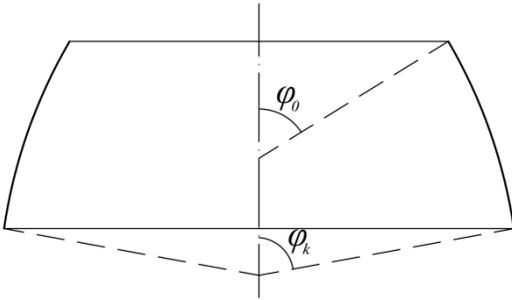


Рис. 2. К формулировке граничных условий

При отсутствии нагрузки на верхнем краю оболочки постоянная  $C$  обращается в нуль.

При использовании теории Кирхгофа-Лява полные деформации оболочки представляют сумму деформаций срединной поверхности и деформаций, вызванных изменением кривизны:

$$\varepsilon_\varphi = \varepsilon_\varphi^0 + \chi_\varphi y; \quad \varepsilon_\theta = \varepsilon_\theta^0 + \chi_\theta y. \quad (3)$$

В формулах (3) и далее под  $y$  понимается локальная ось, направленная по нормали к срединной поверхности оболочки. Координаты  $y$  отсчитываются от срединной поверхности. Положительное направление оси  $y$  совпадает с положительным направлением поверхностной нагрузки  $p$ . Деформации срединной поверхности определяются следующим образом:

$$\varepsilon_\varphi^0 = \frac{1}{R_1} \frac{dv}{d\varphi} - \frac{w}{R_1}; \quad \varepsilon_\theta^0 = \frac{v \cos \varphi - w \sin \varphi}{r}, \quad (4)$$

где  $w$  и  $v$  – соответственно перемещения в направлении нормали к поверхности оболочки и касательной к меридиану.

Изменения кривизн оболочки определяются следующим образом:

$$\chi_\varphi = - \frac{1}{R_1} \frac{d\alpha}{d\varphi}; \quad \chi_\theta = - \frac{\alpha}{R_2} \operatorname{ctg} \varphi, \quad (5)$$

где  $\alpha = \frac{v}{R_1} + \frac{1}{R_1} \frac{dw}{d\varphi}$  – угол поворота нормали.

Исключая из (4) перемещения, получим:

$$\frac{R_2}{R_1} \frac{d\varepsilon_\theta^0}{d\varphi} = (\varepsilon_\varphi^0 - \varepsilon_\theta^0) \operatorname{ctg} \varphi - \alpha. \quad (6)$$

Связь между напряжениями и деформациями для ортотропного материала имеет вид:

$$\varepsilon_\varphi = \frac{\sigma_\varphi}{E_1} - \nu_2 \frac{\sigma_\theta}{E_2} + \varepsilon_\varphi^*; \quad \varepsilon_\theta = \frac{\sigma_\theta}{E_2} - \nu_1 \frac{\sigma_\varphi}{E_1} + \varepsilon_\theta^*, \quad (7)$$

где  $\varepsilon_\varphi^*$  и  $\varepsilon_\theta^*$  – деформации ползучести.

Выразим из (8) напряжения через деформации:

$$\sigma_\varphi = \frac{E_1}{1 - \nu_1 \nu_2} (\varepsilon_\varphi + \nu_2 \varepsilon_\theta - (\varepsilon_\varphi^* + \nu_2 \varepsilon_\theta^*));$$

$$\sigma_\theta = \frac{E_2}{1 - \nu_1 \nu_2} (\varepsilon_\theta + \nu_1 \varepsilon_\varphi - (\varepsilon_\theta^* + \nu_1 \varepsilon_\varphi^*)). \quad (8)$$

Изгибающие моменты определяются следующим образом:

$$M_\varphi = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_\varphi y dy = D_1 (\chi_\varphi + \nu_2 \chi_\theta) - M_\varphi^* =$$

$$= -D_1 \left( \frac{1}{R_1} \frac{d\alpha}{d\varphi} + \frac{\nu_2}{R_2} \alpha \operatorname{ctg} \varphi \right) - M_\varphi^*; \quad (9)$$

$$M_\theta = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_\theta y dy = D_2 (\chi_\theta + \nu_1 \chi_\varphi) - M_\theta^* =$$

$$= -D_2 \left( \frac{\alpha}{R_2} \operatorname{ctg} \varphi + \frac{\nu_1}{R_1} \frac{d\alpha}{d\varphi} \right) - M_\theta^*,$$

где  $M_\varphi^* = \frac{E_1}{1 - \nu_1 \nu_2} \int_{-h/2}^{h/2} (\varepsilon_\varphi^* + \nu_2 \varepsilon_\theta^*) y dy;$

$$M_\theta^* = \frac{E_2}{1 - \nu_1 \nu_2} \int_{-h/2}^{h/2} (\varepsilon_\theta^* + \nu_1 \varepsilon_\varphi^*) y dy,$$

$$D_1 = \frac{E_1 h^3}{12(1 - \nu_1 \nu_2)}, \quad D_2 = \frac{E_2 h^3}{12(1 - \nu_1 \nu_2)}.$$

Подставляя (9) в последнее уравнение равновесия в (1), получим первое разрешающее уравнение:

$$\frac{R_2}{R_1} \frac{d^2 \alpha}{d\varphi^2} + \frac{d\alpha}{d\varphi} \left[ \frac{d}{d\varphi} \left( \frac{R_2}{R_1} \right) + \frac{R_2}{R_1} \operatorname{ctg} \varphi \right] +$$

$$+ \alpha \left( -\nu_2 - \frac{\nu_2}{\nu_1} \frac{R_1}{R_2} \operatorname{ctg}^2 \varphi \right) + \frac{R_1 V}{D_1} =$$

$$= - \frac{1}{D_1 \sin \varphi} \left( \frac{d}{d\varphi} (M_\varphi^* r) - R_1 \cos \varphi M_\theta^* \right). \quad (10)$$

Продольные силы определяются следующим образом:

$$N_\varphi = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_\varphi dy = \frac{E_1 h}{1 - \nu_1 \nu_2} (\varepsilon_\varphi^0 + \nu_2 \varepsilon_\theta^0) - N_\varphi^*; \quad (11)$$

$$N_\theta = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_\theta dy = \frac{E_2 h}{1 - \nu_1 \nu_2} (\varepsilon_\theta^0 + \nu_1 \varepsilon_\varphi^0) - N_\theta^*,$$

$$N_\varphi^* = \frac{E_1}{1 - \nu_1 \nu_2} \int_{-h/2}^{h/2} (\varepsilon_\varphi^* + \nu_2 \varepsilon_\theta^*) dy,$$

где

$$N_{\theta}^* = \frac{E_2}{1 - \nu_1 \nu_2} \int_{-h/2}^{h/2} (\varepsilon_{\theta}^* + \nu_1 \varepsilon_{\varphi}^*) dy.$$

С другой стороны, из первых двух уравнений равновесия (1) можно записать:

$$\begin{aligned} N_{\theta} &= -\frac{1}{R_1} \frac{dV}{d\varphi} - pR_2 - \frac{1}{R_1 \sin^2 \varphi} F(\varphi); \\ N_{\varphi} &= -\frac{ctg \varphi}{R_2} V + \frac{1}{R_2 \sin^2 \varphi} F(\varphi), \end{aligned} \quad (12)$$

где  $V = R_2 Q$ .

Выразим из (11) деформации срединной поверхности:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\varphi}^0 &= \frac{1}{E_1 h} (N_{\varphi} + N_{\varphi}^*) - \frac{\nu_2}{E_2 h} (N_{\theta} + N_{\theta}^*) = \\ &= \frac{1}{E_1 h} \left( -\frac{ctg \varphi}{R_2} V + \frac{1}{R_2 \sin^2 \varphi} F(\varphi) + N_{\varphi}^* \right) - \\ &- \frac{\nu_2}{E_2 h} \left( -\frac{1}{R_1} \frac{dV}{d\varphi} - pR_2 - \frac{1}{R_1 \sin^2 \varphi} F(\varphi) + N_{\theta}^* \right); \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\theta}^0 &= \frac{1}{E_2 h} (N_{\theta} + N_{\theta}^*) - \frac{\nu_1}{E_1 h} (N_{\varphi} + N_{\varphi}^*) = \\ &= \frac{1}{E_2 h} \left( -\frac{1}{R_1} \frac{dV}{d\varphi} - pR_2 - \frac{1}{R_1 \sin^2 \varphi} F(\varphi) \right) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{\nu_2}{R_2} \right) + \\ &+ \nu_2 \frac{ctg \varphi}{R_2} V + N_{\theta}^* - \nu_2 N_{\varphi}^*. \end{aligned}$$

Подставляя (13) в (6), получим второе разрешающее уравнение:

$$\begin{aligned} &\frac{R_2}{R_1} \frac{d^2 V}{d\varphi^2} + \frac{dV}{d\varphi} \left[ \frac{R_2}{R_1} ctg \varphi + \frac{d}{d\varphi} \left( \frac{R_2}{R_1} \right) \right] + \\ &+ V \left( \nu_2 - \frac{\nu_2}{\nu_1} \frac{R_1}{R_2} ctg^2 \varphi \right) = \end{aligned} \quad (14)$$

$$= E_2 h \alpha R_1 + \Phi(\varphi) + \Phi^*(\varphi),$$

где  $\Phi(\varphi) = -(1 + \nu_2) \left[ \frac{F(\varphi)}{\sin^2 \varphi} + pR_1 R_2 \right] ctg \varphi -$

$$- \frac{(1 + \nu_1) E_2}{E_1} \frac{R_1}{R_2 \sin^2 \varphi} F(\varphi) ctg \varphi -$$

$$- R_2 \frac{d}{d\varphi} \left( pR_2 + \frac{F(\varphi)}{\sin^2 \varphi} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{\nu_2}{R_2} \right) \right);$$

$$\Phi^*(\varphi) = R_2 \frac{d}{d\varphi} (N_{\theta}^* - \nu_2 N_{\varphi}^*) -$$

$$- R_1 ctg \varphi \left( N_{\varphi}^* (1 + \nu_1) \frac{E_2}{E_1} - (1 + \nu_2) N_{\theta}^* \right).$$

Таким образом, задача свелась к системе из двух дифференциальных уравнений второго порядка (10) и (14).

Методику решения задачи рассмотрим на примере жестко защемленной в основании оболочки из однонаправленного стеклопластика, поверхность которой представляет однополостной гиперboloид вращения (рис. 3). Уравнение меридиана этой поверхности записывается в виде:

$$r = \frac{a}{b} \sqrt{b^2 + z^2}, \quad (15)$$

где  $a$  и  $b$  – параметры гиперболы.

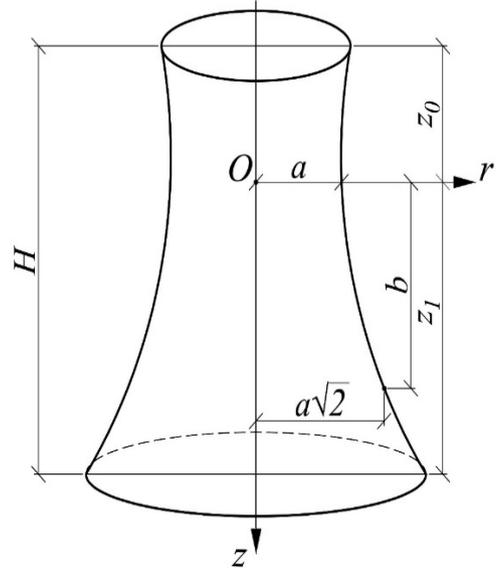


Рис. 3. Однополостной гиперboloид вращения

Граничные условия для свободного края ( $\varphi = \varphi_0$ ) записываются в виде:

$$Q = 0 \rightarrow V = 0;$$

$$M_{\varphi} = 0 \rightarrow \frac{1}{R_1} \frac{d\alpha}{d\varphi} + \nu_2 \frac{ctg \varphi}{R_2} \alpha = 0.$$

Для жестко защемленного края:  $\alpha = 0, \varepsilon_{\theta}^0 = 0$ .

В качестве уравнения связи между деформациями ползучести и напряжениями будем использовать следующий закон, приведенный в [23]:

$$\varepsilon_{ij}(t) = I_{ijkl} \sigma_{kl}(t) + \int_0^t K_{ijkl}(t - \tau) \sigma_{kl}(\tau) d\tau, \quad (16)$$

где  $\sigma_{kl}$  – тензор напряжений,  $\varepsilon_{ij}$  – тензор деформаций,  $K_{ijkl}(t - \tau)$  – функции ядер ползучести.

В развернутом виде для осесимметричного нагружения соотношения (16) записываются следующим образом:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\varphi} &= I_{1111} \sigma_{\varphi} + I_{1122} \sigma_{\theta} + \int_0^t K_{1111}(t - \tau) \sigma_{\varphi}(\tau) d\tau + \\ &+ \int_0^t K_{1122}(t - \tau) \sigma_{\theta}(\tau) d\tau; \end{aligned} \quad (17)$$

$$\varepsilon_{\theta} = I_{1122}\sigma_{\varphi} + I_{2222}\sigma_{\theta} + \int_0^t K_{1122}(t-\tau)\sigma_{\varphi}(\tau)d\tau + \int_0^t K_{2222}(t-\tau)\sigma_{\theta}(\tau)d\tau.$$

Связь технических постоянных  $E_1, E_2, \nu_1, \nu_2$  с коэффициентами  $I_{ijkl}$  имеет вид:

$$E_1 = \frac{1}{I_{1111}}; E_2 = \frac{1}{I_{2222}}; \nu_1 = -\frac{I_{1122}}{I_{1111}}; \nu_2 = -\frac{I_{1122}}{I_{2222}}. \quad (18)$$

Функции  $K_{ijkl}(t) = \varphi_m$  в работе [23] представляются в виде суммы экспонент:

$$\varphi_m(t) = \frac{\lambda_m}{3} \sum_{i=1}^3 \beta_{mi} \exp(-\beta_{mi}t). \quad (19)$$

Индекс  $m$  в формуле (19) указывает на номер ядра ползучести:  $K_{1111} = \varphi_1, K_{2222} = \varphi_2, K_{1122} = \varphi_3$ . Упругие и реологические характеристики однонаправленного стеклопластика были взяты из работы [23].

При ядре (19) закон ползучести (16) можно представить в дифференциальной форме. Дифференциальная форма закона ползучести позволяет разбить временной интервал, на котором исследуется процесс ползучести, на  $n$  шагов  $\Delta t$ , на первом этапе решить упругую задачу, далее по напряжениям определить скорости роста деформаций ползучести, а величины  $\varepsilon_{i\varphi}^*$  в момент времени  $t+\Delta t$  найти при помощи метода Эйлера:

$$\varepsilon_{t+\Delta t}^* = \varepsilon_t^* + \frac{\partial \varepsilon^*}{\partial t} \Delta t. \quad (20)$$

Система уравнений (10) и (14) авторами решалась методом конечных разностей. Для определения величин  $M_i^*$  и  $N_i^*$  ( $i = \varphi, \theta$ ) вводилась сетка по толщине оболочки, и интегралы вычислялись численно по формуле трапеций.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Расчет выполнялся на действие гидростатического давления при  $a = 2 \text{ м}, b = 5 \text{ м}, z_0 = -0.7 \text{ м}, z_1 = 3.3 \text{ м}, h = 1 \text{ см}$ . Помимо метода конечных разностей для решения использовался метод конечных элементов. Оболочка моделировалась осесимметричными конечными элементами в виде усеченных конусов. Полученный в результате график роста максимальной величины прогиба приведен на рис. 4. Штриховой линии соответствует решение при помощи МКР, сплошной – при помощи МКЭ. Из данного графика видно, что перемещения в процессе ползучести практически не меняются.

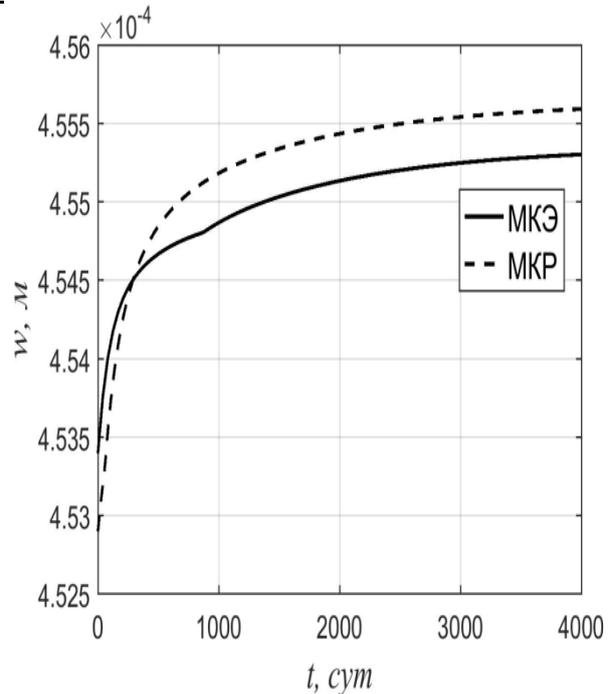


Рис. 4. Графики роста наибольшей величины прогиба

На рис. 5 приведен график изменения во времени меридионального изгибающего момента в основании оболочки. Изгибающий момент снизился на 8%. На такую же величину произошло уменьшение кольцевого изгибающего момента. Продольные силы в процессе ползучести практически не изменились. Изменение величины  $M_{\varphi}$  по высоте оболочки в конце процесса ползучести приведено на рис. 6.

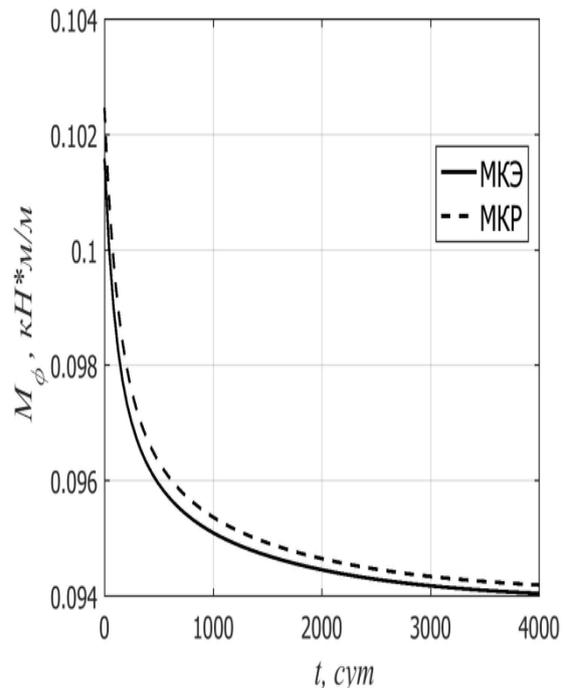


Рис. 5. Изменение во времени наибольшего меридионального изгибающего момента

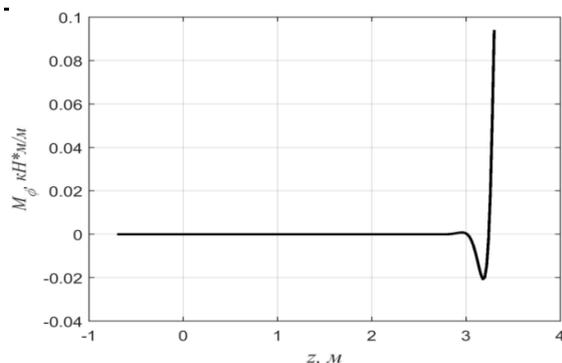


Рис. 6. Изменение меридионального изгибающего момента по высоте оболочки в конце процесса ползучести

### ВЫВОДЫ

Полученные уравнения являются универсальными и позволяют использовать произвольный закон ползучести, в том числе и нелинейный. Также имеется возможность применения модели ортотропной оболочки для расчета железобетонных резервуаров, у которых коэффициенты армирования в меридиональном и кольцевом направлении различны. Из полученных результатов следует, что в рассмотренной задаче ползучесть оказывает положительное влияние на напряженно-деформированное состояние конструкции.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крысько, А.А. Способ геометрического моделирования поверхности резервуара любого объема для хранения нефтепродуктов с учетом несовершенств / А.А. Крысько // Строительство и техногенная безопасность. 2013. № 48. С. 98-102.
2. Якупов, Н.М. Расчет тонкостенных сферических оболочек с углублениями на базе трехмерных конечных элементов // Н.М. Якупов, Ф.Г. Ахмадиев, Х.Г. Киямов // Строительство и техногенная безопасность. – 2014. – № 50. – С. 185-190.
3. Чемодуров, В.Т. Оценка прочности цилиндрических баков с жидким наполнителем при динамических нагрузках / В. Т. Чемодуров, Ю.С. Кузьмина // Строительство и техногенная безопасность. – 2016. – № 2 (54). – С. 31-34.
4. Куликов, Г.В. Упругие связи предварительного напряжения мягких оболочек тентовых сооружений / Г.В. Куликов, Г.Г. Куликов // Строительство и техногенная безопасность. 2013. № 47. С. 12-15.
5. Куликов, Г.В. Тентовая архитектура Крыма: вчера, сегодня, завтра / Г.В. Куликов, Г.Г. Куликов // Строительство и техногенная безопасность. 2013. № 46. С. 5-9.
6. Погорельый, Д.Ф. Демпфирование колебаний оболочки при полигармоническом нагружении / Д.Ф. Погорельый, С.М. Малинский, А.Ю. Чернявский, В.А. Бойко // Строительство и

техногенная безопасность. – 2013. – № 48. – С. 137-141.

7. Чемодуров, В.Т. Расчет многослойной пластины с приведенной жесткостью / В.Т. Чемодуров, П.М. Канцеров // Строительство и техногенная безопасность. – 2012. – № 42. – С. 18-25.

8. Чемодуров, В.Т. Выбор параметров многослойной пластины методом планирования эксперимента / В. Т. Чемодуров, В.И. Шинкарук // Строительство и техногенная безопасность. – 2012. – № 42. – С. 26-30.

9. Чемодуров, В.Т. Выбор параметров многослойной пластины методом случайного поиска / В. Т. Чемодуров, М.С. Сейтжелилов // Строительство и техногенная безопасность. – 2012. – № 42. – С. 31-36.

10. Трегубова, И.А. Выбор систем координат при численном описании конечно-элементной модели оболочки // Строительство и техногенная безопасность. – 2012. – № 41. – С. 222-224.

11. Якупов, Н.М. Компьютерное моделирование расчета напряженно-деформированного состояния оболочечной конструкции сложной геометрии / Н.М. Якупов, Х.Г. Киямов, Ф.Г. Ахмадиев // Строительство и техногенная безопасность. – 2012. – № 41. – С. 261-267.

12. Литовченко, П.А. Распределение напряжений в нормальном сечении облегченных трёхслойных сборно-монолитных железобетонных панелей при изгибе / П.А. Литовченко, Н.И. Глушаков // Строительство и техногенная безопасность. – 2012. – № 43. – С. 31-35.

13. Creus G. J. Viscoelasticity—basic theory and applications to concrete structures. Springer Science & Business Media, 2012. 168 с.

14. Тамразян А.Г. Механика ползучести бетона: монография. М.: МГСУ, 2012. 524 с.

15. Boyle J. T., Spence J. Stress analysis for creep. Elsevier, 2013. 283 с.

16. Bockhold J., Petryna Y. S.. Creep influence on buckling resistance of reinforced concrete shells // Computers & structures. 2008. №86.7. С. 702-713.

17. Бреславский Д.В., Морачковский О.К., Татарина О.А. Высокотемпературная ползучесть и длительная прочность элементов конструкций при циклическом нагружении // Проблемы прочности. 2008. № 5. С. 46-53.

18. Белов А. В., Поливанов А. А., Попов А. Г. Оценка работоспособности многослойных пластин и оболочек с учетом повреждаемости материалов вследствие ползучести и высокотемпературной водородной коррозии // Современные проблемы науки и образования. 2007. №. 4. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=416>

19. Тамразян А.Г. Термоползучесть пологих железобетонных оболочек и плоских пластин при высоких температурах // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 10. С. 15-20.

20. Жгуттов, В. М. Математические модели деформирования ортотропных и изотропных

ребристых оболочек при учете ползучести материала/ В.М. Жгутов //Инженерно-строительный журнал. – 2009. – №. 7. – С. 46-54.

21. Chepurnenko A.S., Mailyan L.R., Yazyev B.M., Ivanov A. Calculation of the rotation shells on axisymmetric load taking the creep into account // MATEC Web of Conferences. 2017. № 106. URL: [https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2017/20/mateconf\\_spbw2017\\_04011/mateconf\\_spbw2017\\_04011.html](https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2017/20/mateconf_spbw2017_04011/mateconf_spbw2017_04011.html)

22. Александров А. В., Потапов В. Д. Сопrotивление материалов. Основы теории упругости и пластичности. М.: Высш. школа, 2002. 400 с.

23. Горохов А.Ю., Труфанов Н.А. О перераспределении напряжений в ортотропной вязкоупругой пластинке в окрестности круглого включения //Вестник ПНИПУ. Механика. 2011. №1. С. 170-182.

## REFERENCES

1. Krys'ko, A. A. Method for geometric modeling of surface reservoir of any size for storing petroleum products subject to imperfections / A. A. krys'ko // Construction and technogenic safety. 2013. No. 48. P. 98-102.

2. Yakupov, N.M. The calculation of thin-walled spherical shells with indentations on the base of three-dimensional finite element/ N. M. Yakupov, F. G. akhmadiev, H. G. Kiiamov // Construction and technogenic safety. – 2014. – No. 50. – P. 185-190.

3. Chemodurov, V. T. Evaluation of strength of cylindrical tanks filled with liquid under dynamic loads / Chemodurov V. T., Y. S. Kuzmin // Construction and industrial safety. – 2016. – № 2 (54). – P. 31-34.

4. Kulikov, G. V. Elastic pre-tension when soft shells for tensile structures / G. V. Kulikov, G. G. Kulikov // Construction and technogenic safety. 2013. No. 47. S. 12-15.

5. Kulikov, G. V. Awning the architecture of the Crimea: yesterday, today, tomorrow/ G. V. Kulikov, G. G. Kulikov // Construction and technogenic safety. 2013. No. 46. P.5-9.

6. Pogorelov, D. F. damping vibrations of the shell at polyharmonic loading D. F. Pogorelov, S. M. Malin, A. Yu., Chernyavskii, V. A. Boiko // Construction and technogenic safety. – 2013. – No. 48. – S. 137-141.

7. Chemodurov, V. T. Calculation of laminated plates with a given stiffness / Chemodurov V. T., P. M. Kantserov // Construction and technogenic safety. – 2012. – No. 42. – Pp. 18-25.

8. Chemodurov, V. T. The Choice of parameters of multilayer plates by the method of experiment planning / Chemodurov V. T., V. I. Shynkaruk // Construction and technogenic safety. – 2012. – No. 42. – P. 26-30.

9. Chemodurov, V. T. the Choice of parameters of multilayer plates by the method of random search /

Chemodurov V. T., M. S. Satullo // Construction and technogenic safety. – 2012. – No. 42. – P. 31-36.

10. Tregubova, I. A. Choice of coordinate systems for the numerical description of finite element model shell / Building and technogenic safety. – 2012. – No. 41. – Pp. 222-224.

11. Yakupov, N.M. Computer modeling calculation of the stress-state of deformation of shell structures with complex geometry / N. M. Yakupov, H. G. Kiiamov, F. G. akhmadiev // Construction and technogenic safety. – 2012. – No. 41. – Pp. 261-267.

12. Litovchenko, P. A. the stress Distribution in a normal cross section of the lightweight three-layer precast concrete panels in bending / A. P. Litovchenko, N. And. Glushakov // Construction and technogenic safety. – 2012. – No. 43. – S. 31-35.

13. Creus G. J. Viscoelasticity—basic theory and applications to concrete structures. Springer Science & Business Media, 2012. 168 p.

14. Tamrazyan A. G. Mechanics of creep of concrete: monograph. Moscow: MGSU, 2012. 524 p.

15. Boyle J. T., Spence J. Stress analysis for creep. Elsevier, 2013. 283 p.

16. Bockhold, J., Petryna Y. S.. Creep influence on buckling resistance of reinforced concrete shells // Computers & structures. 2008. No. 86.7. P. 702-713.

17. Breslau, D. V., Morachkovsky O. K., Tatarinova O. A. high-temperature creep and long-term strength of structural elements under cyclic loading // Problems of strength. 2008. No. 5. S. 46-53.

18. Belov A.V., Polivanov A. A., Popov A. G. performance Evaluation of multilayered plates and shells taking into account damage of materials due to creep and high-temperature hydrogen corrosion // Modern problems of science and education. 2007. no. 4. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=416>

19. Tamrazyan A. G. Creep of shallow reinforced concrete shells and flat plates at high temperatures // Industrial and civil construction. 2015. No. 10. S. 15-20.

20. Harnesses, V. M. Mathematical model of deformation of orthotropic and isotropic ribbed shells when accounting for material creep/ V. M. Zhgoutov //magazine of civil Engineering. – 2009. – №. 7. – P. 46-54.

21. Chepurnenko A. S., L. R. Mailyan, Yazyev B. M., Ivanov A. Calculation of the rotation on axisymmetric shells load taking the creep into account // MATEC Web of Conferences. 2017. No. 106. URL: [https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2017/20/mateconf\\_spbw2017\\_04011/mateconf\\_spbw2017\\_04011.html](https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2017/20/mateconf_spbw2017_04011/mateconf_spbw2017_04011.html)

22. Aleksandrov A.V., Potapov V. D. mechanics of materials. Fundamentals of the theory of elasticity and plasticity. M.: Vyssh. school, 2002. 400 p

23. Gorokhov A. Y., Trufanov N.. On the redistribution of stresses in orthotropic viscoelastic plate in the vicinity round on //Vestnik pnpu. Mechanics. 2011. No. 1. P. 170-182.

## THE CALCULATION OF ORTHOTROPIC SHELLS OF ROTATION ON AXISYMMETRIC LOAD WITH THE CREEP

Chepurenko, A. S., Saybel A.V.

**Summary.** The example of calculation of tank made of unidirectional fibreglass in the form of one-sheet hyperboloid of rotation, rigidly clamped at the base. As law creep equation is used linear theory of heredity with the nucleus as a sum of exponential functions. The solution is made numerically by finite difference method in Matlab. For the calculation the transition from the integral form of the law of creep to the differential, which allowed to use for the determination of creep deformation Euler method. Also the comparison of the results with the solution obtained on the basis of the finite element method. In the calculation by the finite element method was used axisymmetric finite elements in the form of truncated cones. Found that in this task the creep material has a positive effect on the stress-strain state of the structure. Movement, and annular meridional and longitudinal force in the process of creep is almost constant, and at the same time there is a decrease in the meridional and circumferential bending moments at the base of the shell 8%.

**Key words:** creep, skins, rotation, moment theory, numerical methods.



## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАСЧЕТА ОТДЕЛЬНО СТОЯЩИХ ФУНДАМЕНТОВ НА ИЗГИБ ПРИ ВНЕЦЕНТРЕННЫХ МАЛОЦИКЛОВЫХ НАГРУЗКАХ

И.М. Дьяков<sup>1</sup>, А.И. Дьяков<sup>2</sup>, М.И. Дьяков<sup>3</sup>

ФГОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры.

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181

karta3@mail.ru<sup>1</sup>, alexey3427@mail.ru<sup>2</sup>, dyakov2790@gmail.com<sup>3</sup>

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы совершенствования нормативного расчета отдельно стоящих фундаментов на изгиб при малоцикловых внецентренных нагрузках с учетом трансформации эпюры нормальных контактных напряжений под подошвой фундамента. Приведены и проанализированы результаты экспериментальных исследований. Выявлены некоторые особенности изменения формы эпюры нормальных контактных напряжений при воздействии внецентренных малоцикловых нагрузок. Предложена методика определения ординат эпюры нормальных контактных напряжений, измененной после воздействия внецентренных малоцикловых нагрузок, для расчета фундаментов на изгиб.

**Ключевые слова:** отдельно стоящие фундаменты, малоцикловые внецентренные нагрузки, эпюра нормальных контактных напряжений, изгиб.

### ВВЕДЕНИЕ

Расчет отдельно стоящих фундаментов на изгиб в соответствии с нормами [1] осуществляется при трапециевидной эпюре нормальных контактных напряжений без учета истории нагружения фундаментов. Экспериментальные исследования работы отдельно стоящих фундаментов при центральных малоцикловых нагрузках показали, что в процессе воздействия на фундаменты таких нагрузок происходят существенные изменения в грунтовом основании. Они связаны с формированием зоны уплотнения под центральной частью фундаментов, выпором грунта у краевых зон, деформацией плитной части конструкции, в результате чего происходит изменение эпюры нормальных контактных напряжений под подошвой фундамента. Данный процесс, в зависимости от количества циклов и интенсивности нагрузки предварительных загрузений, приводит к повышению или понижению несущей способности фундаментов на продавливание [2]. Исследования работы фундаментов при внецентренных малоцикловых нагрузках не проводились.

Учитывая, что несущая способность отдельно стоящих фундаментов на изгиб зависит от формы эпюры нормальных контактных напряжений, исследование ее изменения при воздействии внецентренных малоцикловых нагрузок на фундаменты, а так же учет трансформации эпюры в расчете прочности фундаментов является актуальным.

Основная цель исследований – совершенствование методики расчета фундаментов на изгиб. Для реализации цели поставлены такие задачи, как: анализ результатов экспериментальных исследований; выявление особенностей трансформации эпюры нормальных контактных напряжений под подошвой фундамента при воздействии на фундамент внецентренной малоцикловой нагрузки; разработка

предложений по учету изменения эпюры нормальных контактных напряжений в нормативной методике расчета фундаментов на изгиб.

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Взаимодействию отдельно стоящих фундаментов с грунтовым основанием, в том числе при малоцикловых нагрузках, посвящены работы многих отечественных и зарубежных ученых: Х.Г. Гафурова, Л.А. Гелиоса, Д.А. Гохфельда, М.Ю. Абелева, К.К. Куликова, Е.Н. Курбацкого, В.С. Курмеса, В.В. Леденева, Г.С. Лекумовича, И.Я. Лучковского, Май Дык Миня, А.И. Полищука, А.А. Смирнова, А.А. Тенякова, А.З. Тер-Мартirosяна, З.Г. Тер-Мартirosяна, Р.Р. Хасанова, А.А. Цесарского и др. В их работах были выявлены некоторые особенности поведения фундаментов и основания, разработаны различные методики расчета. Вместе с тем, особенности трансформации эпюры нормальных контактных напряжений под подошвой фундамента при воздействии на фундамент внецентренной малоцикловой нагрузки изучены недостаточно для совершенствования методики расчета фундамента на изгиб.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

С целью изучения особенностей трансформации эпюры нормальных контактных напряжений под подошвой отдельно стоящих фундаментов при внецентренной малоцикловой нагрузке, оценки применимости разработанных в [2] подходов к расчету ординат эпюры были проведены экспериментальные и теоретические исследования. Эксперименты выполнялись в грунтовом лотке, заполненном песком, на железобетонных моделях фундаментов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Опытные модели фундаментов имели размеры в плане 0,4 x 0,6 м, толщину плитной части 0,07 м и фрагмент колонны сечением 0,12 x 0,12 м. Испытание фундаментов проводили в грунтовом лотке размерами 2,2 x 2,2 м глубиной 2,2 м, заполненном кварцевым песком средней крупности.

Внешнюю нагрузку на фундаменты прикладывали через металлический башмак гидродомкратом. Эксцентриситет нагрузки составлял 4 см. Количество циклов загрузения составляло 10, а интенсивность предварительных нагружений – 0,75 от расчетной разгружающей нагрузки. На последнем цикле фундамент доводили до разрушения. Один фундамент был испытан при однократном нагружении. В процессе экспериментов измерял уровень внешней нагрузки, нормальные контактные напряжения под подошвой фундаментов, осадку, деформацию плитной части фундамента, напряжения в рабочей арматуре плиты.

Для получения теоретических результатов исследований использовались такие методы, как анализ, моделирование, изучение и обобщение.

Все опытные образцы разрушились от изгиба по нормальному сечению по грани наиболее нагруженной стороны колонны (рис.1). Воздействие внецентренных малоцикловых нагрузок привело к повышению несущей способности фундаментов на изгиб в 1,8 – 3,2 раза.

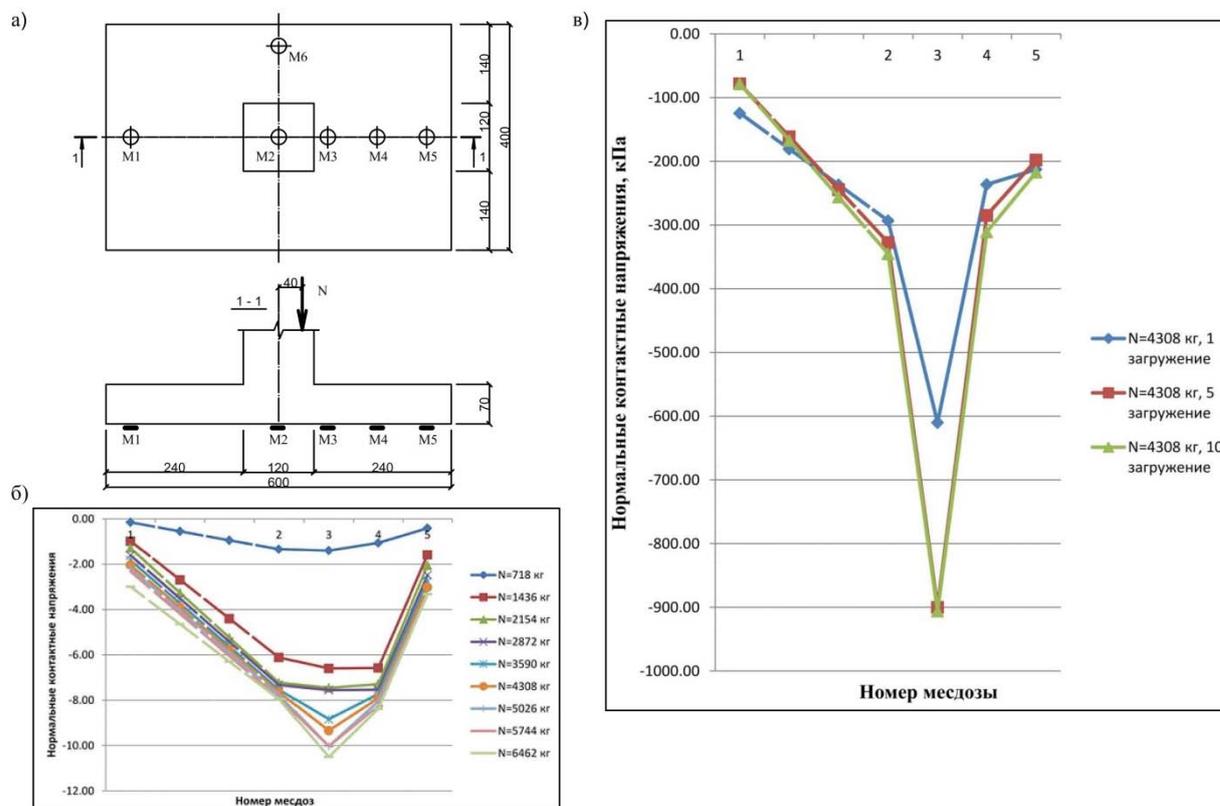
У фундамента Ф1, испытанного при однократном нагружении, эпюра нормальных контактных напряжений с начальных стадий загрузения трансформировалась в параболическую. Зона максимальных контактных напряжений была смещена от центра подошвы фундамента в направлении действия изгибающего момента (рис.2). Нормальные контактные напряжения в центральном сечении под краевыми зонами подошвы фундамента возрастали на всех стадиях нагружения более медленными темпами, чем под центральной частью. При этом их величина со стороны, в направлении которой действует момент, на начальных стадиях нагружения была выше. При нагрузках, близких к разрушающей, величины нормальных контактных напряжений в центральном сечении у краев подошвы фундамента были близки по значению.



**Рис. 1.** Грунтовый лоток с моделью фундамента, трещины на подошве моделей после разрушения  
**Fig. 1.** Primer tray with foundation model, cracks on the base of models after failure

Под фундаментами, испытанными при воздействии малоцикловых нагрузок, эпюра нормальных контактных напряжений трансформировалась на каждой последующей стадии нагружения, при этом наибольшие изменения эпюры происходили на первых пяти

стадиях. В процессе постадийного изменения формы эпюры наблюдалось увеличение контактных напряжений на участке, смещенном от центра подошвы в направлении действия изгибающего момента, и уменьшение ординат эпюры у краевых зон фундамента (рис. 2).



**Рис. 2.** Эпюры нормальных контактных напряжений под подошвой фундаментов:

а) параметры испытанного фундамента и размещение месдоз; б) нормальные контактные напряжения под подошвой фундамента Ф1 при однократном нагружении до разрушения; в) нормальные контактные напряжения под подошвой фундамента Ф2 при нагрузке 0,75 от расчетной разрушающей нагрузки (1, 5 и 10 нагружения)

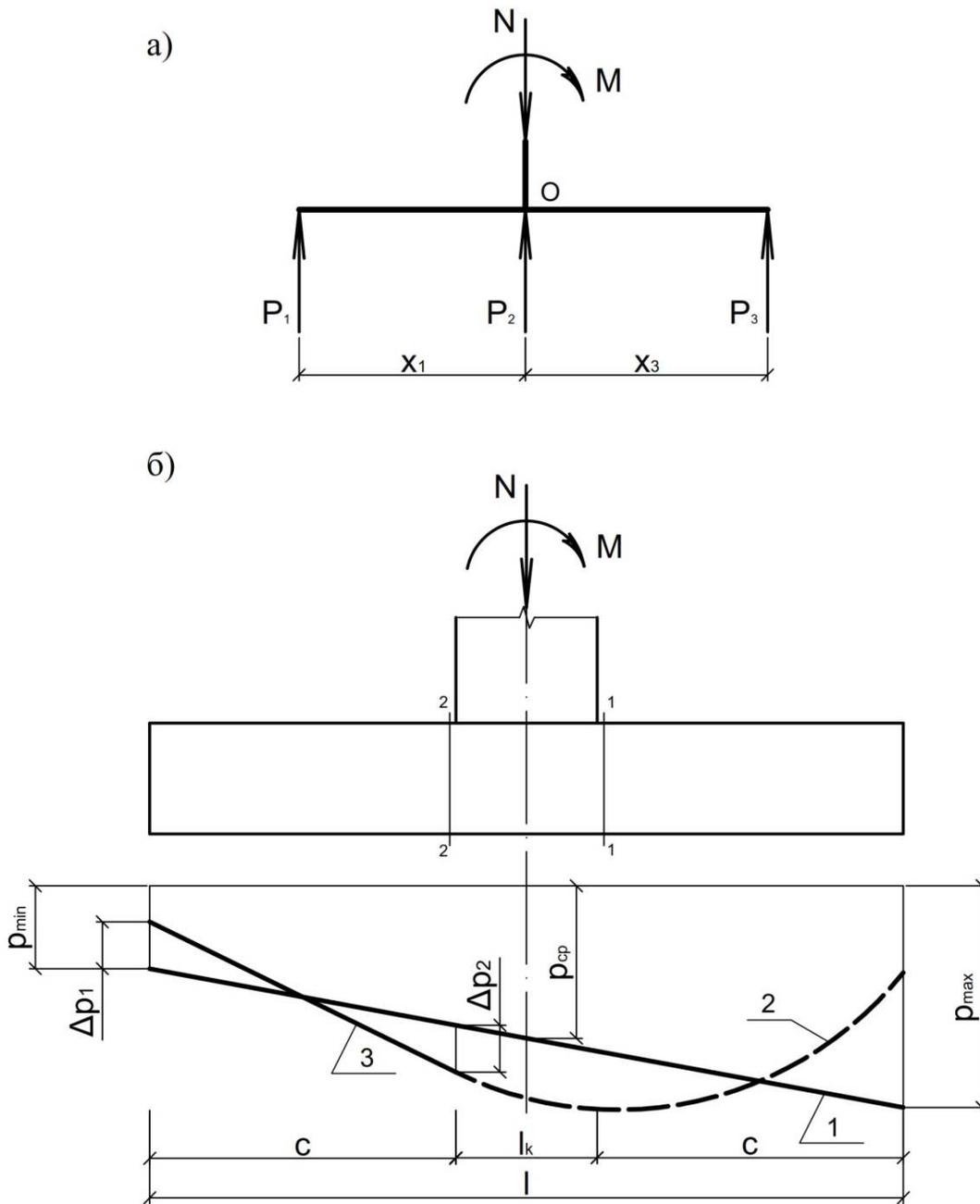
**Fig. 2.** Diagrams of normal contact stresses under the sole of foundations:

а) parameters of the tested foundation and placement of sensors; б) normal contact stresses under the base of the foundation F1 at a single loading before failure; в) normal contact stresses under the sole foundation F2 at a load of 0.75 of the estimated breaking load (1, 5 and 10 loading)

Таким образом, при воздействии внецентренных малоцикловых нагрузок, под подошвой фундамента происходит формирование зоны уплотненного грунта, обладающей отличающимися от краевых зон деформационными характеристиками, что аналогично процессам, происходящим под центрально нагруженными фундаментами малоцикловой нагрузкой [2]. Результатом этого процесса является увеличение ординат эпюры нормальных контактных напряжений под средней частью фундамента и уменьшение – под краевыми зонами. Вместе с тем, вертикальная ось центра зоны уплотнения смещается от оси симметрии подошвы

фундамента в направлении действия внешнего момента.

Учитывая результаты проведенных исследований, а так же основываясь на исследованиях, проведенных в [2], для упрощенного расчета фундаментов на изгиб предлагается методика расчетной трансформации эпюры нормальных контактных напряжений в плоском варианте решения задачи. Схема силового равновесия фундамента относительно точки «О», расположенной в центре подошвы фундамента представлена на рис.3.



**Рис. 3.** Схемы к определению эпюры нормальных контактных напряжений:

а) расчетная схема силового взаимодействия фундамента с основанием по предлагаемой методике; б) расчетные эпюры нормальных контактных напряжений в основании. 1 – эпюра, определяемая по нормам [1], 2 – перераспределенная эпюра по предлагаемой методике, 3 – расчетный участок эпюры для определения перераспределения

**Fig. 3.** Schemes for determining the stresses of normal contact stresses:

а) the design scheme of the force interaction of the foundation with the base according to the proposed procedure; б) calculated diagrams of normal contact stresses at the base. 1 - diagram determined by the norms [1], 2 - redistributed diagram according to the proposed procedure, 3 - calculated section of the diagram for determination of redistribution

Усилия  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$  - суммы нормальных контактных напряжений под поперечными полосами подошвы фундамента, ограниченными сечениями по граням колонны «1-1» и «2-2».  $x_1$  и  $x_3$  - расстояния от точки «О» до центра тяжести эпюр  $P_1$  и  $P_3$  соответственно.

Условия равновесия:

$$\sum X = 0 \quad \text{или} \quad P_1 + P_2 + P_3 - N = 0; \quad (1)$$

$$\sum M_0 = 0 \quad \text{или} \quad M + M_{p1} - M_{p3} = 0; \quad (2)$$

Основную проблему составляет определение формы перераспределенной эпюры нормальных контактных напряжений со стороны, в направлении которой действует внешний момент, а, соответственно, и расстояния  $x_3$ . Это связано с влиянием на эпюру нормальных контактных напряжений многих факторов, таких как: изгиб консоли плиты, ширины раскрытия нормальных трещин по грани колонны, выпор грунта у краевой зоны консоли плиты, формирование зоны уплотненного грунта. Недостаточная изученность смещения уплотненного ядра в грунте при воздействии внецентренной малоцикловой нагрузки, а так же то, что из-за выпора грунта у краевой зоны фундамента, максимальные контактные напряжения, вызванные наличием внешнего момента, смещаются в сторону центра фундамента, дополнительно осложняет задачу.

Для упрощения решения задачи учтем тот факт, что  $\sum N$  и  $\sum M_0$  после перераспределения нормальных контактных напряжений не изменяются. Соответственно уменьшение величины изгибающего момента при перераспределении нормальных контактных напряжений со стороны, в направлении которой действует внешний момент, равно уменьшению момента с противоположной стороны фундамента, т.е.  $\Delta M_{p3} = \Delta M_{p1}$ . Тогда уменьшенный в ходе перераспределения нормальных контактных напряжений после циклических нагружений фундамента момент  $M'_{p3}$  можно вычислить следующим образом:

$$M'_{p3} = M_{p3} - \Delta M_{p3} = M_{p3} - \Delta M_{p1}; \quad (3)$$

Учитывая, что со стороны фундамента, противоположной направлению действия момента, изгиб консольного вылета плиты и ширина раскрытия нормальных трещин меньше, уровень нормальных контактных напряжений меньше, форма эпюры нормальных контактных напряжений более

Изменение изгибающего момента в сечении «2-2» составит

$$\Delta M_{p1}^{2-2} = \frac{1}{4} \Delta p_1 c b \left( \frac{5}{6} c + \frac{1}{2} l_k \right) - \frac{1}{4} \Delta p_2 c b \left( \frac{1}{6} c + \frac{1}{2} l_k \right) = \frac{1}{12} \Delta p_2 c^2 b \quad (9)$$

Подставив значение  $\Delta p_2$  в формулу (9) получим

$$\Delta M_{p1}^{2-2} = \frac{1}{12} c^2 b (p_{cp} - l_k \frac{p_{cp} - p_{min}}{l}) (K_{уп} - 1) \quad (10)$$

Тогда уменьшенный за счет перераспределения изгибающий момент в расчетном сечении «1-1» фундамента

прямолинейная, определить искомый перераспределенный изгибающий момент  $M'_{p3}$  в сечении по грани колонны точнее и проще по правой части формулы (3).

В упрощенном варианте расчета, направленном на уточнение нормативной методики расчета [1], изгибающие моменты до трансформации эпюры  $M_{p1}$ ,  $M_{p3}$  а так же момент в расчетном сечении  $M_{(1-1)}$  будем находить от трапециевидной эпюры нормальных контактных напряжений (рис.3).

Учитывая, что под полосой фундамента шириной  $l_k$  при перераспределении нормальных контактных напряжений результирующий момент практически не изменяется, а так же то, что его величина по причине небольшого результирующего плеча невелика, соотношение  $\Delta M_{p3} = \Delta M_{p1}$  можно без существенной потери точности заменить на следующее

$$\Delta M_{p3}^{1-1} = \Delta M_{p1}^{2-2}, \quad (4)$$

где  $\Delta M_{p3}^{1-1}$  и  $\Delta M_{p1}^{2-2}$  - изгибающие моменты в сечениях «1-1» и «2-2» соответственно.

$\Delta M_{p1}^{2-2}$  определим от перераспределенной эпюры нормальных контактных напряжений (рис.3).

Если считать, что изменение коэффициента постели  $K_1$  под краем фундамента не произошло, а коэффициент постели под центральной частью фундамента  $K_2$  увеличился в связи с уплотнением грунта под средней частью фундамента, то

$$K_2 = K_1 * K_{уп}, \quad (5)$$

где  $K_{уп}$  - коэффициент, учитывающий изменение коэффициента постели за счет уплотнения грунта под центральной частью фундамента при воздействии малоцикловых нагрузок.

Тогда в плоском варианте решения задачи изменение ординат эпюры нормальных контактных напряжений составят

$$\Delta p_1 = \Delta p_2 = p_2 * K_{уп} - p_2 = p_2 (K_{уп} - 1); \quad (6)$$

Где

$$p_2 = p_{cp} - l_k \frac{p_{cp} - p_{min}}{l}; \quad (7)$$

Окончательно получим

$$\Delta p_1 = \Delta p_2 = (p_{cp} - l_k \frac{p_{cp} - p_{min}}{l}) (K_{уп} - 1) \quad (8)$$

$$\Delta M_{p3}^{1-1} = \frac{1}{2} c^2 * b * \left( \frac{1}{3} p_{\max} + \frac{2}{3} (p_{\text{cp}} + l_k \frac{p_{\max} - p_{\text{cp}}}{l}) \right) - \frac{1}{12} c^2 b (p_{\text{cp}} - l_k \frac{p_{\text{cp}} - p_{\min}}{l}) (K_{\text{уп}} - 1); \quad (11)$$

После упрощения

$$M_{(1-1)} = \frac{1}{2} c^2 b \left( \left( \frac{1}{3} p_{\max} + \frac{2}{3} (p_{\text{cp}} + l_k \frac{p_{\max} - p_{\text{cp}}}{l}) \right) - \frac{1}{6} (p_{\text{cp}} - l_k \frac{p_{\max} - p_{\text{cp}}}{l}) \right) (K_{\text{уп}} - 1); \quad (12)$$

$K_{\text{уп}}$  – зависит от характеристик грунта, количества циклов загрузений, размеров фундамента. При воздействии центральной малоцикловой нагрузки  $K_{\text{уп}}$  рассмотрен в [2]

$$K_{\text{уп}} = K_{\text{уп}0} + 5 \cdot [\text{arctg}((j - 1) \cdot v + v_j)]^3, \quad (13)$$

где  $K_{\text{уп}0}$  – начальное значение коэффициента, связанное с разными условиями деформирования грунтового основания под центральной частью и краевыми зонами подошвы фундамента;  $v$  – средняя относительная интенсивность предварительных нагружений основания системы фундамент-грунт;  $v_j$  – относительный уровень нагрузки на основание системы, при котором рассчитываются ординаты эпюры нормальных контактных напряжений.

Для внецентренной нагрузки  $v$  можно выразить, как

$$v = \frac{\sum_{i=1}^{j-1} P_{\max, \text{предв.}}^i}{(j-1)R_0}, \quad (14)$$

где  $P_{\max, \text{предв.}}^i$  – максимальный уровень нормальных контактных напряжений  $i$ -го

предварительного нагружения;  $R_0$  – расчетное сопротивление грунта.

Соответственно, относительный уровень нагрузки на основание системы  $v_j$ , при котором определяются ординаты эпюры нормальных контактных напряжений, можно определить по формуле

$$v_j = \frac{P_{j, \max}}{R_0} \quad (15)$$

Для оценки эффективности предложенной упрощенной методики расчета фундаментов на изгиб с учетом перераспределения напряжений в грунте вследствие воздействия малоцикловых нагрузок был выполнен расчет опытных фундаментов (рис.4). Как видно из рисунка, предложенные уточнения позволяют приблизить расчетные данные к опытным. Отклонения между расчетными и опытными данными связано с тем, что в расчетах не учтено перераспределение нормальных контактных напряжений, возникающее вследствие изгиба плиты фундамента и раскрытия нормальных трещин по граням колонны.

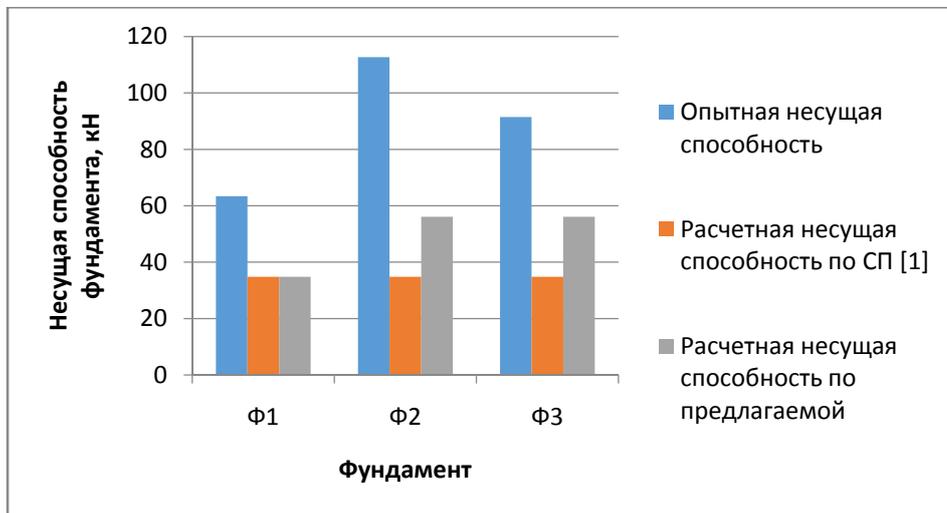


Рис. 4. Сопоставление опытных и расчетных данных  
 Fig. 4. Comparison of experimental and calculated data

### ВЫВОДЫ

Работа отдельно стоящих фундаментов при внецентренных малоцикловых нагрузках как и при центральных малоцикловых нагрузках приводит к образованию уплотненной зоны под средней частью фундамента и перераспределению нормальных контактных напряжений, возрастающему с

увеличением количества циклов нагружения. В отличие от центрально нагруженных фундаментов, зона уплотнения грунта под внецентренно нагруженными фундаментами смещена в направлении действия внешнего момента.

Предложенная в [2] методика расчета ординат эпюры нормальных контактных напряжений под центрально нагруженными фундаментами при

воздействию малоциклового нагрузки может быть транспортирована на внецентренно нагруженные фундаменты. При этом требуется более детальное изучение особенностей формирования и смещения от центра подошвы зоны уплотнения в зависимости от эксцентриситета внешней нагрузки и других факторов.

Для упрощенного расчета фундаментов на изгиб при воздействии внецентренной малоциклового нагрузки предлагается использовать нормативную методику расчета [1], предусматривающую плоское рассмотрение задачи, дополнив ее методикой учета перераспределения нормальных контактных напряжений под подошвой, связанного с циклическими загрузками. При этом, перераспределение нормальных контактных напряжений предлагается определять со стороны, противоположной действию внешнего момента, что упростит решение задачи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. – М.: Аналитик, 2012. – 156 с.
2. Дьяков, А.И. Силовое взаимодействие отдельно стоящего фундамента с грунтовым основанием при малоцикловых нагрузках [Текст] / А.И. Дьяков // Геотехника. – М.: ИЦ «Геомаркетинг». – 2016. – №1. – С. 38-48.

## REFERENCES

1. SP 63.13330.2012 Concrete and reinforced concrete structures. Updated version of SNiP 52-01-2003. - M.: Analyst, 2012. - 156 p.
2. Dyakov, A.I. Force interaction of a separately standing foundation with a ground base under low-cyclic loads [Text] / A.I. Dyakov // Geotechnics. - Moscow: IC Geomarketing. - 2016. - №1. - P. 38-48.

## IMPROVEMENT OF THE CALCULATION OF PIER FOUNDATION FOR BENDING WHEN EXPOSED TO ECCENTRIC CYCLIC LOADS

I. M. Dyakov, A. I. Dyakov, M. I. Dyakov

**Summary** The questions of perfection of the normative calculation of separately standing foundations for bending under low cyclic eccentric loads are considered taking into account the transformation of the diagram of the normal contact stresses under the base of the foundation. The results of experimental studies are presented and analyzed. Some features of the shape change of the normal contact stresses under the influence of eccentric low-cycle loads are revealed. A technique is proposed for determining the ordinates of the diagram of normal contact stresses, changed after the effect of eccentric low-cycle loads, for calculating the foundations for bending.

**Keywords:** pier foundation, eccentric cyclic loads, diagram of normal contact stresses



## ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕМБРАННЫХ ПОДПОРНЫХ СТЕН С УЧЕТОМ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ

Морозов В.В.<sup>1</sup>, Морозова Е.В.<sup>2</sup>, Нафиев Ш.А.<sup>3</sup>

ФГОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры.

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181

e-mail: morozovww@rambler.ru<sup>1</sup>; elmorozoff@ukr.net<sup>2</sup>; shevketnafiev1994@mail.ru<sup>3</sup>

**Аннотация:** Одним из перспективных направлений совершенствования конструкций в области подпорных стен является применение мембранных подпорных стен. Предложено несколько конструктивных решений мембранных подпорных стен. Представлены результаты численного эксперимента по изучению напряженно-деформированного состояния лицевой мембраны усовершенствованной расчетной модели подпорной стены с использованием конечных элементов, моделирующих массив грунта. Выполнена верификация полученных результатов.

**Ключевые слова:** подпорная стенка, лицевая мембрана, конечный элемент, напряженно-деформированное состояние.

### ВВЕДЕНИЕ

Одним из перспективных направлений совершенствования конструкций, контактирующих с грунтом является применение мембранных подпорных стен. Несмотря на очевидные преимущества, массовое применение мембранных подпорных стен в нашей стране не происходит. Одной из причин этого является отсутствие надежных, проверенных, имеющих нормативную подоснову, методик расчета.

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Исследования в этом направлении ведутся достаточно активно как в России, так и за рубежом [12]. В работе [2] подробно представлены области применения, конструктивные решения, основы расчета сооружений из армированного грунта, в работе [3] отражены исследования характеристик грунтового массива, армированного геоматериалами, методики расчета массивных и тонкостенных конструкций подпорных сооружений рассмотрены в работах [1,10]. В Академии строительства и архитектуры (ранее Национальной академии природоохранного и курортного строительства) на кафедре Строительных конструкций (ранее Железобетонных конструкций) в течение многих лет ведутся научные исследования в области конструкций подпорных стен [11]. Совершенствовались как традиционные конструкции, так и разрабатывались новые конструктивные решения [4]. Автором предложен ряд конструктивных решений мембранных подпорных стен, защищенных авторскими свидетельствами [8,9], проведены теоретические и экспериментальные исследования [7]. Применение для исследования работы мембранных подпорных стен современных программных средств [5,6]

значительно расширяет количество варьируемых параметров, способных повлиять на напряженно-деформированное состояние (НДС) элементов исследуемой конструкции, и разработку методов её расчета.

### ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью исследований является выбор оптимального программного средства и формата моделирования мембранных подпорных стен с учетом грунтовых условий при исследовании их работы методом численного эксперимента.

Задачи исследования: определение напряженно-деформированного состояния элементов мембранной подпорной стенки с использованием различных программных комплексов и их возможностей; верификация полученных результатов.

### АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТ ИССЛЕДОВАНИЙ

Используемые на сегодняшний день программные средства (ПС), используемые для расчета конструкций, контактирующих с грунтом можно условно разделить на две группы: ПС, анализирующие изменение НДС в грунтовой толще, например «PLAXIS 3D»; ПС, анализирующие изменение НДС непосредственно в конструкции, контактирующей с грунтом. Ко второй группе можно отнести программный комплекс «Лири-Windows» [5,6]. Развитие возможностей этого программного комплекса позволило в версии 2017 «Лири-САПР» моделировать грунтовые условия непосредственно и исследовать изменение НДС как в грунтовой толще, так и в элементах конструкции, контактирующей с грунтом, благодаря реализации конечных элементов (КЭ) 271 и 281.

Была создана расчетная схема (модель) трех секций подпорной стены рассматриваемой конструкции (рис.1). Лицевая мембрана моделировалась плоскими конечными элементами КЭ 341, который является геометрически нелинейным элементом, что позволяет прикладывать нагрузку поэтапно к уже деформированной схеме. Загружение от активного давления грунта в виде горизонтальной и вертикальной составляющей. Принятый грунт – песок средней крупности, маловлажный, плотность в естественном состоянии  $\gamma = 18 \text{ кН} / \text{м}^3$ , угол внутреннего трения  $\varphi = 28^\circ$ . Загружение задавалось не линейно шаговым методом с целью реализации геометрически нелинейного элемента (КЭ-341).

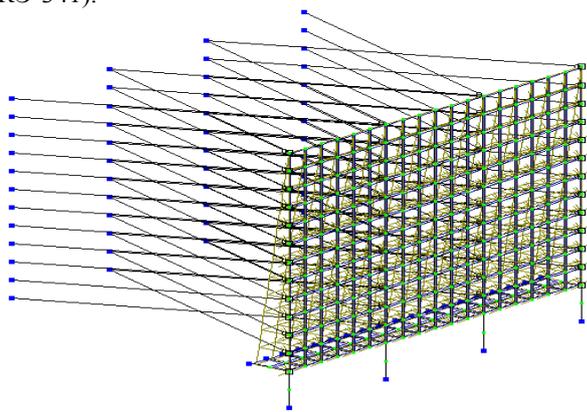


Рис. 1 – Расчетная схема модели 1.

Такая модель позволяла получить картину напряженно-деформированного состояния лицевой мембраны, близкой к данным экспериментальных исследований [7]. В ходе исследования анализировались деформации и характер распределения нормальных напряжений в лицевой мембране стенки в вертикальном и горизонтальном направлениях от активного давления грунта. На рис.2 представлена деформированная схема для исследуемой модели 1

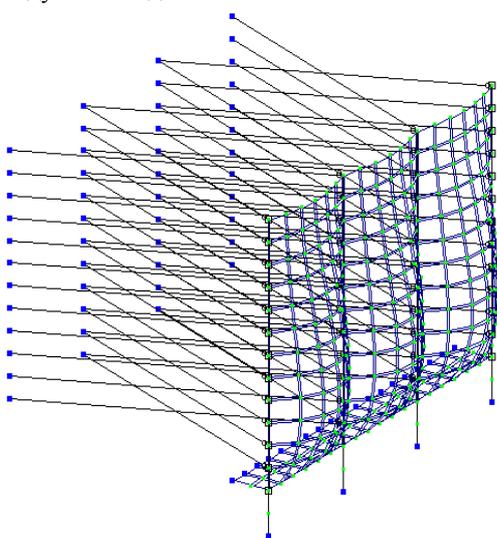
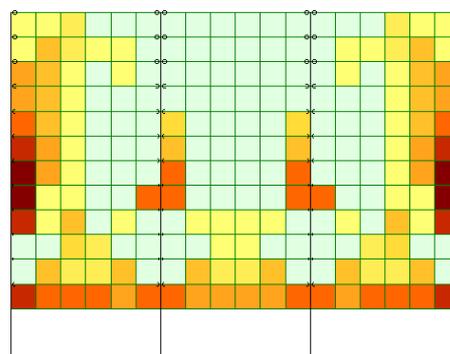
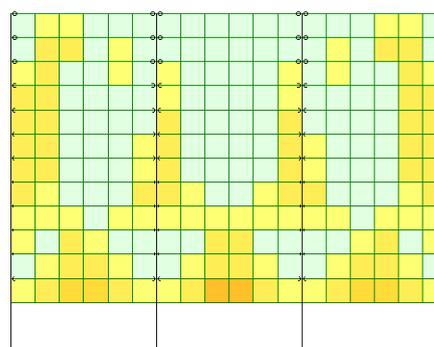


Рис. 2 – Деформированная схема модели 1.

На рис. 3 представлены мозаики распределения нормальных напряжений в горизонтальном направлении  $N_x$  (рис.3а) и вертикальном направлении  $N_y$  (рис.3б) в лицевой мембране от активного давления грунта.



а)



б)

Рис. 3 – Мозаика распределения нормальных напряжений в лицевой мембране модели 1:  
а-  $N_x$ ; б-  $N_y$

Деформированная схема имеет каплевидную форму. Максимальные перемещения наблюдаются в центральной части лицевой мембраны на высоте  $1/3$  от основания, что соответствует эпюре активного давления грунта. Максимальные напряжения в вертикальном направлении возникают в основании центральной части мембраны, максимальные напряжения в горизонтальном направлении возникают в основании центральной части мембраны в месте крепления к контрфорсам, в верхней части возникают незначительные сжимающие напряжения.

Очевидным недостатком такой модели является то, что нагрузка от активного давления грунта прикладывается к модели опосредованно, в виде вертикальной и горизонтальной составляющих. Это не позволяет проследить изменения напряженно-деформированного состояния в грунтовой толще, что для подпорных стен рассматриваемого типа может являться определяющим.

Была создана усовершенствованная расчетная модель (модель 2) за счет введения дополнительных элементов, моделирующих массив грунта (рис.4). Поставленная задача реализована использованием

для моделирования программного комплекса «ЛиРА-САПР 2013», где грунт моделируется плоскими нелинейными конечными элементами КЭ-281 с жесткостными характеристиками, соответствующими принятому грунту. Влияние массива грунта, примыкающего к расчетному, моделировалось КЭ-261, односторонней нелинейной связью с жесткостными характеристиками, соответствующими принятому грунту. Загружение задавалось только от собственного веса.

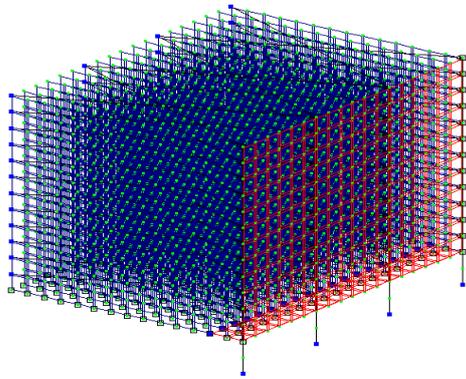


Рис. 4 – Расчетная схема модели 2.

В ходе исследования анализировались деформации и характер распределения нормальных напряжений в лицевой мембране стенки в вертикальном и горизонтальном направлениях от собственного веса грунта. На рис.5 представлена деформированная схема для исследуемой модели 2

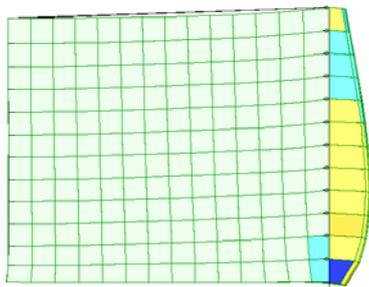


Рис. 5 – Деформированная схема модели 2.

На рис. 6 представлены мозаики распределения нормальных напряжений в горизонтальном направлении  $N_x$  (рис.6а) и вертикальном направлении  $N_y$  (рис.6б) в лицевой мембране от активного давления грунта.

Деформированная схема сохраняет каплевидную форму. Максимальные перемещения наблюдаются в центральной части лицевой мембраны на высоте 1/3 от основания. Максимальные напряжения в вертикальном направлении возникают ближе к основанию центральной части мембраны и являются растягивающими практически по всей площади мембраны. Максимальные напряжения в горизонтальном направлении возникают в основании центральной части мембраны в месте крепления к контрфорсам, в верхней части возникают значительные сжимающие напряжения.

Для верификации полученных результатов построены сравнительные диаграммы поперечных деформаций и нормальных напряжений в характерных

сечениях лицевой мембраны для двух исследуемых моделей.

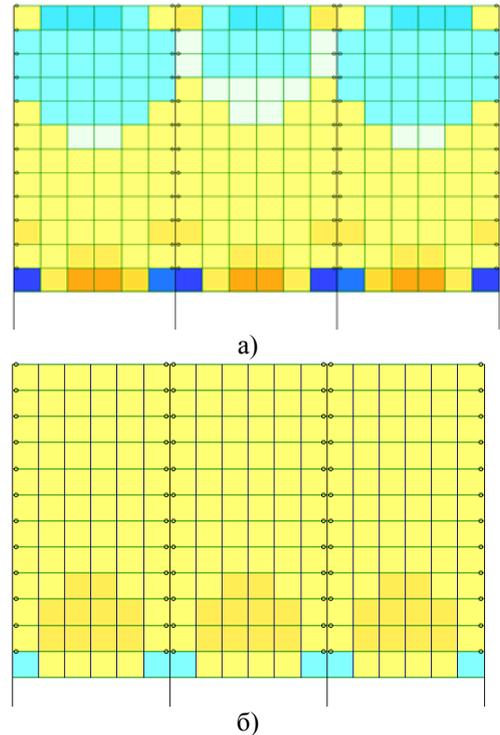


Рис. 6 – Мозаика распределения нормальных напряжений в лицевой мембране модели 2: а-  $N_x$ ; б-  $N_y$

На рис.7 представлены деформации по центральному сечению мембраны.

На рис.8 представлены нормальные напряжения  $N_y$  в вертикальном направлении по центральному сечению мембраны.

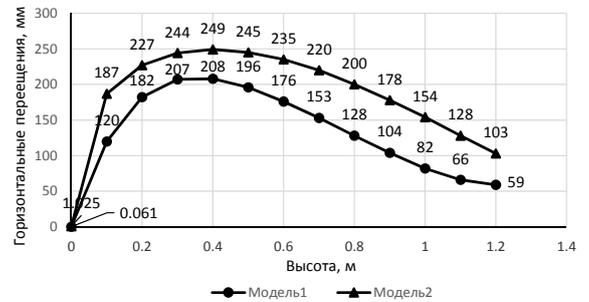


Рис. 7 – Поперечные деформации по центральному сечению мембраны

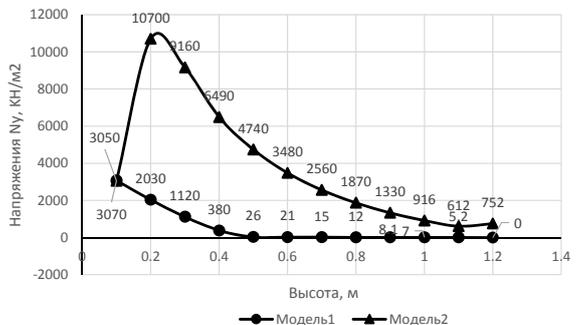


Рис. 8 – Нормальные напряжения  $N_y$  в вертикальном направлении по центральному сечению мембраны

На рис. 9 представлены нормальные напряжения  $N_x$ ; в горизонтальном направлении по сечениям, расположенным на высоте 0.4м (рис.9а) и 1.2м (рис.9б) от основания мембраны.

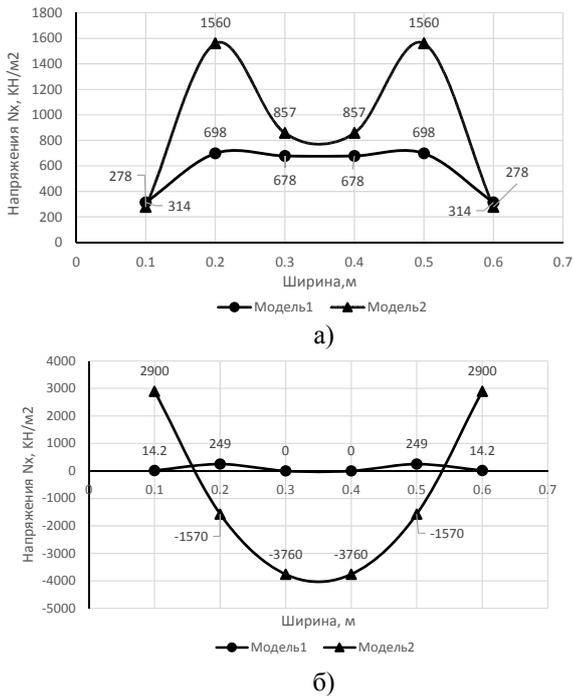


Рис. 9 – Нормальные напряжения  $N_x$  в горизонтальном направлении:

а - в сечении на высоте 0.4м от основания;  
б - в сечении на высоте 1.2м от основания

### ВЫВОДЫ

Создана усовершенствованная расчетная модель мембранной подпорной стенки с использованием дополнительных элементов, моделирующих массив грунта.

В результате анализа напряженно-деформированного состояния усовершенствованной модели и верификации результатов можно сделать следующие выводы:

- Деформированная схема имеет каплевидную форму. Максимальные перемещения наблюдаются в центральной части лицевой мембраны на высоте 1/3 от основания. Расхождение результатов в пределах 20-40%. Максимальные расхождения в верхней части мембраны.

- Максимальные напряжения в вертикальном направлении возникают ближе к основанию центральной части мембраны и являются растягивающими практически по всей площади мембраны. Расхождение результатов в пределах 80%. Максимальные расхождения в верхней части мембраны.

- Напряжения в горизонтальном направлении в сечении на высоте 0.4м от основания являются растягивающими. Расхождение результатов в пределах 20-50%

- Напряжения в горизонтальном направлении в сечении на высоте 1.2м от основания являются сжимающими.

- Общий характер напряженно-деформированного состояния позволяет сделать вывод о применимости усовершенствованной расчетной модели для изучения работы лицевой мембраны подпорной стенки.

- Верификация результатов показала необходимость корректировки расчетной модели, введением дополнительных элементов, моделирующих контакт лицевой мембраны и грунтового массива, для исключения работы последнего на растяжение.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугаева С.В. Обоснование методики расчета тонкостенных конструкций, взаимодействующих с грунтовой средой с учетом упруго-пластических свойств их материалов. // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – ОГАСА, 1999 - 146с.

2. Джоунс К.Д. Сооружения из армированного грунта. / Пер. с англ. В.С. Забавича; Под ред. В.Г. Мельника. – М.: Стройиздат, 1989 – 280 с.

3. Друкований М.Ф., Матвеев С.В., Корчевский Б.Б и др. Горизонтально армовані основи під фундаменти будівель. // Монографія. - Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. - 235 с.

4. Калафатов Д.А.. Результаты исследований численных моделей двухслойных железобетонных плитных фундаментов каркасных зданий // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов АСА ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского». – Симферополь, 2016. – Вып. 4 (56). – С.66-69

5. ЛИРА 9.4. Примеры расчета и проектирования. Учебное пособие. Боговис В.Е., Гензерский Ю.Д., Гераймович Ю.Д., Куценко А.Н., Марченко Д.В., Медведко Д.В., Слободян Я.Е., Титок В.П. – К.: «Факт», 2008. - 208 с.

6. ЛИРА 9.4. Руководство пользователя. Основы. Учебное пособие. Стрелец-Стрелецкий Е.Б., Боговис В.Е., Гензерский Ю.Д., Гераймович Ю.Д., Марченко Д.В., Титок В.П. Под редакцией Академика РААСН, докт. техн. наук, проф. Городецкого А.С. – К.: «Факт», 2008.- 164 с.

7. Морозов В.В. Исследование напряженно-деформированного состояния лицевой мембраны мембранной подпорной стенки. // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції “Сучасні наукові дослідження-2006”. Т.45. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2006р - стор. 9-16.

8. Морозов В.В. Эффективные конструктивные решения мембранных подпорных стен. // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. 33. – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2009. – стор. 330-333.

9. Патент на винахід № 12805А от23.12.1993 «Підпірна стінка» ЕО2D 29/02. Авторы: Тетіор О.Н., Морозов В.В.

10. Руководство по проектированию подпорных стен и стен подвалов для промышленного и гражданского строительства / ЦНИИПромзданий Госстроя СССР. - М.: Стройиздат, 1984 - 117 с.

11. Тетиор А.Н., Рубель А.А., Лехно А.Н. Материалы и природосберегающие конструкции зданий и сооружений для Крыма. - Киев: УМКВО, 1989 – 200 с.

12. Шуйский Ю.Д. Опыт анализа берегозащитных сооружений на песчаных берегах Черного моря / Шуйский Ю.Д., Выхованец Г.В., Перейрас Р.П. // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов – Симферополь, 2011. – Вып. 39. – С.110-116.

## REFERENCES

1. Bugaev, V. S. Justification of methodology for calculation of thin-walled structures interacting with the ground environment taking into account elastic-plastic properties of materials. // The dissertation on competition of a scientific degree of candidate of technical Sciences, specialty 05.23.01 – OGAS, 1999 - 146s.

2. Jones KD Construction of reinforced soil. / Per. from English. V. S. Zaslavica; ed. by V. G. Miller. – M.: stroiizdat, 1989 – 280 p.

3. Drukovaniy M. F., Matveev S. V., korchevsky B. B. Horizontal principles ARMAAN pid, fundamenti Budivel. // Monograph. - Ivano-Frankivsk : UNVORSUM-Ivano-Frankivsk, 2006. - 235 p.

4. Kalafatov D. A.. the results of the research of numerical models of two-layer concrete slab base with frame buildings // Construction and technogenic safety. SB. scientific. works of AS Federal STATE Autonomous educational institution "Kazan Federal University im. V. I. Vernadsky". – Simferopol, 2016. – Vol. 4 (56). – P. 66-69

5. LIRA 9.4. Examples of calculation and design. Textbook. Bogovis V. E., Genzersky J. D., Geraimovich Yu., Kutsenko A. N., Marchenko D. V., Medvedkov V. D., Slobodian I. E., Titok V. P. – K.: "Fact", 2008. - 208 p.

6. LIRA 9.4. The user's guide. The basics. Textbook. Strelets-Streltsy E. B., Bogovis V. E., Genzersky J. D., Geraimovich J. D., Marchenko, D. V., titok V. P. Under the editorship of Academician of RAACS, doctor. tech. PhD, Professor Gorodetsky A. S. – K.: "Fact", 2008.- 164 C.

7. Morozov V. V. investigation of the stress-strain state of the front membrane retaining wall. // Materials II Miniratna Naukovo-praktichna Konferenz "Suchen naukow dozen-2006". T. 45. – Dnipropetrovsk: Science and education, 2006r. - stor. 9-16.

8. Morozov V. V. Effective constructive solutions membrane retaining walls. // Visnyk Tesco derzhavno Academ budownictwa architecture. VIP. 33. Odessa: Soundreplacer, 2009. store. 330-333.

9. The patent for invention № 12805A ot23.12.1993 "Pdpro stinka" EO2D 29/02. Absurd: Tetor O. N., Morozov V. V.

10. Design manual retaining walls and basement walls for industrial and civil construction / Gosstroy of the USSR. - M.: Stroyizdat, 1984 - 117 C.

11. Tetior A. N., Rubella.A. Lehno A. N. Materials and environmentally sound construction of buildings and structures for the Crimea. - Kiev: UMQUA, 1989 – 200 pages.

12. Shuisky Y. D. the analysis of Bank protection structures on the sandy shores of the Black sea / shuyskiy Yu. d., Vykhoanets G. V., Pereyras R. P. // Construction and technogenic safety. SB. scientific. works – Simferopol, 2011. – Vol. 39. – P. 110-116.

## THE MODELING PARTICULARITY OF MEMBRANE RETAINING WALLS CONSIDERING SOIL CONDITIONS

Morozov V. V., Morozova E. V., Nafiev S. A.

**Summary.** One of the promising directions of improving the design in the field of retaining walls is the use of membrane retaining walls. Offered several constructive solutions membrane retaining walls. The results of numerical experiment to study the stress-strain state of the front membrane of the advanced analysis model of a retaining wall using finite element modeling the soil mass. Made verification of the received results.

**Key words:** retaining wall, front membrane, finite element, stress-strain state.



## ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ФУНДАМЕНТНЫХ ПЛИТ АРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ

Курлапов Д.В., Милютин Б.Г., Хабарков А.В

Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, (ВИТУ),

г. Санкт-Петербург

**Аннотация.** В результате обследования монолитных железобетонных конструкций фундаментных плит хранилищ были обнаружены дефекты, связанные с усадкой бетонной смеси при неравномерном прогреве во время бетонирования при отрицательных температурах. Дефектами обследованных конструкций являются трещины глубиной более защитного слоя бетона.

**Ключевые слова:** композитная арматура; фундаментная плита; техническое обследование; дефекты; инъектирование; проверочные расчеты; трещины.

### ВВЕДЕНИЕ

Техническое обследование фундаментных плит хранилищ проводилось в августе...сентябре 2015 года. На момент обследования выполнены фундаментные плиты хранилищ, выставлены стальные каркасы армирования колонн и стен строящихся сооружений. Фундаментные плиты хранилищ выполнены в феврале...апреле 2015 года. С целью уточнения геометрических размеров фундаментных плит и определения состояния фундаментных плит были выполнены визуальный осмотр и необходимые обмеры, проведены инструментальные измерения. Толщина плит 0,7 м. Плиты прямоугольные в плане с размерами 30,6×40,6 м.

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Для анализа скрытых от обзора дефектов конструкций в необходимых местах были произведены вскрытия и произведена оценка физико-механических характеристик по существующим методикам [1, 2, 3].

Для уточнения прочности бетона фундаментных плит были отобраны образцы (керны). Обследование грунтов основания и фундаментов производилось с помощью шурфов.

Обследуемые фундаментные плиты хранилищ расположены в Мурманской области [4].

Согласно [5] район по снеговой нагрузке – V, по ветровой – IV.

В геологическом строении района принимают участие 5 генетических типов грунтов:

- современные техногенные насыпные грунты (tQIV);
- торфяно-болотные отложения (bQIV);
- современные морские отложения (mQIV);
- верхнеплейстоценовые ледниковые отложения (qQIII);
- кристаллические горные породы архей-протерозойского возраста (γAR).

Для выявления фактического состояния фундаментной плиты хранилища были отрыты 4

шурфа, за границами плиты глубиной 1,5...2,0 м от уровня верха фундаментной плиты и в центре плиты выбурен керн. На основании результатов лабораторных исследований грунтов основания фундаментных плит хранилищ гранулометрический состав песчано-гравийной смеси соответствует проекту. На основании результатов динамического зондирования коэффициент уплотнения грунтов основания фундаментных плит хранилищ соответствует требованиям проектной документации.

С целью выяснения конструкции, обнаружения дефектов и повреждений был произведен натурный осмотр фундаментной плиты хранилища, выполнены необходимые обмеры, местные вскрытия и зондирование конструкций фундаментов для выявления их фактического состава и технического состояния скрытых элементов. В ходе обследования производилась фотофиксация дефектов. Разбивка выработок осуществлена на основании плана фундаментной плиты хранилища, представленного заказчиком, результатов визуального осмотра фундаментной плиты с дефектами. Планово-высотная привязка выработок произведена инструментально от существующих пунктов геодезической сети и отнесена к верху фундаментной плиты хранилища. Система высот – Балтийская. За отметку 0,000 м принята отметка чистого пола первого этажа хранилища. Абсолютная отметка в Балтийской системе высот – плюс 68,450 метров.

### ИССЛЕДОВАНИЕ

В процессе обследования установлено следующее.

Фундаментная плита хранилища выполнена на искusstvenном основании, состоящем из слоя песчано-гравийной смеси и уплотненного щебня, подстилающим грунтом является природный скальный грунт (ИГЭ-5а, ИГЭ-5б). Мощность слоя песчано-гравийной смеси – 0...0,68 метра. Мощность слоя уплотненного щебня – 0,5...0,6 метра. По результатам испытания песчано-гравийной смеси содержание песка в ПГС составляет 77,1 %, содержание гравия 22,9 %.

Динамическим зондированием установлено, что по условному сопротивлению динамическому зондированию ( $p_d$ ) по глубине грунт основания однороден и относится к песчано-гравийной смеси. Обследуемая толща грунта основания составила  $h = 1,6...2,3$  м. Коэффициент уплотнения соответствует проектному коэффициенту уплотнения  $K_y = 0,96$ .

Фундаментная плита с двойным армированием сетками из стержней диаметром 18 АСК-18-800/50. Размер ячейки сеток нижнего и верхнего армирования 200×200 мм. В местах опирания колонн для нижней сетки шаг уменьшен за счет дополнительных стержней диаметром 18 АСК-18-800/50 и размер ячейки составляет 100×100 мм [6]. Защитный слой бетона для стержней верхнего армирования составляет 30 мм, для стержней нижнего армирования – 45 мм. В соответствии с проектом класс бетона по прочности на сжатие фундаментной плиты хранилища – В25. По результатам испытания отобранных кернов прочность бетона фундаментной плиты на сжатие – В25. По периметру фундаментной плиты хранилища выполнена обмазочная гидроизоляция.

По результатам проверочных расчетов фундаментная плита хранилища имеет значительный запас прочности. Момент трещинообразования фундаментной плиты хранилища значительно превышает момент в фундаментной плите от внешней нагрузки. Осадка фундаментной плиты хранилища составляет 0,4 мм.

В ходе обследования фундаментной плиты хранилища выявлены трещины с шириной раскрытия до 0,6 мм на глубину до 500 мм (рис.1). Трещины в фундаментной плите хранилища не силового характера и не связаны с неравномерной осадкой основания. Причиной появления трещин является неравномерная усадка бетона во время прогрева при бетонировании с отрицательной температурой наружного воздуха.

В соответствии с результатами обследования фундаментных плит хранилищ ремонт дефектов должен осуществляться инъектированием под давлением через

пакеры специальных ремонтных составов с предварительной подготовкой трещин.

В состав работ по инъектированию, рассматриваемых технологической картой входят: подготовка поверхности; установка пакеров; устройство герметизации трещины; устройство заполнения трещины составом; удаление пакеров и зачистка поверхности стен [7].

Подготовка поверхности в зонах инъектирования и лечения трещин заключается в очистке бетона до неразрушенного слоя бетона. Трещины с общим раскрытием до 1 мм могут быть очищены с помощью механизированного инструмента. После очистки трещин их следует инъектировать. Трещина, находящаяся между пакерами герметизируется для блокирования выхода инъекционной смолы во время инъектирования (например, материалом Sikadur®31, HILTI CC 412-1 или HIT-RE 500).

Инъекции проводятся двумя способами:

– с установкой внутренних пакеров в пробуренные отверстия;

– с наклейкой пакеров на трещину.

Инъекционные отверстия пробуривают с подсечением плоскости трещины под углом 30°...45° к поверхности фундаментной плиты или непосредственно в трещину. Угол наклона и глубина отверстий зависят от конкретной ситуации, однако для качественного заполнения полости трещины предпочтительнее попасть в ее середину. Для производства инъекционных работ в пробуренные отверстия устанавливаются пакеры, снабженные обратным клапаном (пакеры). Пакеры закрепляют в отверстиях специальными резиновыми уплотнителями. В качестве пакеров рекомендуется применять металлические разжимные пакеры диаметром 12...13 мм, с глубиной заделки до 50...80 мм. Расстояние между пакерами (пакерами) составляет 250...400 мм (меньшее расстояние для трещин с меньшей шириной раскрытия) (рис.2).



Рисунок 1– Трещина в фундаментной плите хранилища. Маяк над трещиной



Рисунок 2 – Схема санации железобетонной конструкции

В соответствии с результатами обследования фундаментных плит хранилищ ремонт дефектов должен осуществляться инъектированием под давлением через пакеры специальных ремонтных составов с предварительной подготовкой трещин.

В состав работ по инъектированию, рассматриваемых технологической картой входят: подготовка поверхности; установка пакеров; устройство герметизации трещины; устройство заполнения трещины составом; удаление пакеров и зачистка поверхности стен [7].

Подготовка поверхности в зонах инъектирования и лечения трещин заключается в очистке бетона до неразрушенного слоя бетона. Трещины с общим раскрытием до 1 мм могут быть очищены с помощью механизированного инструмента. После очистки трещин их следует инъектировать. Трещина, находящаяся между пакерами герметизируется для блокирования выхода инъекционной смолы во время инъектирования (например, материалом Sikadur®31, HILTI CC 412-1 или HIT-RE 500).

Инъекции проводятся двумя способами:

- с установкой внутренних пакеров в пробуренные отверстия;
- с наклеивкой пакеров на трещину.

Инъекционные отверстия пробуривают с подсечением плоскости трещины под углом  $30^\circ \dots 45^\circ$  к поверхности фундаментной плиты или непосредственно в трещину. Угол наклона и глубина отверстий зависят от конкретной ситуации, однако для качественного заполнения полости трещины предпочтительнее попасть в ее середину. Для производства инъекционных работ в пробуренные отверстия устанавливают инжекторы, снабженные обратным клапаном (пакеры). Инжекторы закрепляют в отверстиях специальными резиновыми уплотнителями. В качестве инжекторов рекомендуется применять металлические разжимные пакеры диаметром 12...13 мм, с глубиной заделки до 50...80 мм. Расстояние между инжекторами (пакерами) составляет 250...400 мм (меньшее

расстояние для трещин с меньшей шириной раскрытия) (рис.2).

Для ограничения расхода инъекционного раствора, трещину между пакерами зачеканивают (заклеивают) специальными растворами в соответствии с инструкцией производителя инъекционного раствора.

Вертикальные трещины всегда должны инъектироваться снизу вверх. Как только инъекционная смола начинает просачиваться из следующего (соседнего) пакера, инъекцию в данный первый следует прекратить, пакер загерметизировать. Далее переходят к следующему пакеру. По завершению инъектирования сами инъекционные каналы/пакеры, а также герметизирующий материал между каналами удаляются.

Схема технического решения санации железобетонной конструкции в зоне трещины с использованием наружных (наклеенных) пакеров представлена на рис.3.

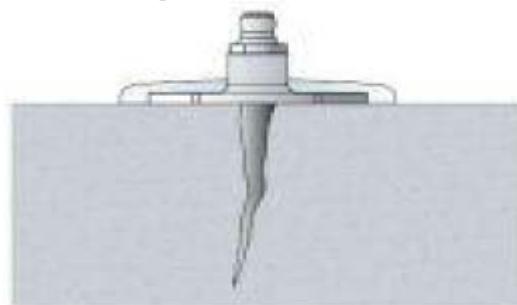


Рисунок 3 – Установка наклеиваемого пакера

Поверхность бетона вдоль трещины должна быть прочной, сухой на поверхности, чистой, без масла и смазки. Весь сыпучий материал и цементное молоко вдоль трещины следует убрать ручными инструментами. Продувать трещину следует сухим воздухом без смазки.

Основные работы по заделке трещин выполняют в следующем порядке:

- подготовка герметизирующего материала для заделки поверхности трещин.

- с помощью герметизирующего материала на трещину устанавливаются пакеры, оставляя отверстие для заливки полимерного состава.

- все трещине полностью заделываются герметизирующим материалом, в виде полос толщиной не менее 50×2 мм. После чего герметизирующему материалу необходимо дать застыть в течение заданного времени.

- после заливки смолы пакеры и герметизирующий материал можно снимать плоской стамеской. При необходимости, можно отшлифовать поверхность бетона шлифовальной машиной.

При использовании состава на основе микроцемента после закрепления инъекторов производится контрольное нагнетание в отверстие воды для увлажнения бетонной поверхности. Контрольное нагнетание покажет наличие гидравлической связи между пробуренными отверстиями и имеющимися трещинами, а также ориентировочный расход инъекционного состава.

Во время инъектирования часть воды будет вытесняться из порового пространства через трещины подаваемым составом. Нагнетание производят до появления состава из соседнего инъектора, после чего нагнетание производят в него.

Наблюдения ведут за каждым отверстием и результаты заносят в журнал.

При нагнетании ремонтных составов на базе полиуретановых смол должна соблюдаться следующая очередность:

- инъектирование производят общедоступными одноканальными насосами с низким, средним или высоким давлением.

- предварительное назначение предельно допустимого давления инъектирования сделано лишь приближенно и должно обязательно проверяться пробным нагнетанием и наблюдением за раскрытием трещин по гипсовым маякам и трещиномерам. При этом необходимо особое внимание обратить на недопустимость высоких давлений, которые представляют опасность в отношении раскрытия имеющихся трещин, особенно при нагнетании составов густой консистенции на базе микроцементов.

Результаты работ по «лечению» трещин считают удовлетворительными, в случае если:

- при визуальном осмотре отсутствует незаполненные ремонтным составом участки трещин;

- при проверке ультразвуковым прибором отсутствует наличие трещины.

В противном случае производят бурение дополнительных инъекционных отверстий и нагнетание в них ремонтных составов.

При производстве ремонтных работ выбор способов устранения дефектов в конструкции фундамента осуществляем на основании изучения и установления причин их возникновения, а также

оценки их влияния на эксплуатационные показатели конструкции.

## ВЫВОД

Так как имеющиеся дефекты и повреждения не приводят к уменьшению несущей способности фундаментной плиты хранилища, техническое состояние фундаментной плиты хранилища следует признать работоспособным. Рекомендуется произвести заделку трещин, в соответствии с предложенными рекомендациями, после выполнения работ по возведению конструкций надземной части хранилища. При бетонировании стен хранилища избегать технологических швов в створе трещин фундаментной плиты хранилища. На период возведения конструкций надземной части сооружения производить мониторинг состояния фундаментной плиты хранилища.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гроздов В.Т. Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений. – СПб.: Издательский Дом KN+, 2004. – 140 с.

2. Колчунов В.И., Кашавцев А.А., Андросова Н.Б. Исследование деформирования и разрушения составных железобетонных балок в запредельных состояниях. Строительство и техногенная безопасность. №4(56) – 2016. – С.76-79.

3. СП13-102-203. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. – М.: ФГУП ЦПП. 2004.

4. СП131.13330.2012«Строительная климатология» Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* (с Изменением N 2). – М.: ФГУП ЦПП. 2012.

5. СП20.13330.2011«Нагрузки и воздействия» Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*– М.: ФГУП ЦПП. 2011.

6. ГОСТ31938-2011«Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций» – М.: ФГУП ЦПП. 2012.

7. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами (в развитие СП 52-101-2003, М., НИИЖБ, Интераква).

## REFERENCES

1. The grapes V. T. Technical inspection of construction of buildings and structures. □ SPb.: Publishing House KN+, 2004. □ 140 C.

2. Kolchunov V. I., Kasantsev A. A., Androsova N. B. The study of deformation and failure of composite reinforced concrete beams in limit state. Construction and industrial safety. №4(56) – 2016. – P. 76-79.

3. СП13-102-203. Rules of examination of bearing building structures of buildings and structures. □ Moscow: FGUP CPP. 2004.

4. СП131.13330.2012"Construction climatology" the Updated edition of SNiP 23-01-99\* (with Change in N 2). □ Moscow: FGUP CPP. 2012.

5. СИ20.13330.2011 "Loads and impacts" Actualized edition of SNiP 2.01.07-85\* □ Moscow: FGUP CPP. 2011.

6. ГОСТ31938-2011 "composite polymer Reinforcement for reinforcement concrete structures" □ Moscow: FGUP CPP. 2012.

7. Manual strengthening reinforced concrete structures with composite materials (in the development of SP 52-101-2003, M., NII ZHB, Interakva).

## TECHNICAL SURVEY OF FOUNDATION SLABS REINFORCED WITH COMPOSITE REBARS

Kurlapov D. V., Milutin B. G., A. V. Habarov

**Summary.** In a survey of monolithic reinforced concrete constructions bed plates storage was discovered the defects associated with shrinkage of concrete mixtures with nonuniform heating during concreting at low temperatures. Defects of the inspected structures are cracks deeper than the protective layer of concrete.

**Key words:** composite rebar; base plate; technical inspection; defects; injection; testing; calculations; cracks.



## ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ПРОЧНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ОПОРНОГО БЛОКА МОРСКОЙ СТАЛЬНОЙ СТАЦИОНАРНОЙ ПЛАТФОРМЫ

Синцов В.П., Митрофанов А.В., Синцов А.В.

ФГОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры.

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181

**Аннотация.** Для обустройства данных морских месторождений используют морские стальные платформы. Морская стальная стационарная платформа (МССП) – инженерное сооружение в течение всего периода эксплуатации, который длится 25 - 35 лет, испытывает значительные внешние нагрузки и воздействия. Наиболее значительное влияние на несущие элементы морских стальных стационарных платформ оказывает: коррозия, ледовые, ветровые, механические и сейсмические воздействия. Обследования МССП позволяют сделать отдельные выводы по отношению характера и направленности коррозионного износа несущих конструкций. Специфика условий эксплуатации сооружений МССП такова, что можно условно выделить три основные зоны коррозии конструкции (подводная зона, зона переменного смачивания, надводная зона). Для изучения степени влияния отдельных факторов внешних воздействий на МССП была принята в качестве базовой конструкции - существующее конструктивное решение морской стальной стационарной платформы для Архангельского месторождения в акватории Черного моря.

**Ключевые слова:** морская стальная стационарная платформа, конечно – элементная модель.

### ВВЕДЕНИЕ

**Постановка задачи.** В акваториях Черного и Азовского моря начиная с середины семидесятых годов прошлого столетия было открыто восемь газовых и газоконденсатных месторождений. На сегодняшний день шельфе Черного и Азовского морей функционирует два газоконденсатных (Голицынского и Штормовое), семь газовых (Архангельское, Стрелковое, Джанкойское, Задорненское, Восточно - Казантипское, Северо - Булганакское и Одесское) и одно нефтяное (Семеновское) месторождения. Запасы северо-западной части Черноморского шельфа оцениваются в 494,6 миллиардов кубометров природного газа и 50,4 миллионов тонн нефти и конденсата, Прикерченской зоны — 321,2 млрд. кубометров и 126,8 млн тонн нефти и конденсата, континентального склона — 766,6 млрд природного газа и 232,6 млн тонн нефти и конденсата.

Для обустройства данных морских месторождений используют морские стальные платформы. Морская стальная стационарная платформа (МССП) – инженерное сооружение в течение всего периода эксплуатации, который длится 25 - 35 лет, испытывает значительные внешние нагрузки и воздействия [1,7].

Наиболее значительное влияние на несущие элементы морских стальных стационарных платформ оказывает: коррозия, ледовые, ветровые, механические и сейсмические воздействия [2...5].

Обследования МССП позволяют сделать отдельные выводы по отношению характера и

направленности коррозионного износа несущих конструкций. Специфика условий эксплуатации сооружений МССП такова, что можно условно выделить три основные зоны коррозии конструкции (подводная зона, зона переменного смачивания, надводная зона) [7, 8]. При эксплуатации конструкций в период от 20-27 лет наблюдается резкое ухудшение состояния конструкций даже при наличии протекторной антикоррозионной защиты (появление зон интенсивной язвенной коррозии, частичного разрушения элементов). При дальнейшей эксплуатации (свыше 30 лет) металлоконструкции приходят в аварийное состояние, наблюдается повсеместная коррозия, разрушение элементов и узлов соединения.

Ледовые воздействия на конструкцию принимаются по критическим нагрузкам для льда. В общем случае ледовые воздействия определяются как произведение прочностной характеристики льда при сжатии, ширины сооружения по бровке, толщины льда и коэффициентов, учитывающих условия контакта между сооружением и льдом, форму сооружения, напряженное состояние льда, скорость дрейфа льда [3].

Ветровые волны являются основным источником природных нагрузок, действующих на морские платформы, при отсутствии ледового воздействия. Такие волны являются, нерегулярными по форме, могут меняться по высоте и длине и могут подходить к платформе с одного или более направлений одновременно и учет их при расчетах опорных конструкций МССП очень важен [3, 4].

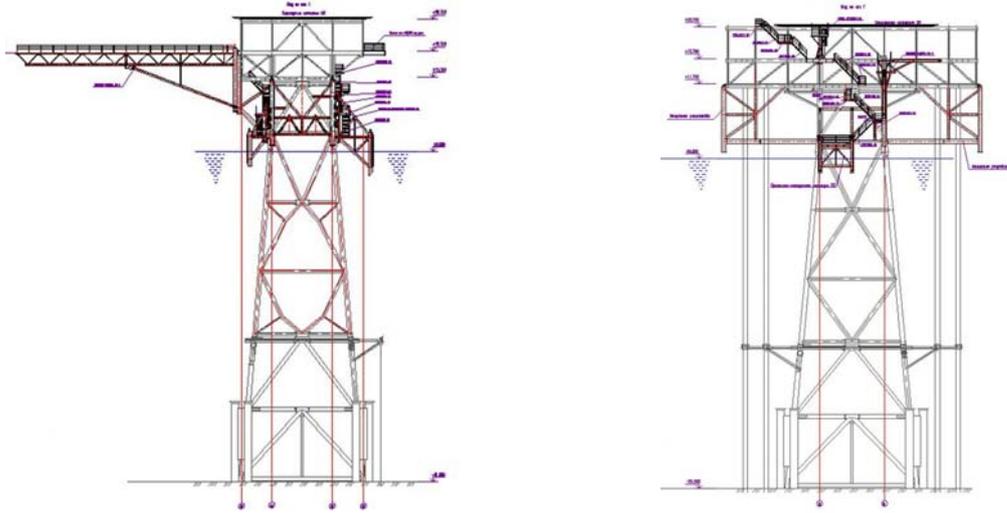


Рис. 1. Общий вид МССП для Архангельского месторождения

Механические воздействия (навал судов) на конструкции МССП оцениваются в зависимости от водоизмещения судов, так водоизмещение судов, швартуемых к МССП, не должно превышать 3 тыс. тонн [1, 3].

Для изучения степени влияния отдельных факторов внешних воздействий на МССП была принята в качестве базовой конструкции - существующее конструктивное решение морской стальной стационарной платформы для Архангельского месторождения в акватории Черного моря (рис. 1). При этом был сформирован блок адекватных нагрузок, учитывающих условия эксплуатации сооружения на Архангельском месторождении. Глубина моря в точке установки составляет 51.5м [9...11].

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

**Цель расчета.** Выявить степень влияния вышеприведенных факторов прочность и долговечность несущих конструкций МССП в ходе ее эксплуатации.

Для этого была разработана базовая конечно-элементная модель МССП на основе конструктивного решения для Архангельского месторождения (рис. 2). На ее основе разработаны модели, на которых исследовались вопросы влияния условий эксплуатации:

- модель с уменьшенными сечениями - вследствие коррозии (на основе анализа результатов обследования для времени эксплуатации 25 лет приняты следующие: в надводной зоне на 25%, в зоне переменного смачивания на 40%, и в подводной зоне на 15%) [6, 12, 14...17];

- модель с «выключенными» либо искривлёнными элементами – последствия столкновения судов с опорным блоком [6, 12, 14...17].

Базовая модель МССП представляет собой пространственную стержневую систему, которая включает опорный блок, придонный блок со свайным основанием, трёхъярусное верхнее строение и систему обсадных труб для бурения эксплуатационных скважин.

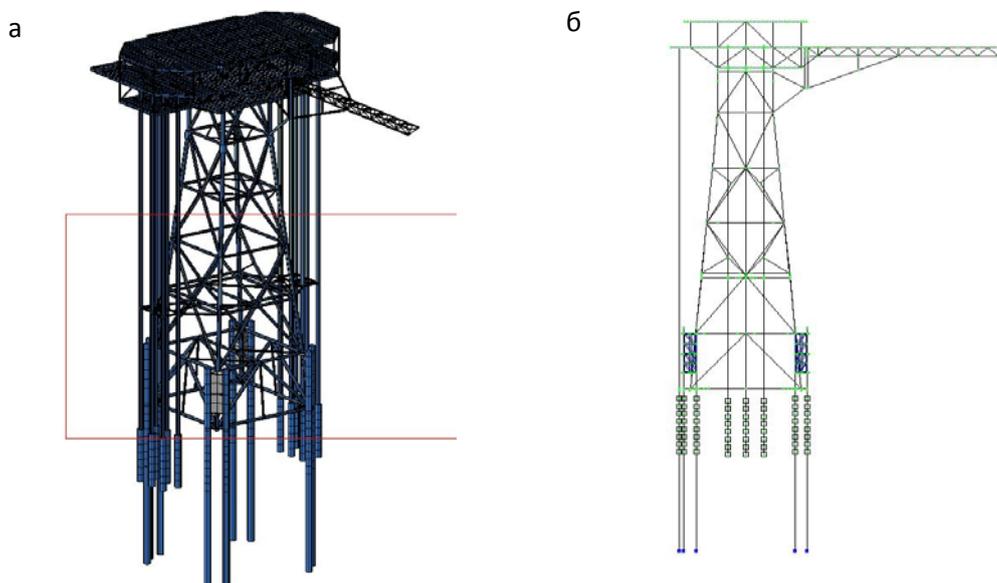


Рис. 2. Базовая конечно-элементная модель.  
а) 3-Д вид; б) вид сбоку с конструкцией под газовый факел

При создании расчетной базовой модели использованы конечные элементы следующих типов: для стержней – КЭ 10, для элементов настила палубы и узлов крепления направляющих к придонному блоку – КЭ 41 (элемент оболочка), для моделирования грунтового основания – КЭ 56

(узловой элемент с характеристиками соответствующими определенным грунтам основания). В качестве нагружений принимались внешние воздействия приведенные в таблице РСУ на рис. 3 [12...15, 17].

Сводная таблица для вычисления РСУ:			Коэффициенты для РСУ				
№.	Имя загрузки	Параметры РСУ	Коэффициенты РСУ				
1	вес МК	0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00	1.00	0.90	0.00	0.0
2	вес оборудования	1 0 0 0 0 0 0 1.20 1.00	1.00	0.95	0.80	0.00	0.0
3	вес обрастания	0 0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00	1.00	0.90	0.00	0.0
4	выталкивающая сила	0 0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00	1.00	0.90	0.00	0.0
5	присоединенная масса воды	0 0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00	1.00	0.90	0.00	0.0
6	сейсмика по X	5 0 1 1 0 0 0 1.00 0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.0
7	сейсмика по Y	5 0 1 1 0 0 0 1.00 0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.0
8	волнение 90 - по Y	2 0 0 2 0 0 0 1.20 0.35	1.00	0.90	0.00	0.00	0.0
9	волнение юго запад	2 0 0 2 0 0 0 1.20 0.35	1.00	0.90	0.00	0.00	0.0
10	сейсмика XY	5 0 1 1 0 0 0 1.00 0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.0

Рис. 3. Расчетные сочетания и перечень действующих нагрузок на МССП

Опорный блок МССП для данного типа платформ запроектирован пирамидального типа, поэтому для принятия расчетного сечения пояса анализируем сечение пояса по высоте как минимум в трех сечениях: - стык придонного блока с опорным блоком, - зона переменного смачивания, - нижнее сечение надводной части опорного блока (переход пирамидального блока в призматический). Сечение поясов опорного блока принято по расчету из трубы

бесшовной 720x15 по ГОСТ 8732-88\* из стали С255 по ГОСТ 27777-88.

Результатами расчета базовой и последующих моделей являются мозаики перемещений узлов модели, мозаики внутренних усилий (для элементов опорного и придонного блоков – в первую очередь мозаики продольных сил), для остальных – комплекс мозаик N, M и Q (рис.4.), и в завершении таблицы предельных состояний, которые приведены на рис. 5...10.

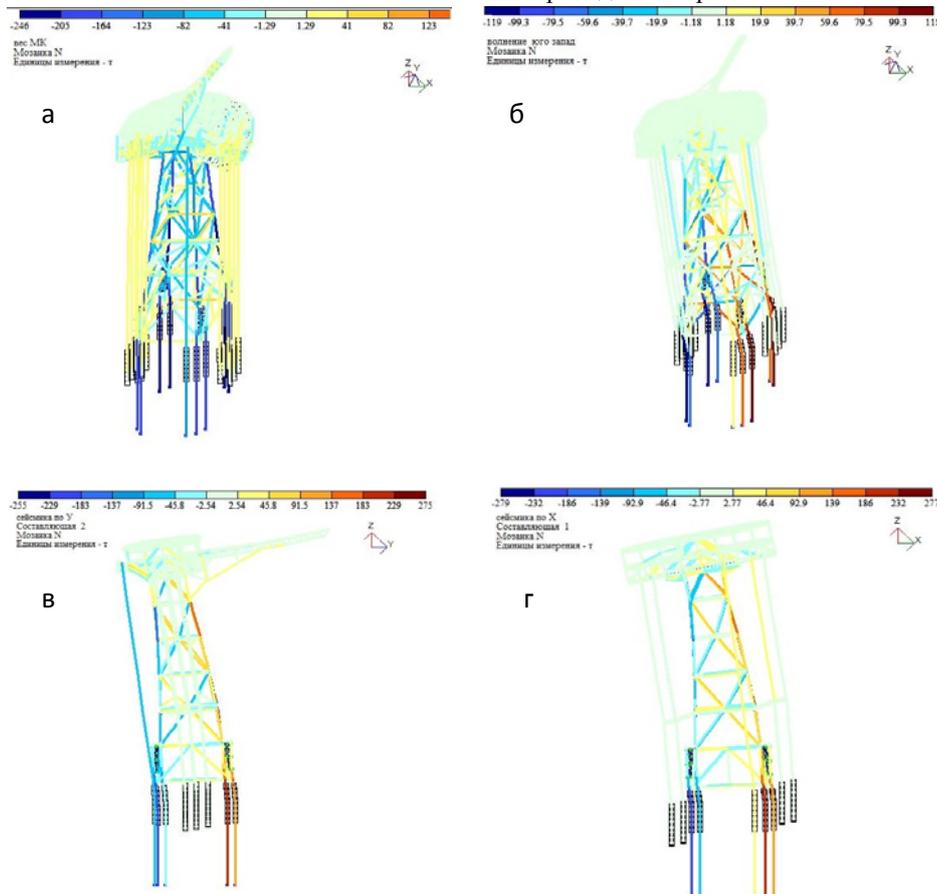


Рис. 4. Мозаики внутренних продольных усилий в несущих элементах МССП. а) от собственного веса конструкций; б) от волнения моря в направлении юго-запад; в) сейсмика по направлению Y; г) сейсмика по направлению X.

Влияние условий эксплуатации на прочность и долговечность элементов опорного блока морской...

Результаты проверки					
Сечение	1. Труба 720 x 15				
Профиль	720 x 15; ГОСТ 8732 - 78*				
Сталь	С255; ГОСТ 27772-88				
Сортамент	Труба бесшовная горячекатаная. Сокращенный сортамент				
проценты использования по 1ПС					
по норм.	уст.отн.У1	уст.отн.З1	Fi мин.	уст.стенки	уст.полок
85.8	75.7	75.7	0.88	70.9	
проценты использов.по 2ПС			сводные%%использов.		
гибк. отн.У1	гибк. отн.З1	1ПС	2ПС	местн.устойч.	планок
34.1	34.1	85.8	34.1	70.9	

Рис. 5. Проверка наиболее напряженного сечения придонного блока  
(базовая модель)

Результаты проверки					
Сечение	1. Труба 720 x 15				
Профиль	720 x 15; ГОСТ 8732 - 78*				
Сталь	С255; ГОСТ 27772-88				
Сортамент	Труба бесшовная горячекатаная. Сокращенный сортамент				
проценты использования по 1ПС					
по норм.	уст.отн.У1	уст.отн.З1	Fi мин.	уст.стенки	уст.полок
57.0	48.3	48.3	0.90	46.5	0.0
проценты использов.по 2ПС			сводные%%использов.		
гибк. отн.У1	гибк. отн.З1	1ПС	2ПС	местн.устойч.	планок
25.7	25.7	57.0	25.7	46.5	нет

Рис. 6. Проверка надводного сечения опорного блока (базовая модель)

Результаты проверки					
Сечение	1. Труба 720 x 15				
Профиль	720 x 15; ГОСТ 8732 - 78*				
Сталь	С255; ГОСТ 27772-88				
Сортамент	Труба бесшовная горячекатаная. Сокращенный сортамент				
проценты использования по 1ПС					
по норм.	уст.отн.У1	уст.отн.З1	Fi мин.	уст.стенки	уст.полок
60.2	53.1	53.1	0.88	49.8	0.0
проценты использов.по 2ПС			сводные%%использов.		
гибк. отн.У1	гибк. отн.З1	1ПС	2ПС	местн.устойч.	планок
30.4	30.4	60.2	30.4	49.8	нет

Рис. 7. Проверка сечения в зоне переменного смачивания опорного блока (базовая модель)

Результаты проверки					
Сечение	1. Труба 720 x 9				
Профиль	720 x 9; ГОСТ 8732 - 78*				
Сталь	20; ГОСТ 3731-74*				
Сортамент	Труба бесшовная горячекатаная				
проценты использования по 1ПС					
по норм.	уст.отн.У1	уст.отн.З1	Fi мин.	уст.стенки	уст.полок
109.4	92.9	92.9	0.89	89.5	0.0
проценты использов.по 2ПС			сводные%%использов.		
гибк. отн.У1	гибк. отн.З1	1ПС	2ПС	местн.устойч.	планок
37.2	37.2	109.4	37.2	89.5	нет

Рис. 8. Проверка сечения опорного блока в зоне переменного смачивания  
(коррозионный износ 40 %)

Результаты проверки					
Сечение	1. Труба 720 x 11				
Профиль	720 x 11; ГОСТ 8732 - 78*				
Сталь	С255; ГОСТ 27772-88				
Сортамент	Труба бесшовная горячекатаная. Сокращенный сортамент				
проценты использования по 1ПС					
по норм.	уст.отн.У1	уст.отн.З1	Fi мин.	уст.стенки	уст.полок
77.3	65.4	65.4	0.90	63.8	0.0
проценты использов.по 2ПС			сводные%%использов.		
гибк. отн.У1	гибк. отн.З1	1ПС	2ПС	местн.устойч.	планок
27.9	27.9	77.3	27.9	63.8	нет

Рис. 9. Проверка надводного сечения опорного блока (коррозионный износ 25 %)

Результаты проверки					
Сечение	1. Труба 720 x 13				
Профиль	720 x 13; ГОСТ 8732 - 78*				
Сталь	С255; ГОСТ 27772-88				
Сортамент	Труба бесшовная горячекатаная. Сокращенный сортамент				
проценты использования по 1ПС					
по норм.	уст.отн.У1	уст.отн.З1	Fi мин.	уст.стенки	уст.полок
98.8	87.0	87.0	0.88	82.0	0.0
проценты использов.по 2ПС			сводные%%использов.		
гибк. отн.У1	гибк. отн.З1	1ПС	2ПС	местн.устойч.	планок
36.2	36.2	98.8	36.2	82.0	нет

Рис. 10. Проверка подводного сечения придонного блока (коррозионный износ 15 %)

Для второго исследования использована модель с «выключенными» элементами – последствия столкновения судов с опорным блоком. Для данного исследования были удалены элементы решетки опорного блока в зоне переменного смачивания так

как она подвергается наибольшим внешним воздействиям. Для модели с «выключенными» элементами используем модель с уменьшенными толщинами несущих элементов.

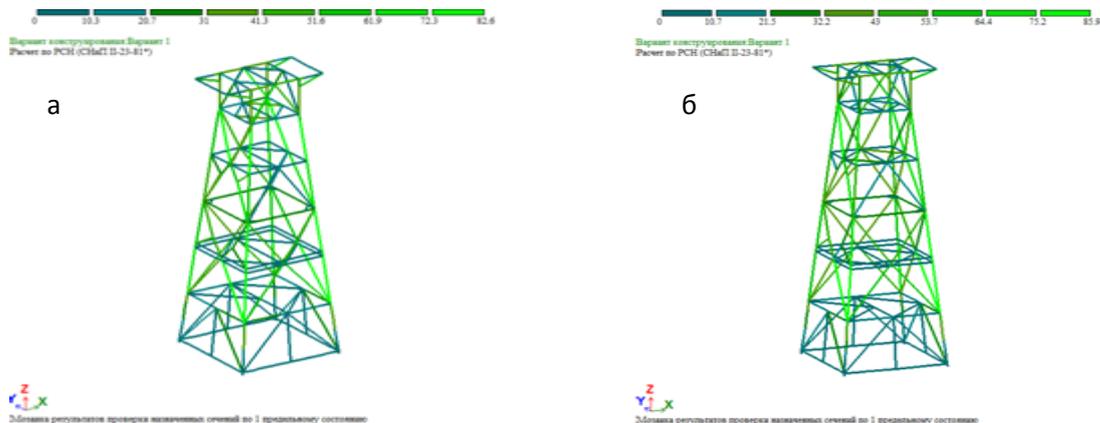


Рис. 11. Мозаики проверки напряжений в элементах опорного блока по 1-му предельному состоянию.

- а) при удалении одного раскоса в зоне переменного смачивания;
- б) при удалении трех раскосов в зоне переменного смачивания.

Проведенные исследования показали рост напряжений в отдельных элементах опорного блока вплоть до предела текучести стали, что является недопустимым для сооружений такого класса ответственности, каким является МССП для добычи углеводородов. Поэтому для дальнейшей эксплуатации таких МССП при положительном дебете скважин необходимо произвести усиление «опасных» элементов.

Одним из вариантов усиления, на основании анализа результатов приведенных в источнике [16], предлагается следующее конструктивное решение - применение композитной конструкции типа «трубобетон», что позволяет восстановить и повысить несущую способность элементов опорного блока МССП.

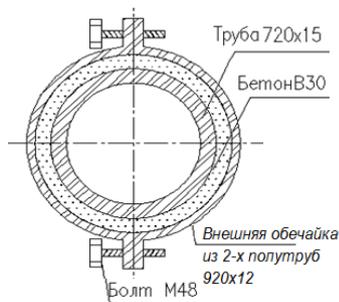


Рис.12. Конструктивное решение усиления элементов получивших значительные дефекты при эксплуатации МССП

## ВЫВОД

Созданные пространственные конечно-элементные модели морских стальных платформ позволили проанализировать работу несущих элементов сооружений такого типа при различных внешних воздействиях.

Смоделированы ситуации, возникшие при эксплуатации и приведшие к уменьшению несущей способности элементов с учетом появления дефектов определенного свойства, что связано с особенностями их эксплуатации. Кроме того предложено конструктивное решение по усилению дефектных элементов (рис. 12).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. НД N 2-020201-012 РМРС «Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок (ПБУ) и морских стационарных платформ (МСП), РМРС, Санкт-Петербург, 2010».
2. СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения. ФГУП ЦПП, 2004.
3. СП 38.13330.2012 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82\*.

4. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная версия СНиП 2.01.07-85\*. Минрегион России, 2010.

5. СП 14.13330.2014. "Строительство в сейсмических районах". Актуализированная редакция СНиП II-7-81\*. Минстрой России, ФЦС, 2014.

6. СП 16.13330.2011. «Стальные конструкции». Актуализированная редакция. СНиП II-23-81\*. Минрегион развития РФ. Москва 2011.

7. Симаков Г.А., Шхинек К.Н., Смелов В.А. Морские гидротехнические сооружения на континентальном шельфе. - Л.: Судостроение, 1989. – 328 с.

8. Отчет об оценке технического состояния металлоконструкций МСП-17. - ООО «Институт «ШЕЛЬФ»», 2010.

9. 1410ПП – 1 КМ1 «Обустройство Архангельского ГМ на период промышленной разработки. Блок-кондуктор». Разработчик: ООО «Институт ШЕЛЬФ».

10. 1410ПП – 1 КМ2 «Обустройство Архангельского ГМ на период промышленной разработки. Блок-кондуктор». Разработчик: ООО «Институт ШЕЛЬФ».

11. 1512АН-БК-КМ. Том 4. Книга 1.2. Стадия: Авторский надзор. «Обустройство Архангельского ГМ на период промышленной разработки. Блок-кондуктор БК-1. Конструкции металлические». Разработчик: ООО «ТРИО».

12. ЛИРА-САПР 2015 НИИАСС (Сертификаты соответствия РОСС RU.0001.11СП15).

13. Дворецкий А.Т. «Влияние солнечной радиации на продолжительность отопительного периода зданий в Крыму»/ Дворецкий А.Т. журнал «Биосферная совместимость: человек, регион, технологии». ЮЗГУ. № 3 (7). – Курск, 2014, стр. 74-81. ISSN: 2311-1518

14. Синцов В.П. «Работа элементов транспортно-монтажной рамы для транспортировки палубы стальной платформы»/ Синцов В.П., Митрофанов В.А. Научно-технический журнал "Строительство и реконструкция". № 5 (55). Орел. 2014. с.47-54. ISSN 2073-7416

15. Лютов Л.В. «Анализ работы нагельного соединения деревянных брусков с тонкой стальной пластиной» ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК» №5 (61) (сентябрь-октябрь). 2015.

16. Митрофанов В.А. «К вопросу о работе узлов закрепления свай морских стальных платформ»/ Синцов В.П., Синцов А.В., Митрофанов В.А. Журнал НАУ № 11 (16) (ноябрь) 2015 часть 1.

17. Пакеты прикладных программ для автоматизированного проектирования конструкций 2006. / М. С. Барабаш, Ю. Д. Гераймович, А. Н. Кекух [и др.]; Под ред. Академика РААСНА. С. Горodeцкого. – К. : Факт.-210 с.

## REFERENCES

1. ND N 2-020201-012 Russian Maritime register of shipping "Rules for classification, construction and

equipment of mobile offshore drilling units (MODU) and fixed offshore platforms (SMEs), Russian Maritime register of shipping Saint-Petersburg, 2010".

2. SNiP 33-01-2003. Waterworks. The main provisions. THE FEDERAL STATE UNITARY ENTERPRISE TSPP, 2004.

3. SP 38.13330.2012 Loads and impacts on hydraulic structures (wave, ice and from vessels). The updated edition of SNiP 2.06.04-82\*.

4. SP 20.13330.2011. Loads and impacts. Actualized version of SNiP 2.01.07-85\*. The Ministry Of Regional Development, 2010.

5. SP 14.13330.2014. "Construction in seismic regions". The updated edition of SNiP II-7-81\*. The Ministry of construction of Russia, DSF, 2014.

6. SP 16.13330.2011. "Steel construction". Revised edition. SNiP II-23-81\*. The Ministry for regional development of the Russian Federation. Moscow 2011.

7. Simakov, G. A., SHKHINEK K. N., Smelov V. A. Maritime hydraulic structures on the continental shelf. - Leningrad: Sudostroenie, 1989. – 328 p.

8. The evaluation report of technical state of metal structures of MSP-17. - LLC "Institute "SHELF"", 2010.

9. 1410ПП – 1 КМ1 "Development of the Arkhangelsk GM for the period of industrial development. The block-the conductor". Developer: LLC "Institute SHELF".

10. 1410ПП – 1 КМ2 "Development of the Arkhangelsk GM for the period of industrial development. The block-the conductor". Developer: LLC "Institute SHELF".

11. 1512АН-БК-КМ. Volume 4. Book 1.2. Stage: supervision. "Development of the Arkhangelsk GM for the period of industrial development. Block conductor BK-1. The construction of metal". Developer: LLC "TRIO".

12. LIRA-SAPR 2015 NYIAS (Certificates of conformity ROSS RU.0001.11СП15).

13. Butler, A. T. "Impact of solar radiation on the duration of the heating period of buildings in the Crimea"/ Butler, A. T. the journal "Biosphere compatibility: people, region, technology". SWSU. No. 3 (7). – Kursk, 2014, p. 74-81. ISSN: 2311-1518

14. Sintsov, V. P., "elements of transport and installation frame for transportation deck steel platform"/ Sintsov, V. P. Mitrofanov, V. A. Scientific-technical journal "Building and reconstruction". No. 5 (55). Eagle. 2014. p. 47-54. ISSN 2073-7416

15. Lyutov, L. V., "Analysis of the operation pin connections wooden bars with a thin steel plate" FGBOU VPO "Govenerment - unpk" №5 (61) (September-October). 2015.

16. Mitrofanov V. A. "on the nodes of fastening the steel piles of the marine platforms"/ Sintsov V. P., Sintsov A.V., Mitrofanov V. A. Journal of NAU № 11 (16) (November) 2015 part 1.

17. Software packages for computer-aided design 2006. / M. S. Barabash, Y. D., Geraimovich, A. N. Kecoh [et al.]; Under the editorship of Academician RAASN. S. Gorodetsky. – K. : A Fact.-210 C.

## THE INFLUENCE OF OPERATING CONDITIONS ON THE STRENGTH AND DURABILITY OF THE ELEMENTS OF THE SUPPORT BLOCK OF OFFSHORE STEEL PLATFORM

Sintsov V. P., Mitrofanov A. V., Sintsov A.V.

**Summary.** For the arrangement of these offshore fields, marine steel platforms are used. Offshore steel platform (OSP) - an engineering structure for the entire period of operation, which lasts 25 to 35 years, experiences significant external loads and impacts. The most significant effect on the bearing elements of offshore steel stationary platforms is provided by: corrosion, ice, wind, mechanical and seismic influences. Surveys of the OSP make it possible to draw separate conclusions with respect to the nature and direction of the corrosion wear of load-bearing structures. Specific conditions of operation of OSP facilities are such that it is possible to distinguish conditionally three main zones of construction corrosion (underwater zone, variable wetting zone, above-water zone). To study the degree of influence of certain external factors on the OSP, the existing design of the offshore steel stationary platform for the Arkhangelsk field in the Black Sea was adopted as the basic design. At the same time, a block of adequate loads was created, taking into account the operating conditions of the facility at the Arkhangelsk deposit.

**Key words:** offshore steel platform, finite element model.



## ОПТИМИЗАЦИЯ И НАДЕЖНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Чемодуров В.Т., Сеитжелилов М.С.

ФГОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры.

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181

chens\_mul@mail.ru, ,midat.seitjelilov@gmail.com

**Аннотация.** Предлагается новый метод оптимизации строительных систем с учетом заданного уровня надежности их функционирования. Метод эффективен для задач, в которых вектор оптимальных параметров строительной системы принадлежит одной или нескольким функциональным ограничениям. На практике такие задачи составляют существенное большинство. Главное достоинство данного метода заключается в том, что материальные затраты на производство строительной системы или ее элементов являются минимальными.

**Ключевые слова:** надежность, оптимизация, отказ, случайный характер величин, имитационное моделирование .

**ВВЕДЕНИЕ**

Надежность любой конструкции является по существу конструктивным параметром, который должен вводиться в система на этапе проектирования. При проектировании любой конструктивной системы следует иметь в виду, что ее рабочие характеристики и параметры являются вероятностными по своей природе. Очевидно, что факторы, определяющие прочность элементов и действующие на них нагрузки, также являются вероятностными. Это означает, что при оценке показателей надежности на этапе проектирования необходимо учитывать вероятностный характер параметров системы.

В данной статье рассматривается подход к проектированию конструкции при заданных характеристиках надежности ее элементов. Однако, характеристики конструктивной системы после ее создания могут ухудшаться постепенно с течением времени и иногда только тонкая грань отделяет исправное состояние системы от отказа. Учет изменения характеристик надежности системы в период ее эксплуатации, а также восстановление надежности, являются теми вопросами, которые являются темами будущих исследований. На степень сохранения заданных уровней надежности системы влияет объем профилактического технического обслуживания. И если вопросы технического обеспечения уровней надежности системы предусматриваются, то они также входят в оценку надежности при ее проектировании.

Итак, уровень надежности системы должен устанавливаться при ее проектировании, а реализуется во время эксплуатации, то есть проявляется способность объекта выполнять свои функции в течение установленного срока службы. Реализация состояния объекта, при котором он не сможет выполнять свои функции называется отказом.

На современном этапе развития науки проектирование любых конструктивных систем строится путем решения двух противоречивых задач. С одной стороны, система должна обладать высоким уровнем надежности, что требует дополнительных материальных затрат. С другой – обладать высокой экономичностью. Обе задачи вполне возможно объединить в одну, используя законы и методы системного анализа.

**АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ**

Традиционные методы расчета конструкций основаны на предположении о полной определенности в таких параметрах, как внешняя нагрузка, свойства материалов, геометрические размеры и форма проектируемого изделия. [1] Между тем, как было сказано выше, все эти факторы находятся под влиянием большого количества разнообразных причин, и поэтому в той или иной мере носит изменчивый характер. Так, все внешние нагрузки и механические характеристики материалов являются случайными. В меньшей мере проявляется изменчивость геометрических размеров и форм элементов конструкций. Случайный характер основных расчетных величин при традиционном методе расчета прочности сооружений учитывается при выборе коэффициентов безопасности. [1,с.21]. Однако дать однозначный ответ на объективность данного коэффициента довольно затруднительно. Его величина, как правило, зависит от большого числа испытаний, либо обработки статистического материала при реализации математических моделей отказа отдельных узлов. Наконец, путем экспертных оценок устанавливается его величина и вводится в руководящий документ.

Задача о показателях надежности, которые могут быть использованы при формировании требований к строительным конструкциям значительно сложнее. Такую задачу достаточно просто решить для какого-либо узла конструктивной системы. Пусть  $R$  – несущая способность узла системы;  $S$  – нагрузочный

эффект. В этом случае условие отказа математически выражается неравенством:

$$R - S < 0. \quad (1)$$

В работе [3, с.70] предлагается оценивать вероятность отказа как вероятность реализации неравенства (1).

$$Q = P(R - F < 0) = \int_0^{\infty} F_R(x) f_S(x) dx. \quad (2)$$

здесь:  $F_R$  – функция распределения вероятностей величины  $R$ ;  $f_S$  – плотность распределения вероятностей величины  $S$ .

Выражение (2) позволит дать разовую оценку вероятности отказа, например при проектировании. В теории надежности термин «отказ» означает, что система прерывает способность выполнить требуемые функции по прошествии какого-либо времени, то есть является функцией времени [6, с.28]

$$Q(t) = P(T \leq t), \quad t \geq 0. \quad (3)$$

Здесь  $T$  – случайная величина, обозначающая наработку до отказа;  $Q(t)$  – функция распределения наработки до отказа.

Вероятность безотказной работы или вероятность того, что невозстанавливаемая система будет выполнять требуемую функцию в заданный момент времени  $t$ , можно записать в виде:

$$V(t) = 1 - Q(t) = P(T > t). \quad (4)$$

Если случайная величина  $T$  имеет плотность распределения  $f_T(t)$ , то

$$V(t) = 1 - Q(t) = 1 - \int_0^t f_T(\tau) d\tau = \int_t^{\infty} f_T(\tau) d\tau \quad (5)$$

Задачи (2) и (4) довольно легко решаются, если известны функции распределения несущей способности системы ( $R$ ) и нагрузки ( $S$ ).

Обе задачи имеют важное значение при проектировании строительных конструкций. Важность задачи (4) заключается в том, что она позволяет устанавливать сроки восстановления назначенных функциональных способностей систем. Кроме того, позволяет организовать систему технического обеспечения системы с целью поддержания ее на заданном уровне работоспособности. Исходными данными для расчета отдельных узлов строительной системы являются:

функции распределения несущей способности и нагрузочного эффекта;

среднее время наработки на отказ

интенсивность отказов

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Все перечисленные исходные данные определяются на основе сбора и обработки статистических данных опыта эксплуатации однородных элементов.

Теперь обратимся к строительной системе в целом, состоящей из большого (если не сказать огромного) количества отдельных элементов.

На сегодняшний день существует несколько подходов к оценке надежности системы в целом. Один из них связан с поиском «горячих точек», то есть наиболее уязвимых элементов системы. [Райзер]. Другой метод связан с имитационным моделированием расчета надежности системы [Чемодуров].

И в том и в другом случаях необходима кропотливая работа в процессе разработки имитационных моделей системы, состоящей из последовательно или параллельно соединенных блоков (элементов), которые имитируют реальную конструкцию.

Анализ надежности систем с помощью имитационных моделей представляет собой определенную форму предварительного анализа. Он используется для оценки возможного состава элементов на этапе проектирования и определения необходимых уровней надежности подсистем и элементов. По мере перехода проектирования на заключительные этапы может выполняться более детальный анализ, и наконец, изготавливаются отдельные образцы для проверки надежности элементов системы путем проведения испытаний.

Авторами предлагается способ оптимизации параметров строительной системы или ее элементов, учитывающий заданную вероятность их функционирования. То есть, предполагается решать одновременно две задачи и оптимизации параметров строительной конструкции и обеспечение заданного уровня ее надежности. Предполагается, что такой подход позволит создавать объекты со значительной экономией материальных ресурсов.

Предлагаемый подход к оптимизации объектов предназначен для определенного класса задач, который на самом деле включает в себя подавляющее число проектируемых строительных систем. Особенностью данного класса задач является то, что функционирование строительных систем происходит в рамках большого числа ограничений (ограничений по нагрузкам, габаритам, допустимым отклонениям параметров, по стоимости и др.). Если оптимальное решение искать без учета помех методами линейного программирования, и оно оказывается на детерминированной функциональной границе, то это означает, что в реальных условиях (при наличии помех), практически в 50% случаев будет иметь место отказ системы. Найденное таким образом оптимальное решение  $\bar{x}$  может служить опорной точкой для определения вероятностных характеристик функциональных ограничений задачи в области точки  $\bar{x}$ .

Общая постановка задачи найденного программирования имеет вид: найти минимум целевой функции

$$f^0(x) \rightarrow \min \quad (6)$$

при выполнении условий по функциональным ограничениям

$$f^i(x) \leq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad (7)$$

$$\text{и ограничениям по параметрам } x \in X. \quad (8)$$

После определения оптимального решения в детерминированной постановке  $\bar{x}$  необходимо определить параметры распределения функциональных ограничений в области данного оптимального решения.

Необходимо отметить, что случайные переменные, которые в сложных системах представляют наложение многих различных более или менее независимых причин, могут рассматриваться как сумма случайных переменных. Известно, что сумма произвольного распределенных случайных переменных приближенно распределена по нормальному закону, причем тем ближе, чем больше членов этой суммы (центральная предельная теорема). Это служит основой того, что многие статистические распределения при достаточном объеме выборки хорошо аппроксимируются нормальным распределением.

В общем случае параметры распределений функциональных ограничений  $f^i(x, \theta)$  зависят от вектора  $x$ , поэтому их представление в виде

$$F^i(x, \theta) = f^i(x) + v^i(\theta) \quad (9)$$

на всей области решения задачи оптимизации не всегда возможно. Но для малой окрестности вокруг оптимального решения  $\bar{x}$  данное представление вполне реально. В формуле (9)  $\theta \in \Theta$  – вектор случайных величин, входящих в математическую модель разрабатываемой строительной системы.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Проведя в точке оптимального решения  $\bar{x}$  достаточное число решений с учетом вектора случайных величин производится оценка параметров случайных функциональных ограничений в области  $\bar{x}$ .

$$\left. \begin{aligned} M[f^i(\bar{x}, \theta)] &= \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n f_j^i(\bar{x}, \theta), \\ \sigma^2[f^i(\bar{x}, \theta)] &= \frac{\sum_{j=1}^n [f_j^i(\bar{x}, \theta)]^2 - [\sum_{j=1}^n f_j^i(\bar{x}, \theta)]^2}{n(n-1)}. \end{aligned} \right\}$$

Здесь  $n$  – объем выборки, который влияет на точность решения задачи и его значение находится методами математической статистики. Естественно, при  $n \rightarrow \infty$  доверительные границы истинных значений параметров (10) будут стремиться к нулю. После определения параметров распределения функциональных ограничений легко определить новые границы области допустимых решений путем сдвига детерминированных ограничений на величину, соответствующую заданной вероятности безотказного функционирования строительной конструкции

$$\beta^i = M[f^i(\bar{x}, \theta)] + k(p_i) \sigma[f^i(\bar{x}, \theta)]. \quad (11)$$

Здесь  $k(p_i)$  – квантиль (в данном случае нормального распределения) соответствующий заданной вероятности надежности  $p_i$ .

Новая постановка задачи оптимизации строительной конструкции имеет вид: минимизировать целевую функцию

$$f^0(x) \rightarrow \min \quad (12)$$

при условиях

$$F^i(x, \theta) = f^i(x) + \beta^i, \quad i = \overline{1, m} \quad (13)$$

$$x \in X, \quad \theta \in \Theta. \quad (14)$$

Результатом окончательного решения оптимизационной задачи с учетом заданного уровня надежности является новый вектор  $x^*$ . На рисунке 1 показана геометрическая интерпретация описанного метода для двух варьируемых параметров.

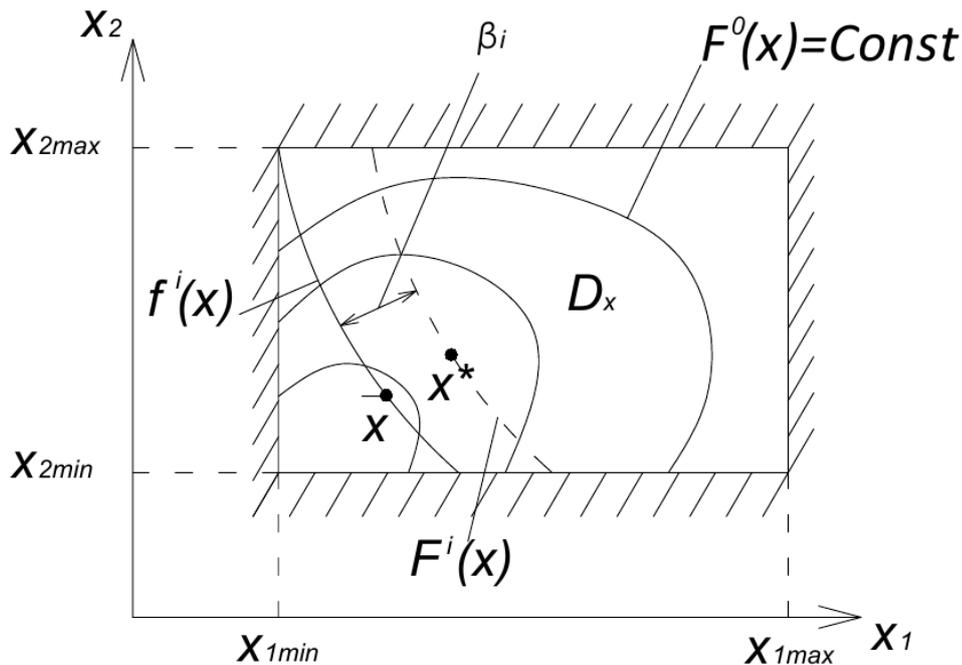


Рис. 1 Поиск оптимума в задачах с ограничениями по вероятности  
Fig. 1 Search for an optimum in problems with probability constraints

## ВЫВОДЫ

Таким образом можно сделать следующие выводы:

1. Традиционные методы учета надежности конструктивных систем связаны с наличием достаточно большой базы данных по параметрам, имеющих случайную природу, или проведения многочисленных экспериментов. Кроме того необходимо доказывать те или иные виды распределений как прочности изделий, так и напряжений в них, которые возникают при нагрузках случайной природы.

2. Предлагаемый авторами метод конструирования строительных систем сочетает задачу оптимизации элементов конструкции и учет задания вероятности их функционирования в течение заданного времени.

При этом задача оптимизации решается в три этапа.

На первом этапе решается задача оптимизации параметров строительной системы в детерминированной постановке методами нелинейного программирования. При этом, одновременно, минимизируются материальные затраты на создание конструкций.

На втором этапе исследуется стохастическая модель системы с учетом случайного разброса параметров, имевших случайную природу. На этом этапе определяются параметры случайных функциональных ограничений в области оптимизированного решения, полученного на первом этапе, и формулируются новые функциональные ограничения, обеспечивающие заданную надежность конструкции.

На третьем этапе вновь в детерминированной постановке решается оптимизационная задача, но уже при новых ограничениях. Полученная при этом повышенные материальные затраты на создание конструкции в любом случае будут минимальны.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. – М. Минстрой России. – 2015. – 162 с.
2. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. – М. Минстрой России. – 2014. – 26 с.
3. Райзер В.Д. Теория надежности сооружений. Научное издание.– М.: Издательство АСВ, 2010. – 384 с.
4. Чемодуров В.Т. Методы статистического оценивания в строительстве: учебное пособие / В.Т. Чемодуров, Э.В. Литвинова – Симферополь: КФУ им.Вернадского, 2015. – 156 с.
5. Чемодуров В.Т. Моделирование систем: монография / В.Т. Чемодуров, Э.В. Литвинова. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ»,2016. –236 с.
6. Капур К., Ламберсон Л. – Надежность и проектирование систем / Капур К., Ламберсон Л. «Мир», М.,1980г. – 620с

## REFERENCES

1. SP 63.13330.2012. Concrete and reinforced concrete structures. The updated edition of SNiP 52-01-2003. – M. Russia's Ministry Of Construction. – 2015. – 162 p.
2. GOST 27751-2014 Reliability of structures and bases. The main provisions. – M. Russia's Ministry Of Construction. – 2014. – 26 S.
3. Rayzer V. D. Teoriya nadezhnosti sooruzheniy. Scientific publication.– M.: Publishing house ASV, 2010. – 384 p.
4. Chemodurov V. T. Methods of statistical estimation in construction: study guide / V. T. Chemodurov, E. V. Litvinova – Simferopol: KFU them.Vernadsky, 2015. – 156 p.
5. Chemodurov V. T. Modeling of systems: monograph / V. T. Chemodurov, E. V. Litvinova. – Simferopol: it "ARIAL",2016. -236 p.
6. Kapoor K., L. Lamberson – Reliability and systems engineering / Kapoor K., Lamberson L. "Mir", M.,1980. – 620с

## OPTIMIZATION AND RELIABILITY OF BUILDING SYSTEMS

Chemodurov V. T., Seitjanov M. S.

**Summary.** A new method for optimizing construction systems is proposed while taking into account the given level of reliability of their functioning. Proposed method is effective for problems in which the vector of optimal parameters of a building system belongs to one or more functional constraints. In practice, such tasks constitute a substantial majority. The main advantage of this method is that the construction costs for the production of the building system or its elements are minimal.

**Key words:** reliability, optimization, failure, random character of quantities, simulation simulation.

## РАБОТА БАЛКИ С ГОФРИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ С РАЗЛИЧНЫМИ ПРОФИЛЯМИ ГОФРИРОВАНИЯ

Митрофанов С.В., Митрофанов В.А.

ФГОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры.

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181

**Аннотация:** В данной научной статье на основе исследований балок с гофрированной стенкой произведены попытки определить наиболее эффективный профиль гофрирования стенки балки. Целью данной работы является исследование балок с гофрированной стенкой методом конечных элементов, получение результатов и их анализ. Определение влияния профиля гофров на величину несущей способности балок с гофрированной стенкой. Определение наиболее эффективных параметров гофрирования стенки с целью более полной реализации потенциальных возможностей гофрированных стенок.

**Ключевые слова:** Балка с гофрированной стенкой, профиль гофр, метод конечных элементов, параметры гофрирования.

Одним из путей снижения материалоемкости строительных конструкций является оптимальное распределение материала по площади поперечного сечений в соответствии с напряженно-деформированным состоянием элементов. Этому направлению отвечает применение конструкций со стенкой в виде гофрированного листа. Известно много примеров реализации конструкций с гофрированной стенкой в качестве балок, ригелей и колонн стальных несущих рам металлических каркасов зданий.

Область исследования гофрированных элементов в строительной индустрии еще сравнительно молода. Основные научные разработки проводились в 60 - 70 годах прошлого века. Обоснованность гофрированных элементов в качестве частей строительных несущих конструкций, а также научно-методологические основы данного вопроса заложили такие ученые как Е. Зейдель, В.Н. Горнов [1], Г.А. Аржемачев [2], Кириленко В.Ф. [4], Я.И. Ольков [3], А.Н. Степаненко и др.

Исследованием формы гофрирования занимались многие ученые.

В статье К.И. Мак Кензи [5] приводятся результаты теоретического определения жесткости стенки с волнистым гофрированием и зависимость жесткости стенки от геометрических размеров гофров и стенки.

Е.М. Концевой провел ряд теоретических и экспериментальных исследований устойчивости стенок балок усиленных в верхней зоне односторонним гофром. [6]

Я.И. Ольков и А.Н. Степаненко в 1972 г. Публикуют работу [7] в которой рассматриваются гофрированные волнообразные профили стенки, гофры которых являются наклонными по отношению к оси балки, и имеют различные углы наклона

С целью упрощения изготовления и присоединения гофрированной стенки к поясам Т.В. Михайловой в работе [8] рассматривала разреженные гофры, которые в стенке предлагается выполнять штамповкой закрытыми

(продолжающимися не на всю высоту или длину стенки) с поперечным или продольным их расположением.

Р. Гамильтону в 1993 г. удалось показать, что предельное состояние всех образцов наступило в результате потери стенкой местной устойчивости в одном из гофров. В результате испытаний Р. Гамильтон делает вывод, что в стенке с более частым расположением гофров скорее наступает потеря общей устойчивости.

С.Л. Чан, Я.А. Халид, Б.Б. Сахари и А. Хамауда в работах [9] (2001 г.) изучают влияние различного вида гофрирования стенки на прочность всей балки при изгибе.

В 2007 г. П.И. Егоров опубликовал работу [10], в которой, уравнение профилей гофров описал с помощью рядов Фурье и получил формулы для определения дополнительных изгибно-крутящих усилий, возникающих из-за периодического смещения стенки с оси стержня. Представленные в данной работе формулы применимы для гофров любого очертания (волнистого, трапециевидного, треугольного).

Рыбкин И.С. в 2008 году в своей работе [11] рассматривает новую конструктивную форму двутавровых металлических конструкций с переменного гофрированной стенкой. Данное решение, сочетая в себе все преимущества традиционного гофрирования, обладает меньшей металлоемкостью.

Полтораднев А. С. [12] В 2012 году на основе принципов развития технических систем получил новое конструктивное решение тонкостенных балок, объединяющее гофрированные элементы на опорах и плоские – в середине пролета.

В связи с этим актуальной задачей повышения эффективности использования гофрированных элементов является оптимизация известных конструктивных решений. Нахождение эффективных геометрических параметров сечения балок и колонн с гофрированными стенками и параметров гофрирования стенки, что позволит более полно реализовать потенциальные возможности несущих двутавровых элементов с гофрированной стенкой.

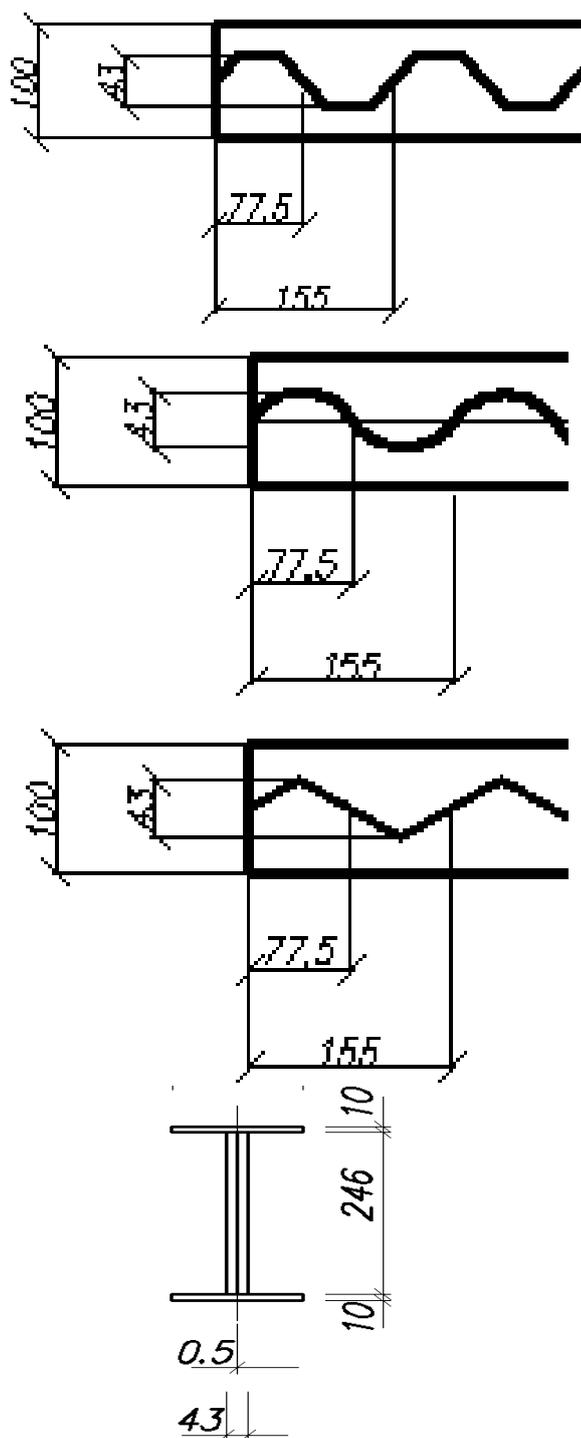


Рисунок 1 - Геометрические характеристики сечения

Были поставлены следующие задачи:

1. Создать модели несущих элементов с использованием метода конечных элементов в программном комплексе «Лира»
2. Выполнить расчёт моделей несущих элементов с помощью метода конечных элементов.
3. Провести анализ результатов полученных с помощью метода конечных элементов.
4. Определить влияние профиля гофров на величину несущей способности несущих элементов.

Для решения поставленной задачи были проведены исследования трех балок с гофрированной стенкой методом конечных элементов в программном комплексе «Лира». Были созданы модели балок с различным профилем гофрированной стенки: треугольным, трапециевидным, синусоидальным.

Все модели имеют длину  $L=2,015$  м, высоту  $h=0,246$  м. За основу была принята реально существующая балка фирмы «Zeman» имеющая волнообразный профиль гофр и длину волны равную 155 мм.

Длина волны гофрированной стенки в независимости от формы гофрирования составляет  $l=155$  мм. Геометрические характеристики сечения указаны на рисунке 1.

Балки закреплены шарнирно. Ограничение перемещений в узлах опирания балки справа по X, Y, Z, слева по Y, Z.

Модели были созданы с помощью физически нелинейных элементов оболочки. Были использованы треугольные, прямоугольные и четырехугольные элементы. В месте крепления стенка и полка имеют общие узлы. Каждый узел содержит шесть степеней свободы.

Жесткосные параметры сварных швов идентичны жесткостным параметрам стенки.

Расчет задавался методом моделирования нелинейных нагруженных. Нагрузка прилагалась пошагово, с шагом 0,05.

Общий вид балок представлен на рисунке 2.

Изополя напряжений и напряженно деформированная схема балок показана на рисунке 3.

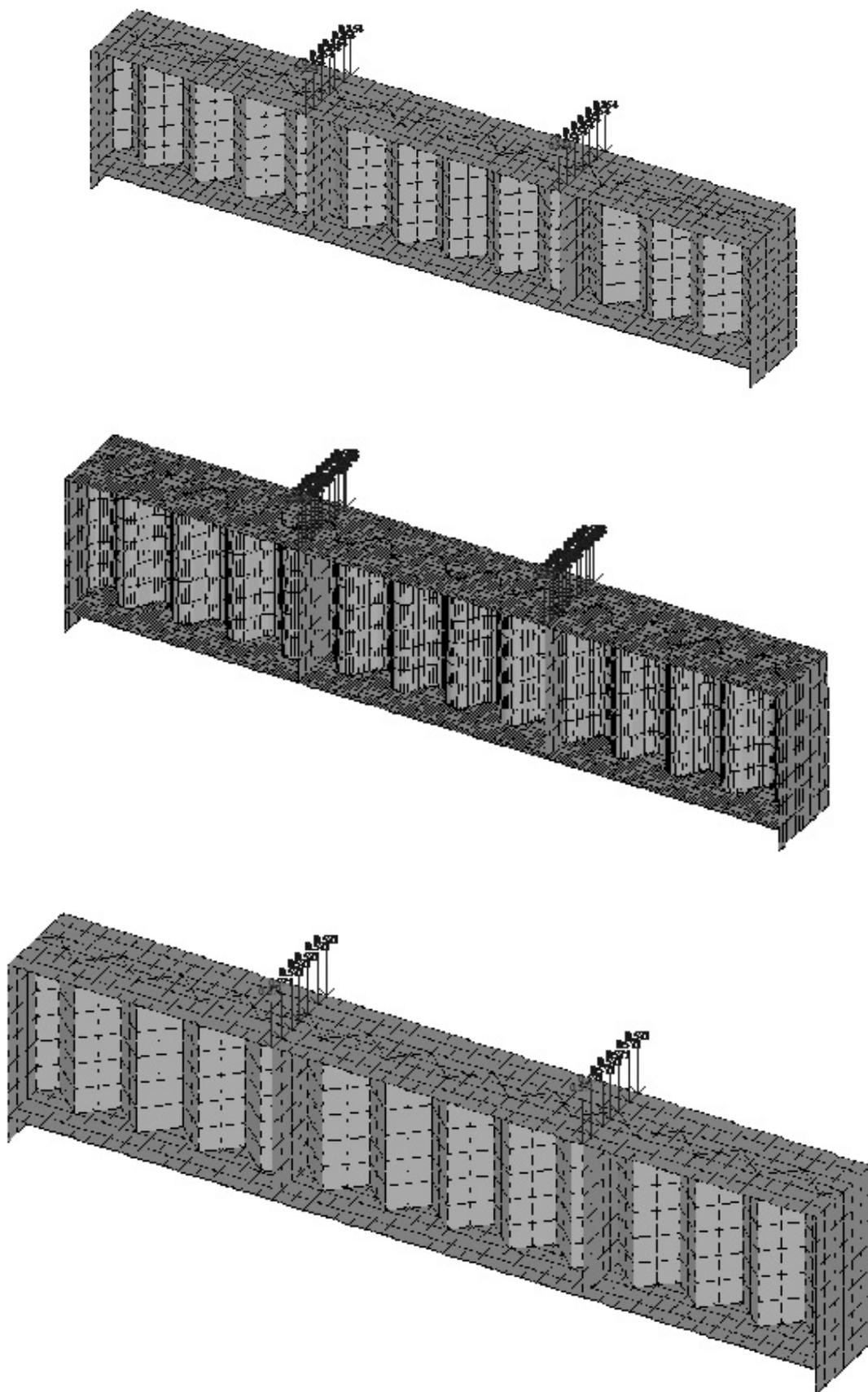


Рисунок 2 - Общий вид балок с синусоидальным, треугольным и трапециевидным профилем гофрирования

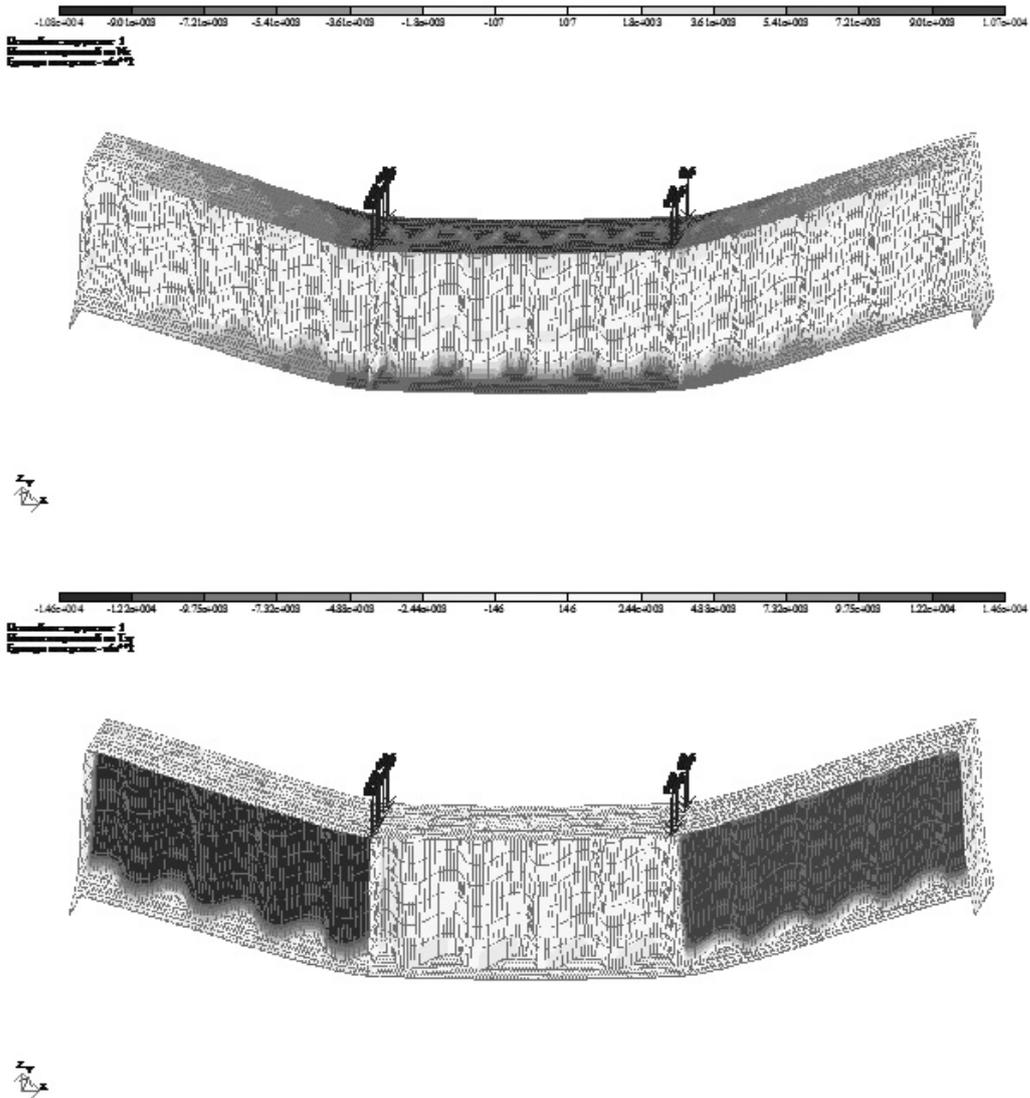


Рисунок 3 - Изополя напряжений

Результаты расчета сведены в таблицу 1.

Таблица 1

№ п/п	Форма гофрирования стенки	Значение критической нагрузки при потере устойчивости
1	Треугольная	50,106Кн/м <sup>2</sup>
2	Трапециевидная	52.18Кн/м <sup>2</sup>
3	Синусоидальная	139.2Кн/м <sup>2</sup>

Расчет показал, что при одинаковых геометрических параметрах несущих элементов и параметрах гофрирования, при одинаковых жесткостях и условиях загрузки, балки (несущие элементы) с различным профилем гофрирования

теряют устойчивость при различной величине нагрузки.

## ВЫВОДЫ

1. Были созданы модели несущих элементов с использованием метода конечных элементов в программном комплексе «Лира»
2. Был выполнен расчёт моделей несущих элементов с помощью метода конечных элементов.
3. В результате расчета были получены изополя напряжений, максимальная величина нагрузки, напряженно деформированная схема несущих элементов.

4. Результаты расчета показали, что большей несущей способностью обладает несущий элемент, гофры которого имеют синусоидальный профиль.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горнов В.Н. Новые тонкостенные конструкции // Проект и стандарт. – 1937. – №4. – С. 25–28.
2. Ажермачев Г.А. Балки с волнистыми стенками // Промышленное строительство. – 1963. – №4. – С. 54–56.
3. Ольков Я.И., Степаненко А.Н. О расчете металлических балок с тонкой гофрированной стенкой // Известия ВУЗов. Строительство и архитектура. – 1972. – №10. – С. 12–15.
4. Кириленко В.Ф., Крайнец Г.А. К вопросу расчета балок с гофрированной стенкой // Известия ВУЗов. Строительствоиархитектура.– 1969. – №4. – С. 23–27.
5. McKenzie K.I. The shear stiffness of a corrugated web.Reports and Memoranda №3342. – London, UK: Ministry of Aviation. Aeronauticalresearchcouncil, 1963. – 13 p.
6. Концевой Е.М. Устойчивость гофр в стенках крановых балок металлических конструкции. В НИИ П Т М А Ш//Исследования крановых металлоконструкций. В. 5(69), 1966. С -24.
7. Ольков Я.И., Степаненко А.Н. О расчете металлических балок с тонкой гофрированной стенкой // Известия ВУЗов. Строительство и архитектура. – 1972. – №10. – С. 12–15.
8. Михайлова Т.В., Беляев В.Ф., Кириленко В.Ф. Применение профилей высокой жесткости в сплошностенчатых и рамных конструкциях комплектной поставки // Комплексные здания из легких металлических конструкций: тезисы докладов всесоюзного совещания. - М.: ЦБНТИ, 1988. - С. 76- 78.
9. Chan C.L., Khalid Y.A., Sahari B.B., Hamouda A.M.S. Finite element analysis of corrugated web beams under bending // Journal of constructional steel research. – 2002. – Vol. 58. – pp. 1391-1406.
10. Егоров П.И. Дополнительные изгибно-крутящие усилия в двутавровом стержне с поперечным непрерывным трапецидальным профилем гофров в стенке // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – №10. – С. 34–35.
11. Рыбкин И.В. Совершенствование конструктивных решений, методов моделирования и расчета конечных элементов.// Автореф. дис. ...канд. тех. наук Москва, 2008. – 20с.
12. Полторацнев А.С. Несущая способность и оптимизация стальных тонкостенных балок.// Автореф. дис. ...канд. тех. наук Москва, 2012. – 24с
13. Несущий элемент // Патент России № 157004 опубликован 20.11.2015. Бюл. № 32. / Митрофанов В.А., Митрофанов С.В.. [и др.].
14. Несущий элемент // Патент России № 158035. опубликован 20.12.2015. Бюл. № 35. / Митрофанов В.А., Митрофанов С.В.. [и др.].

15. Несущий элемент // Патент России № 169391. опубликован 16.03.2017. Бюл. № 8. / Митрофанов В.А., Митрофанов С.В.. [и др.].

#### REFERENCES

1. Gornov, V. N. New thin-walled structures // Project and standard. – 1937. – No. 4. – P. 25-28.
2. Azhermacheva G. A. Beams with wavy walls // Industrial construction. – 1963. – No. 4. – P. 54-56.
3. Olkov J. I., Stepanenko A. N. On calculation of metal beams with thin corrugated wall // Izvestiya vuzov. Building and architecture. – 1972. – No. 10. – S. 12-15.
4. Kirilenko V. F., Okrainec G. A. To the question of the calculation of beams with corrugated web // proceedings of the Universities. Stroitelstvvoimoti.com.– 1969. – No. 4. – S. 23-27.
5. McKenzie K. I. The shear stiffness of a corrugated web.Reports and Memoranda No. 3342. – London, UK: Ministry of Aviation. Aeronauticalresearchcouncil, 1963. – 13 p.
6. End E. M. Stability of the corrugations in the walls of beams of the crane metal structure. In the Institute P T M A W Studies of crane steel structures. V. 5(69), 1966. With -24.
7. Olkov J. I., Stepanenko A. N. On calculation of metal beams with thin corrugated wall // Izvestiya vuzov. Building and architecture. – 1972. – No. 10. – S. 12-15.
8. Mikhailova T. V., Belyaev V. V., Kirilenko V. F. application of the profiles high rigidity splenomegaly and frame designs complete delivery // Complex buildings from light metal structures: theses of reports all-Union meeting. - M.: cbti, 1988. - P. 76 - 78.
9. Chan C. L., Khalid, Y. A., Sahari B. B., Hamouda A. M. S. Finite element analysis of corrugated web beams under bending // Journal of constructional steel research. – 2002. – Vol. 58. – pp. 1391-1406.
10. Egorov P. I. Additional Flexural-torsional beam in a rod with a cross continuous trapezoidal profile of the corrugations in the wall // Industrial and civil construction. – 2007. – No. 10. – Pp. 34-35.
11. Rybkin, I. V. improving the design solutions, methods of modeling and calculation of finite elements.// Abstract. dis. kand. of technical Sciences Moscow, 2008. – 20С.
12. Poltoranin A. S. Bearing capacity and optimization of thin-walled steel beams.// Abstract. dis. kand. of technical Sciences Moscow, 2012. – 24С
13. Supporting element // Patent of Russia No. 157004 published on 20.11.2015. Bull. No. 32. / Mitrofanov, V. A., Mitrofanov S. V.. [et al.].
14. Supporting element // Patent of Russia № 158035. published on 20.12.2015. Bull. No. 35. / Mitrofanov, V. A., Mitrofanov S. V.. [et al.].
15. Supporting element // Patent of Russia No. 169391. published 16.03.2017. Bull. No. 8. / Mitrofanov, V. A., Mitrofanov S. V.. [et al.].

---

THE WORK OF BEAMS WITH CORRUGATED WEB WITH DIFFERENT CORRUGATION  
PROFILES

Mitrofanov, S. V., Mitrofanov V. A.

**Summary.** In this scientific article based on research of beams with corrugated web made attempts to define the most effective profile of the corrugation web of the beams. The aim of this work is to research beams with corrugated web by method of finite element, get results and analyze them. Define effect of the profile of the corrugations on the value of the holding power of beams with corrugated wall. Define the most effective options corrugating web in order to more fully realize the potential of corrugated elements.

**Key words:** Beams with corrugated web, profile of the corrugation web, method of finite element, options corrugating.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛЕБАНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Литвинова Э.В.

ФГОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры.

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181

E-mail: ella\_litvinova\_2015@mail.ru

**Аннотация.** Практическая значимость того или иного метода расчета конструкций на сейсмостойкость считается ценной, если на конкретных реальных объектах будет показано, что используемая математическая модель соответствует реальному прототипу, то есть результаты расчетов соответствуют результатам измерений. Предложена комплексная методика детального исследования реакции элементов сооружения (грунта) на механическое действие, которое позволяет учитывать оценку изменяющейся во времени спектральной характеристики сооружения. Показано, что применение данной методики имеет большое прикладное значение для динамического расчета конструкций.

**Ключевые слова:** сейсмостойкость, надежность, динамические характеристики колебаний, сейсмические нагрузки.

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие новых строительных технологий предъявляет повышенные требования к точности расчета объектов из современных материалов и надежности прогнозирования их поведения в условиях воздействия нагрузок различной природы. Это требует усовершенствования методов расчета и обуславливает необходимость усложнения применяемых расчетных моделей, учитывающих различные физико-механические свойства. Определяющую роль при прогнозировании надежности и жизнеспособности элементов реальных сооружений, особенно при воздействии статических и динамических нагрузок, играет адекватная оценка величины начальных смещений.

При этом под надежностью строительного объекта понимается свойство выполнять заданные функции в течение требуемого промежутка времени. При проектировании закладывается нормативная надежность, которая задает необходимый запас прочности конструкций на восприятие действующих нагрузок. При эксплуатации конструкций сооружения эта надежность с течением времени, как правило, падает и может быть ниже нормативной надежности. Практически надежность можно оценить в виде коэффициента запаса прочности сооружения, категорией его технического состояния или условной надежности в баллах [1–3].

Сейсмостойкость обеспечивается заданием значений реакции связей в узлах при действительном сейсмическом движении сооружения. Поэтому, прочностные характеристики сооружения непосредственно определяются через кинематические и динамические характеристики сейсмического движения узлов сооружения. Следовательно, задача состоит в определении уравнений истинного движения масс сооружения при прохождении сейсмических волн. То есть, оптимальные прочностные характеристики должны соответствовать

динамическим нагрузкам при реальных сейсмических движениях масс сооружения.

Практическая значимость того или иного метода расчета конструкций на сейсмостойкость считается ценной, если на конкретных реальных объектах будет показано, что используемая математическая модель соответствует реальному прототипу, то есть результаты расчетов соответствуют результатам измерений.

Всякое сооружение, связанное с грунтом, является колебательной системой со своими частотными характеристиками. Истинное движение точек сооружения можно определить через истинное движение грунта и реакцию сооружения, как механической системы, на это движение. Таким образом, задача определения истинного движения грунта и отдельных точек сооружения (основная (обратная) задача сейсмометрии) по результатам наблюдений является важнейшей оптимизационной задачей теории сейсмостойкости. Актуальность решения основной задачи – это и получение большого количества записей сильных движений, и расширение возможностей для решения обратных задач благодаря использованию мощных ПК.

## АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ И МЕТОДОВ

В конце XIX в результате обследования последствий разрушительного землетрясения 1891 г. в Мино-Овари (Япония) японскими учеными были впервые получены данные о максимальных сейсмических ускорениях грунта, позволившие поставить задачу об определении сейсмических сил, воздействующих на здания и сооружения при землетрясениях [4, 5].

Анализ последствий разрушительных землетрясений в начале XX века окончательно утвердил мнение о том, что сейсмическое воздействие на здания и сооружения существенно зависит от их динамических характеристик: жесткости, определения масс, частот собственных колебаний,

затухания и т.д. Учет этих параметров привел к созданию динамической теории сейсмостойкости, с достаточной полнотой описывающей динамическое поведение конструкции на основе хорошо разработанных методов динамики сооружений [4].

Первая попытка решения задачи расчета системы с одной степенью свободы была предпринята в 1920 г. японскими учеными Сато и Н. Мононобе, который «предложил определять сейсмические силы с учетом деформируемости сооружений», как консервативной линейно–упругой системы с одной степенью свободы, заделанной в грунт, «колебания которого при землетрясении следуют гармоническому закону» (рис. 1, б) [5].

Первый вариант динамической теории сейсмостойкости (определение сейсмических сил) был разработан К.С. Завриевым (1927 г.), который предложил рассматривать сейсмические перемещения почвы как гармонические незатухающие колебания, по существу, в виде «включенной косинусоиды» (в «начальный момент движения грунта ускорение достигает максимума, а скорость равна нулю» (рис. 1, б)) [5].

Дальнейшим этапом в истории развития теории сейсмостойкости явилась спектральная теория, представляющая собой существенное усовершенствование динамической теории за счет введения в обращение спектральных кривых, представляющих собой кривые, описывающие зависимости максимальных ускорений, скоростей или перемещений линейного осциллятора в функции периода его собственных колебаний. М.А. Био в 1933 г. предложил определять динамический эффект землетрясения экспериментальным путем на моделях, «разработал метод оценки сейсмических сил с использованием инструментальных записей колебаний поверхности грунта во время землетрясений» (рис. 1, в) [5].

Впоследствии эта идея нашла развитие в работах Я.М. Айзенберга, И.Л. Корчинского, С.В. Медведева, А.Г. Назарова, Ш.Г. Напетваридзе, Н.А. Николаенко, С.В. Полякова, Э.И. Хачияна, В.Т. Расказовского, Г. Хаузнера (рис. 1, г), и др. [5].

Другое направление исследований – применение методов теории вероятностей и математической статистики к оценке возможного эффекта землетрясения на сооружение относится к 50–м годам XX столетия [5].

Вместе с тем широкое применение получили и другие подходы, в частности те, которые основаны на корреляционной теории случайных процессов, предполагающей стационарность и эргодичность случайного процесса сейсмического воздействия.

Основное преимущество применения корреляционной теории состоит в том, что здесь достаточно ограничиться двумя простейшими характеристиками случайного процесса – средним значением и корреляционной функцией. Это позволяет существенно упростить математический аппарат и расчетные формулы для статистического анализа линейных систем. Для линейных систем с постоянными коэффициентами это преимущество еще более возрастает, так как в предположении о нормальном распределении внешнего воздействия расчетные параметры также будут иметь нормальный закон распределения [4].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Каждому зданию или сооружению присущ индивидуальный комплекс параметров динамических характеристик колебаний, как следствие свойств подстилающего грунта и фундамента объекта, вида и качества соединений отдельных блоков, частей и элементов объекта, изменение которых отображается соответствующими изменениями параметров динамических характеристик колебаний объекта в целом, его отдельных блоков, частей и элементов.

Расчет сооружения на сейсмические воздействия – процедура формирования расчетных моделей, определение их параметров и процедура взаимосвязи между этими моделями (рис. 2).

Определение возможных динамических нагрузок требует знания информации о сооружении как материальной системе и о сигнале как о причине механического воздействия. Поэтому принципиальное значение приобретает экспериментальное изучение отклика сооружения на механическое воздействие. С одной стороны, это возможность эмпирической проверки теоретических оценок, а с другой – самостоятельное средство изучения сейсмостойкости конструкций. Для решения этой проблемы целесообразно использовать искусственные источники механического воздействия [6].

Сейсмические нагрузки, действующие на здание, имеют инерционную природу. Они зависят не только от ускорений грунта, но и от собственных ускорений масс. Любые изменения в конструкции здания (снижение жесткости, образование пластических шарниров) влекут изменение его инерционных характеристик, а, следовательно, и изменение приложенных сейсмических сил. Наблюдается явная зависимость сейсмических сил от жесткости системы и степени ее повреждения [7].

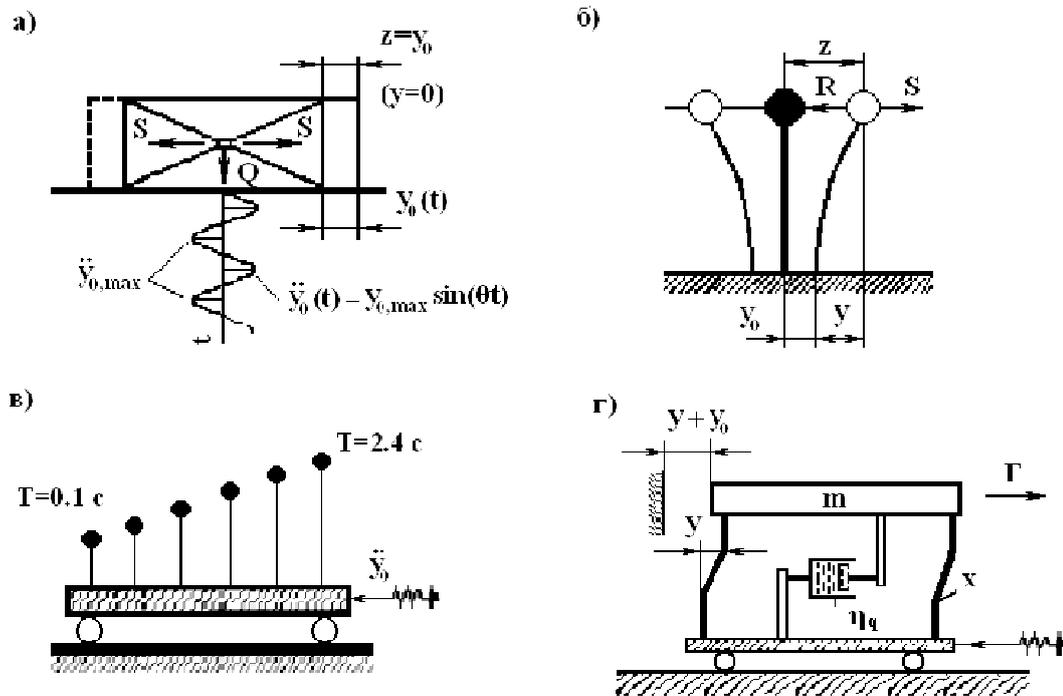


Рис. 1. Определение величин сейсмических нагрузок:  
 а) модель Ф. Омори;  
 б) расчетная модель Н. Мононобе и К.С. Завриева;  
 в) моделирующее устройство М. Био;  
 г) механическая моделирующая система Г. Хаузнера

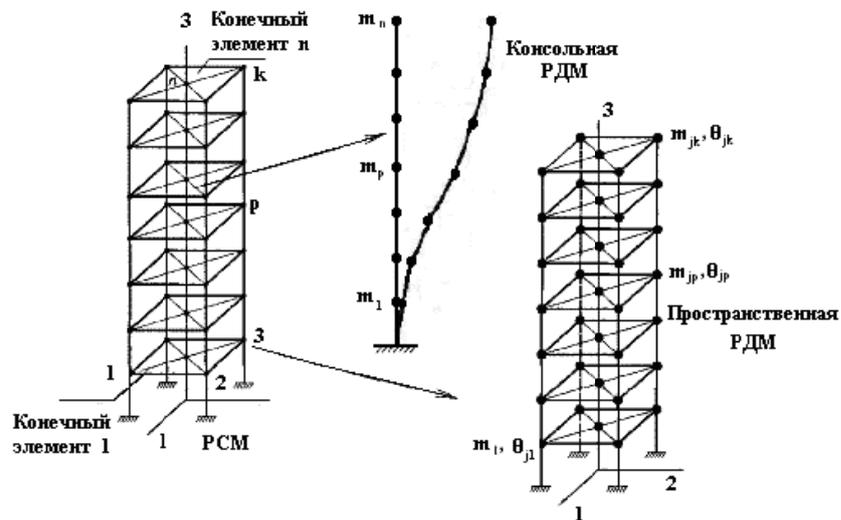


Рис. 2. Связь между расчетными моделями сооружений

Методы определения амплитуд вынужденных колебаний, а также частот и форм свободных колебаний сооружений зависят от вида динамической нагрузки и расчетной схемы сооружения. Практическая значимость того или иного метода расчета конструкций на сейсмостойкость считается ценной, если на конкретных реальных объектах будет показано, что используемая математическая модель соответствует реальному прототипу, то есть результаты расчетов соответствуют результатам измерений [8].

Алгоритм расчета:

- 1) расчет собственных колебаний и определение основных динамических характеристик здания;
- 2) расчет вынужденных колебаний и определение амплитуды динамических перемещений;
- 3) определение величин горизонтальных сейсмических сил.

При определении горизонтальных сейсмических нагрузок, действующих на короткие здания, применима плоская расчетная схема – консольный жестко или упруго заделанный в грунт стержень с

нанесены на него и расположенными в уровнях этажей массами (рис. 3).

В основу такой расчетной схемы положены предпосылка о недеформируемости дисков перекрытий (перекрытия считают абсолютно жесткими в их плоскости, в связи с чем, перемещения всех точек в уровне одного этажа в направлении действия сейсмической нагрузки одинаковы) и предпосылка об отсутствии при сейсмическом воздействии поворота здания относительно его вертикальной оси.

Для определения величин частот и форм собственных колебаний и сейсмических сил при расчете здания на сейсмостойкость применены следующие методы расчета плоской и пространственной систем (рис. 4, 5):

- 1) метод сил [9];
- 2) спектральный метод [10, 11];
- 3) расчета плоской системы, состоящей из стержневых элементов на статические и динамические воздействия с выбором расчетных сочетаний усилий в ПК ЛИРА;
- 4) расчета пространственной системы на статические и динамические воздействия с выбором расчетных сочетаний усилий в ПК ЛИРА;
- 5) неразрушающего инструментального инженерно-сейсмологического обследования физического состояния зданий и сооружений с использованием сейсмических методов, аппаратуры и оборудования [12].

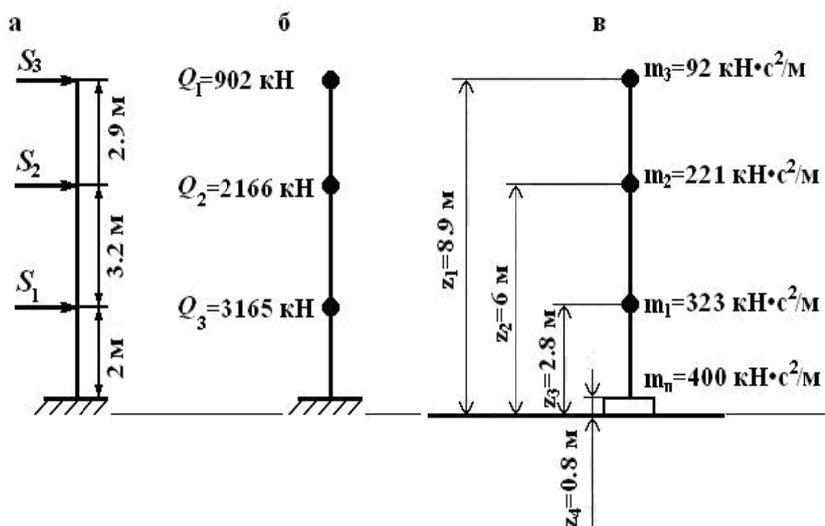


Рис. 3. Расчетные схемы:  
 а – на действие сейсмической нагрузки;  
 б – распределения веса здания;  
 в – динамическая

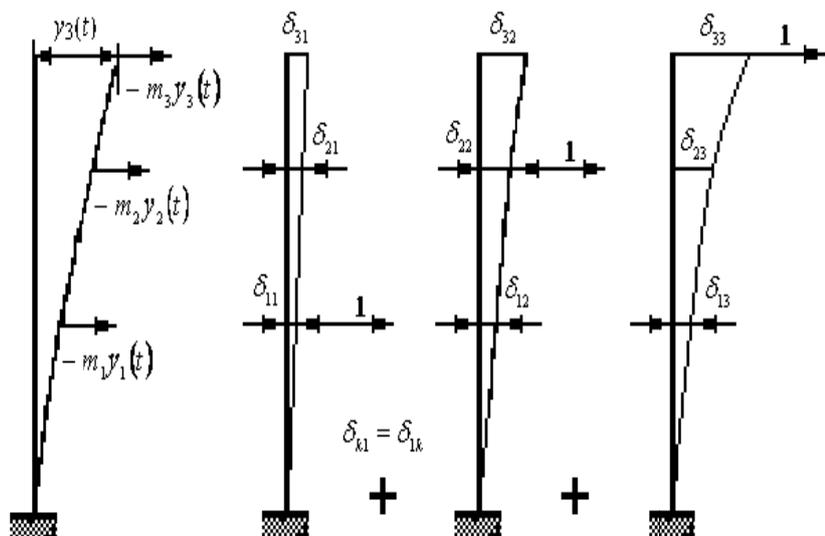


Рис. 4, а)

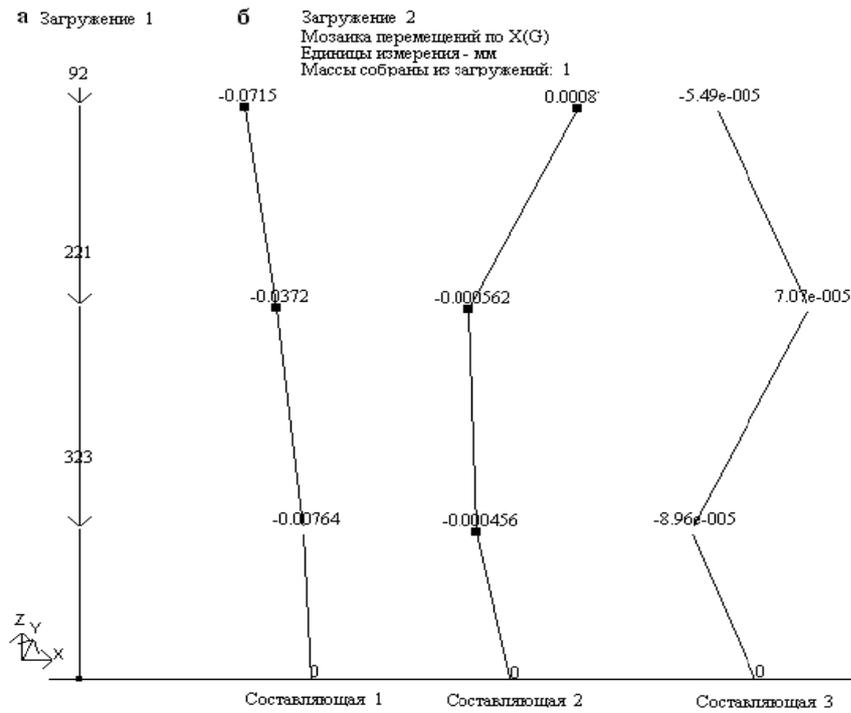


Рис. 4. б)

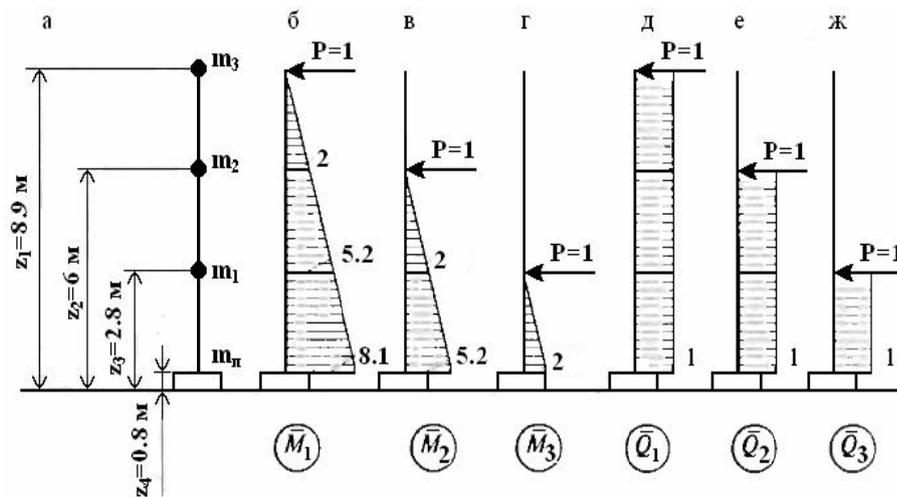


Рис. 4. в)

Рис. 4. Схемы к расчету плоской системы:

- а) по методу сил;
- б) на статические и динамические воздействия с выбором расчетных сочетаний усилий в ПК ЛИРА;
- в) по спектральному методу;
- а – расчетная схема; б–г – единичные эпюры изгибающих моментов;
- д–ж – единичные эпюры поперечных сил

В итоге были определены:

- величины смещений объекта в целом, его блоков и отдельных элементов конструкции;
- основные кинематические характеристики колебаний:
  - 1) круговая (циклическая) частота  $\omega$  (рад/с);
  - 2) частота колебаний  $\nu$  (Гц);
  - 3) период колебаний  $T$  (с);

- численные значения форм свободных колебаний в точках приведения массы расчетом по выбранной динамической модели (рис. 6);
- коэффициенты динамичности при собственных колебаниях здания по полученной форме перемещений;
- величины горизонтальных сейсмических сил (рис. 7).

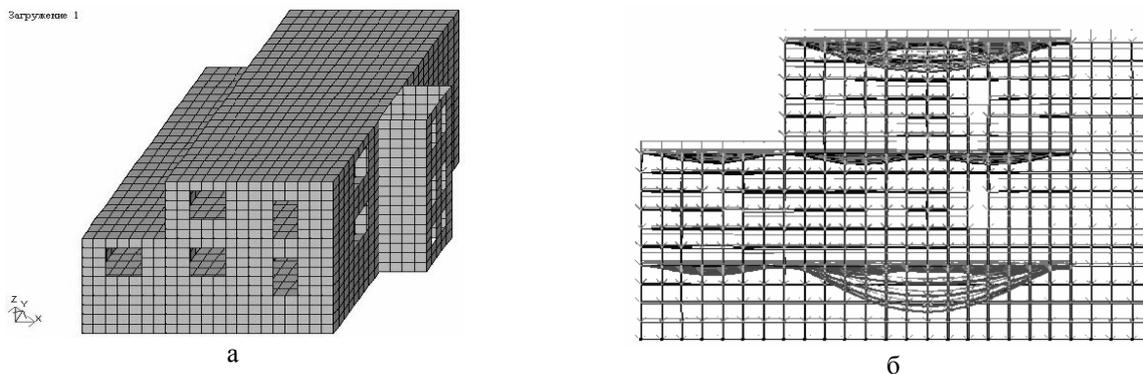


Рис. 5. Схемы к расчету пространственной системы:  
 а) на статические и динамические воздействия с выбором расчетных сочетаний усилий в ПК ЛИРА;  
 б) с учетом перемещений узлов

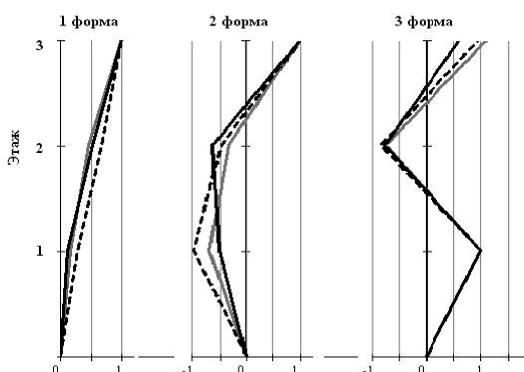


Рис. 6. Амплитуды форм собственных колебаний в точках приведения массы по консольной РДМ, где:  
 — метод сил;  
 - - - спектральный метод;  
 ПК ЛИРА

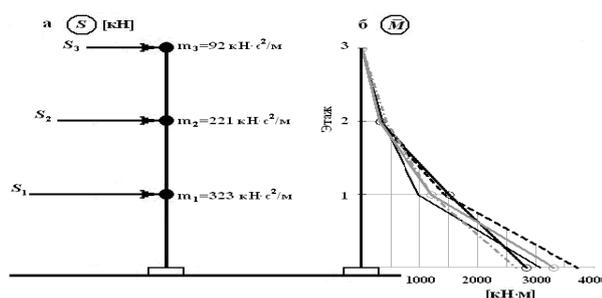


Рис. 7. Расчетные схемы:  
 а – сейсмических нагрузок;  
 б – эпюр изгибающих моментов, где:  
 ⊗ ⊗ – плоская система в ПК ЛИРА;  
 - - - спектральный метод;  
 — метод сил;  
 ⊗ ⊗ – пространственная система в ПК ЛИРА;  
 экспериментальный метод

## ВЫВОДЫ

Сопоставление экспериментальных и расчетных характеристик позволяет проверить адекватность расчетных математических моделей и корректировать их с учетом измеренных прочностных характеристик.

Полученные результаты позволяют судить о большом влиянии подстилающего грунта, сейсмические свойства которого изучены и учтены при компьютерном моделировании недостаточно. Понятие категории грунтов, используемое в коэффициенте динамичности, не может исчерпать разнообразия строения и спектральных свойств грунтов.

Предложенная методика обследования зданий и сооружений позволяет:

- определять комплекс параметров динамических характеристик, отображающих физическое состояние зданий и сооружений, как в целом, так и его отдельных блоков и элементов;

- проводить тщательное изучение спектральных свойств сооружений, определение их частотных характеристик, как путем математического моделирования, так и с помощью экспериментальных исследований.

При выполнении всего цикла испытаний необходимо учитывать следующие требования:

- максимальное воспроизведение реальных условий эксплуатации объекта испытаний;
- обеспечение максимальной достоверности результатов испытаний – использование адекватных методов и средств испытаний;
- сокращение трудоемкости и стоимости испытательных работ — широкое использование средств автоматизации испытаний и вычислительной техники.

Реализованный подход позволяет определять частоты и формы собственных колебаний конструкций зданий; сопоставлять измеренные и вычисленные динамические характеристики;

корректировать расчетные модели и оценивать на их основе сейсмостойкость зданий.

Применение в качестве методологии принципов системного подхода позволяет обосновать необходимость комплексных исследований, направленных на эффективную и своевременную диагностику объектов на принципиально новом уровне.

Для обоснованной оценки текущего уровня сейсмостойкости зданий и сооружений важно не только сопоставлять измеренные динамические характеристики обследуемых объектов с параметрами «эталонных» зданий, но и прогнозировать характер разрушений при землетрясениях.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добромислов, А.Н. Оценка надежности зданий и сооружений по внешним признакам. Справочное пособие / А.Н. Добромислов. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 72 с.
2. Лычев, А.С. Надежность строительных конструкций / А.С. Лычев. – Москва: АСВ, 2008. – 184 с.
3. Перельмутер, А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций / А.В. Перельмутер. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2007. – 254 с.
4. Амосов, А.А. Основы теории сейсмостойкости сооружений / А.А. Амосов, С.Б. Сеницын. – М.: АСВ, 2001. – 96 с.
5. Сейсмостойкое строительство зданий [Под ред. проф. И. Л. Корчинского] – М.: Высш. школа, 1971. – 320 с.
6. Бугаевский, Г.Н. Спектрально– динамические и диссипативные свойства элементов сооружения / Г.Н. Бугаевский // Строительство и техногенная безопасность. – Симферополь: НАПКС, 2005. – Вып. 11.– С. 85–88.
7. Антонов, В.М. Проектирование зданий при особых условиях строительства и эксплуатации: учеб. пособ. / В.М. Антонов, В.В. Леденев, В.И. Скрылев. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. – 240 с.
8. Могилев, А.В. Элементы математического моделирования: учеб. пособие для студентов естественнонаучных спец. педвузов / А.В. Могилев; Омск. гос. пед. ун-т. – Омск: [б. и.], 1995. – 104 с.
9. Поляков, С.В. Сейсмостойкие конструкции зданий / С.В. Поляков. – М.: Высш. школа, 1983. – 304 с.
10. Савович, М.К. Динамический расчет каркасных зданий: учебное пособие / М.К. Савович. – Ханты–Мансийск, 2005. – 255 с.
11. Саргсян, А.Е. Строительная механика. Основы теории с примерами расчетов: учебник / А.Е. Саргсян и [др.]. – М.: Высш. шк., 2000. – 416 с.
12. Бугаевский Г. Н. Комплексная методика детального исследования реакции элементов сооружения на механическое воздействие / Бугаевский Г. Н., Литвинова Э. В. // Строительство и техногенная безопасность. Симферополь: НАПКС, 2008. – Вып. 24–25. – С. 14–22.

### REFERENCES

1. Dobromyslov, A. N. Evaluation of the reliability of buildings and structures by their appearance. Reference book / A. N. Dobromyslov. – M.: bibliography
2. Dobromyslov, A. N. Evaluation of the reliability of buildings and structures by their appearance. Reference book / A. N. Dobromyslov. – M.: Publishing house of the DIA, 2004. – 72 p
3. Lychev, A. S. Reliability of structures / A. S. Lychev. – Moscow: ASV, 2008. – 184.
4. Perelmuter, A. V. Selected problems of reliability and safety of building structures / A. V. Perel'muter. – M.: Publishing house Association building universities, 2007. – 254 p.
5. Amosov, A. A. fundamentals of the theory of seismic stability of structures / A. A. Amosov, S. B. Sinitsyn. – M.: ASV, 2001. – 96 p
6. Earthquake resistant construction of buildings [Under the editorship of Professor I. L. korchinskiy] – M.: Higher. school, 1971. – 320 p.
7. Bugayevskiy, G. N. Spectral– dynamic and dissipative properties of constructions / G. N. Bugayevskiy // Construction and technogenic safety. – Simferopol: NAPCS, 2005. – Vol. 11.– P. 85-88.
8. Antonov, V. M. the Design of buildings under special conditions of construction and operation: proc. manual. / V. M. Antonov, V. V. Ledenev, V. I. Skrylev. – Tambov: Publishing house Tamb. GOS. tehn. University press, 2002. – 240 p.
9. Mogilev, A. Elements of mathematical modeling: proc. a manual for students of natural science specials. of teacher training institutions / A.V. Mogilev; Omsk. GOS. PED. Univ. of Illinois – Omsk: [b. I.], 1995. – 104 p.
10. Polyakov, S. V. design of Earthquake resistant buildings S. V. Polyakov. – M.: Higher. school, 1983. – 304 p.
11. Savovic, M. K. Dynamic analysis of frame buildings: study guide / M. K. Savovich. – Khanty–Mansiysk, 2005. – 255 p.
12. Sargsyan, A. E. structural mechanics. Fundamentals of the theory with examples of calculations: textbook / A. E. Sargsyan and [others]. – M.: Higher. wk., 2000. – 416 p
13. Bugayevskiy, G. N. The complex methodology detailed study of the reaction of the elements of the structure to mechanical impact / Bugayevskiy, G. N., Litvinova E. V. // Construction and technogenic safety. Simferopol: NAPCS, 2008. – Vol. 24-25. – P. 14-22

DETERMINATION OF PARAMETERS OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF  
VIBRATIONS OF BUILDING CONSTRUCTIONS, BUILDINGS AND STRUCTURES

Litvinova E.V.

**Summary.** The practical significance of this or that computational method of designs on seismic stability is considered valuable if on concrete actual objects it is shown that the used mathematical model corresponds to an actual prototype, that is results of calculations correspond to observed datas. The complex technique of a detailed research of reaction of elements of a construction (soil) to mechanical action which allows to consider assessment of the spectral characteristic of a construction changing in time is offered. It is shown that application of this technique has great applied value for dynamic calculation of designs.

**Key words:** seismic stability, reliability, dynamic characteristics of fluctuations, seismic loadings.

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА МАКСИМАЛЬНОГО РАССТОЯНИЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ АВТОБЕТОНОСМЕСИТЕЛЯМИ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР НАРУЖНОГО ВОЗДУХА

Головченко И.В.

ФГОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры.

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181

E-mail: Golovchenko.igor.v@gmail.com

**Аннотация.** В статье определена зависимость между расстоянием доставки бетонной смеси, способом её подачи и вместимостью автобетоносмесителя в условиях повышенных температур наружного воздуха. Определены максимальные расстояния доставки бетонной смеси на объект со стационарного РБУ при различных способах её подачи в конструкции.

**Ключевые слова:** жизнеспособность бетонной смеси; способы подачи бетонной смеси; башенный кран; автобетононасос; автобетоносмеситель; расстояние доставки бетонной смеси.

### ВВЕДЕНИЕ

Республика Крым и южные регионы Российской Федерации в летний период находятся в экстремальных климатических условиях, характеризующихся высокими температурами воздуха (более плюс 40<sup>0</sup>С) и низкой (менее 50-55%) относительной влажностью. По мере увеличения скорости ветра отрицательное воздействие высоких температур и низкой влажности возрастает, своеобразные климатические условия значительно влияют на технологию бетонных работ, выбор машин и механизмов для доставки, подачи и укладки бетонной смеси, а также на физико-механические свойства бетонов. Длительное воздействие высоких температур наружного воздуха в сочетании ветровыми условиями приводит к увеличению водопотребности бетонной смеси, потере подвижности при её транспортировании и укладке, интенсивному обезвоживанию смеси с образованием усадочных трещин. В тоже время растворобетонные узлы (РБУ) расположены в основном в крупных населенных пунктах часто на значительном удалении от объекта строительства, что ставит задачу сохранения требуемой подвижности бетонной смеси в процессе её транспортирования.

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Исследования, проведенные на бетонных смесях, приготовленных на портландцементе различного минерального состава показали, что минеральный состав не оказывает существенного влияния на снижение подвижности бетонной смеси в условиях сухого жаркого климата [1, 2]. При подборе состава бетона в этих условиях одной из основных особенностей является зависимость между температурой бетонной смеси и её начальной подвижностью. Установлено, что повышение температуры свежесготовленной бетонной смеси

на 10-12<sup>0</sup>С приводит к уменьшению её начальной подвижности на 2-3см. Требуемая консистенция бетонной смеси может быть восстановлена либо за счёт введения модифицирующих добавок либо за счёт увеличения В/Ц, либо за счёт увеличения содержания цементного теста при сохранении постоянного В/Ц, обусловленного заданной прочностью бетона, т.е. при повышении расхода цемента. Увеличение дозировки цемента для сохранения достаточного количества влаги экономически не целесообразно. Поэтому целесообразнее использовать различные модификаторы бетона. Исследование свойств бетона в условиях сухого и жаркого климата достаточно хорошо представлено в трудах российских, советских и зарубежных ученых [1,2,3,4]. В настоящее время на зарубежном и Российском рынках появились современные гиперпластификаторы и замедлители схватывания, повышающие пластичность бетонной смеси и замедляющие процессы её схватывание [5].

### ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данной научной работы является снижение себестоимости бетонных работ путём обоснованного выбора рациональных способов приготовления и доставки бетонной смеси со стационарного РБУ на объект в условиях повышенных температур наружного воздуха.

Задачей данного исследования является разработка методики определения максимального расстояния доставки бетонной смеси в зависимости от вместимости автобетоносмесителя и способа подачи и укладки бетонной смеси.

### ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ С РЕЗУЛЬТАТАМИ И ИХ АНАЛИЗОМ

Основным параметром, влияющим на дальность транспортирования бетонной смеси

автобетоносмесителями является срок ее жизнеспособности, то есть время, в течение которого бетонная смесь должна быть доставлена с РБУ на объект, подана и уложена в конструкцию. Согласно исследованиям, приведенным в [6] наиболее оптимальным путем увеличения срока жизнеспособности бетонной смеси является комбинированное использование гиперпластификатора Мурапласт ФК 63.3 с замедлителем схватывания Цетрамент Ретард 390 [5]. Совместное воздействие на бетонную смесь данных химических добавок позволяет обеспечить жизнеспособность бетонной смеси до 4-х часов.

В тоже время на определение максимального расстояния транспортирования бетонной смеси значительное влияние оказывает время на подачу и укладку бетонной смеси, поскольку, чем быстрее бетонная смесь будет принята, подана и уложена в конструкцию, тем больше времени из общего цикла жизнеспособности бетонной смеси остаётся непосредственно на её доставку. Время, затрачиваемое на подачу бетонной смеси зависит от способа подачи (автобетононасос или кран-бадья) и от ёмкости автобетоносмесителя.

$$П = \frac{Нвр.(чел. - час) \cdot V_б}{a \cdot n_{зв.} \cdot n_{см.}} \cdot n_ч = \frac{(0,48 + 0,98) \cdot 2,0}{1,0 \cdot 4} \cdot 3 = 2,17 \text{ часа}$$

где:  $V_б$  – объем поворотного бункера, м<sup>3</sup>;

$a$  – единица измерения по ЕНиР;

$n_{см.}$  – количество смен в сутки;

$n_{зв.}$  – состав звена рабочих, чел.;

$n_ч$  – количество циклов работы крана, необходимых для разгрузки автобетоносмесителя.

Общее время жизнеспособности бетонной смеси составляет 4 часа. Таким образом, время на доставку бетонной смеси автобетоносмесителем составляет:

$$t = 4,0 - 2,17 = 1,83 \text{ часа}$$

При средней скорости движения автобетоносмесителя  $V = 30 \text{ км/ч}$  [11], максимальное расстояние доставки бетонной смеси составляет:

$$S = V \cdot t = 1,83 \cdot 30 = 54,9 \text{ км} \approx 55 \text{ км}$$

Время на подачу и укладку бетонной смеси из автобетоносмесителя объемом 8 м<sup>3</sup> составляет:

$$П = \frac{Нвр.(чел. - час) \cdot V_б}{a \cdot n_{зв.} \cdot n_{см.}} \cdot n_ч = \frac{(0,48 + 0,96) \cdot 2,0}{1,0 \cdot 4 \cdot 1} \cdot 4 = 2,83 \text{ часа}$$

Время на доставку бетонной смеси автобетоносмесителем составляет

$$t = 4,0 - 2,83 \approx 1,17 \text{ часа}$$

Расстояние доставки бетонной смеси:

$$S = 1,17 \cdot 30 = 35 \text{ км}$$

Расстояния доставки бетонной смеси автобетоносмесителями при подаче бетонной смеси башенным краном в поворотных бункерах объемом 2 м<sup>3</sup> приведены на рис. 1.

Для доставки бетонной смеси были рассмотрены наиболее распространенные автобетоносмесители вместимостью 6 м<sup>3</sup>, 8 м<sup>3</sup>, 10 м<sup>3</sup> [7]. В качестве средств подачи бетонной смеси были рассмотрены автобетононасос и башенный кран, подающий бетонную смесь в поворотных бункерах объемом 2 м<sup>3</sup>.

### Подача бетонной смеси башенным краном в поворотных бункерах объемом 2 м<sup>3</sup>

При подаче бетонной смеси башенным краном в поворотных бункерах использование автобетоносмесителя вместимостью 10 м<sup>3</sup> невозможно, так как согласно расчетам, приведенным в [8] время его разгрузки превышает 4 часа. Таким образом, для доставки бетонной смеси на объект в случае подачи её башенным краном допустимо использовать автобетоносмесители вместимостью 6 м<sup>3</sup> и 8 м<sup>3</sup>. Время на подачу и укладку бетонной смеси из автобетоносмесителя объемом 6 м<sup>3</sup> согласно [9, 10] составляет:

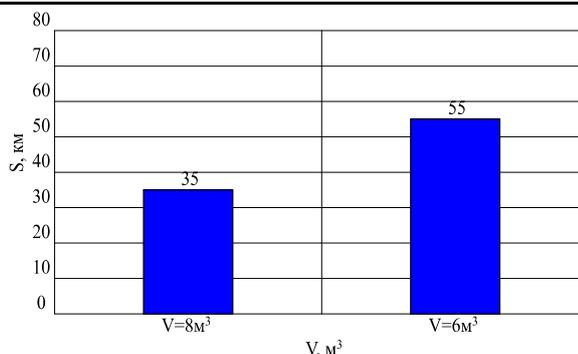


Рис. 1. Максимальное расстояние доставки бетонной смеси автобетоносмесителем и укладки при помощи крана с поворотным бункером

### Подача бетонной смеси автобетононасосом

При подаче бетонной смеси автобетононасосом для доставки бетонной смеси возможно применение автобетоносмесителей вместимостью 6м³, 8м³ и 10м³[8].

Норма времени на подачу бетонной смеси составляет [10]:

$$Нвр_{под} = 18чел. - час \text{ на } 100м^3 \text{ или } 0,18чел. - час \text{ на } 1м^3.$$

Норма времени на укладку бетонной смеси составляет [10]:

$$Нвр_{ук} = 0,98чел. - час \text{ на } 1м^3.$$

Доставка бетонной смеси автобетоносмесителем вместимостью 6м³. Время на подачу и укладку бетонной смеси составляет:

$$\Pi = \frac{Нвр_{под} \cdot V_{б.см.} + Нвр_{ук} \cdot V_{б.см.}}{a \cdot n_{см.} \cdot n_{зв.}} = \frac{0,18 \cdot 6 + 0,98 \cdot 6}{1,0 \cdot 1 \cdot 4} = 1,74часа$$

где:  $V_{б.см.}$  – вместимость автобетоносмесителя.

Время на доставку бетонной смеси автобетоносмесителем составляет:

$$t = 4,0 - 1,74 = 2,26часа$$

Расстояние доставки бетонной смеси составляет:

$$S = 2,26 \cdot 30 = 68км$$

Доставка бетонной смеси автобетоносмесителем, вместимостью 8м³. Время на подачу и укладку бетонной смеси составляет:

$$\Pi = \frac{0,18 \cdot 8 + 0,98 \cdot 8}{1,0 \cdot 1 \cdot 4} = 2,32часа$$

Время на доставку бетонной смеси автобетоносмесителем составляет:

$$t = 4,0 - 2,32 = 1,68часа$$

Расстояние доставки бетонной смеси составляет:

$$S = 1,68 \cdot 30 = 50км$$

Доставка бетонной смеси автобетоносмесителем, вместимостью 10м³. Время на подачу и укладку бетонной смеси составляет:

$$\Pi = \frac{0,18 \cdot 10 + 0,98 \cdot 10}{1,0 \cdot 1 \cdot 4} = 2,9часа$$

Время на доставку бетонной смеси автобетоносмесителем составляет:

$$t = 4,0 - 2,9 = 1,1часа$$

Расстояние доставки бетонной смеси составляет:

$$S = 1,1 \cdot 30 = 33 \text{ км}$$

Расстояние доставки бетонной смеси автобетоносмесителями при подачи бетонной смеси автобетононасосами приведены на рис 2.

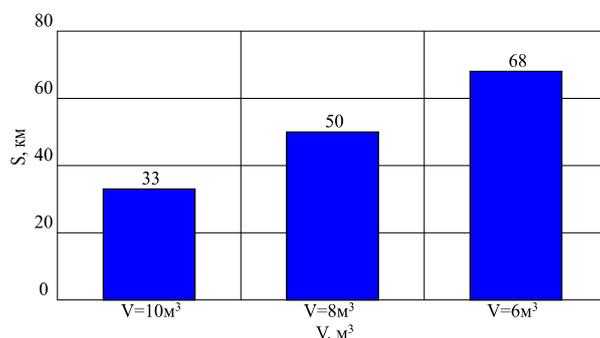


Рис. 2. Максимальное расстояние доставки бетонной смеси автобетоносмесителем и укладки при помощи автобетононасоса

## ВЫВОДЫ

1. Определена максимальная вместимость автобетоносмесителя при подаче бетонной смеси в конструкции краном в поворотных бункерах. Она составляет  $8 \text{ м}^3$ .

2. Определены расстояния транспортирования бетонной смеси со стационарного РБУ автобетоносмесителями различной вместимости при подаче бетонной смеси в конструкции краном в поворотных бункерах и автобетононасосом.

3. Определено максимальное возможное расстояние доставки бетонной смеси в условиях повышенных температур наружного воздуха. Оно составляет 68 км.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Темкин, Е.С. Технология бетона для сухого жаркого климата с использованием солнечной энергии. – М.: АСВ, 2006. – 72 с.

2. Пунагин, В.Н. Технология бетона в условиях сухого жаркого климата. – М.: ФАН УССР, 1970. – 222 с.

3. Тейлор, Х. Химия цемента. Пер. с англ. – М.: Мир, 1996. – 560 с., ил.

4. Баженов, Ю.М. Технология бетона. Учебник. – М.: АСВ, 2002. – 500 с.

5. Гиперпластификатор Muraplast FK 63: продуктовые решения компании MCBauchemie [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mc-bauchemie.ru/products/Murahlast-FK-63.607.html> (дата обращения 13.12.2016).

6. Весь Бетон 134 Выпуск. Бетонирование в летний период [Электронный ресурс]. URL: <http://subscribe.ru/archive/home.build.penobeton/201204/03195500.html>.

7. Пелых, М.В. Информация о технических характеристиках строительной техники. [Электронный ресурс]// Интернет ресурс о строительной технике. 2015. 1000 с. Режим доступа: <http://allspectech.com> (дата обращения 20.04.2016).

8. Головченко, И. В. Выбор рациональных способов приготовления, доставки и подачи бетонной смеси в условиях повышенных температур наружного воздуха // Вестник науки и образования Северо-Запада России, Т.2, №4, Калининград, 2016. С. 37-41.

9. ЕНиР. Сборник Е1. Внутростроительные транспортные работы/ Госстрой СССР. – М.: Прейскурантиздат, 1987. – 40с.

10. ЕНиР. Сборник Е4. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций. Выпуск 1. Здания и промышленные сооружения/ Госстрой СССР. – М.: Прейскурантиздат, 1987. – 65с.

11. Бетонная смесь кл. В20: производство бетонных смесей компанией ООО «Владоград-Бетон» [Электронный ресурс]. URL: <http://vladogradbeton.com> (дата обращения 20.02.2016).

## REFERENCES

1. Temkin, E. S. the Technology of concrete for dry hot climates using solar energy. – M.: ASV, 2006. – 72 p

2. Pungin, V. N. The technology of concrete in conditions of a dry hot climate. – M.: the FAN of the USSR, 1970. – 222 p.

3. Taylor, H. the Chemistry of cement. Per. from English. – M.: Mir, 1996. – 560 C., Il.

4. Bazhenov, Y. M. Technology of concrete. Tutorial. – M.: ASV, 2002. – 500 p

5. Superplasticizer Muraplast FK 63: product solutions company MCBauchemie [Electronic resource]. URL: <http://www.mc-bauchemie.ru/products/Murahlast-FK-63.607.html> (accessed 13.12.2016).

6. All Concrete 134 Edition. Concreting in summer [Electronic resource]. URL: <http://subscribe.ru/archive/home.build.penobeton/201204/03195500.html>.

7. Pelykh, M. V. Information about the technical characteristics of construction machinery. [Electronic resource]// the Internet resource for construction

equipment. 2015. 1000 S. Mode of access: <http://allspectech.com> (accessed 20.04.2016).

8. Golovchenko, I. V. Choice of rational ways of preparation, delivery, and delivery of concrete under elevated temperatures // journal of science and education of the North-West of Russia, vol. 2, No. 4, Kaliningrad, 2016. P. 37-41.

9. Enir. A Collection E1. Vnutripostrochny transport/ Gosstroy of the USSR. – M.: Pressurestat, 1987. – 40С.

10. Enir. Collection E4. Installation of precast and monolithic reinforced concrete structures. Issue 1. Building and industrial construction/ Gosstroy of the USSR. – M.: Pressurestat, 1987. – 65С.

11. Concrete class B20: production ready mix concrete company LLC "Vladograd-Beton" [Electronic resource]. URL: <http://vladogradbeton.com> (accessed 20.02.2016)

## METHOD FOR CALCULATING THE MAXIMUM DISTANCE OF TRANSPORTATION OF A CONCRETE MIX BY TRUCK MIXERS IN CONDITIONS OF HIGH AMBIENT AIR TEMPERATURES.

Golovchenko I.V.

**Summary.** The article defines the relationship between the distance of delivery of a concrete mix, the method of its supply and the capacity of a truck mixer in conditions of high ambient air temperatures. The maximum distance of delivery of a concrete mix to an object from a stationary dispensing concrete unit is determined with different ways of its supply to the structure.

**Key words:** viability of a concrete mix; methods of supplying the concrete mix; tower crane; autoconcrete pump; truck mixer; distance of delivery of concrete mixture



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Салиев Э. И. , Шептунов А.В.

ФГОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры.

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181

saliv.en@mail.ru

Первый заместитель министра жилищно-коммунального хозяйства Республики Крым

yuvk2011@gmail.com

**Аннотация:** В данной статье рассматривается внедрения геоинформационные системы в системах водоснабжения и водоотведения. Выявлена и обоснована необходимость использования программ. На основе проведенного исследования формулируются основные характеристики.

**Ключевые слова:** геоинформационная система, хозяйственно-питьевые нужды, географическая проекция, трассировка водопроводной сети, автоматизация процесса.

### ВВЕДЕНИЕ

Сбор, систематизация, обобщение и обработка данных об окружающем мире – главные задачи современной науки. Но в итоге обработки имеют значимость только в том случае, если они соответствующим образом поданы. Человек всегда пытался облегчить и улучшить свою жизнь.

Возможности хранения информации с появлением первых компьютеров многократно возросли и практически сразу же были сделаны попытки не просто сделать на компьютере карту, а связать с каждым объектом карты его описание, внесенное в базу данных. Так появились сама концепция геоинформационной системы (ГИС).

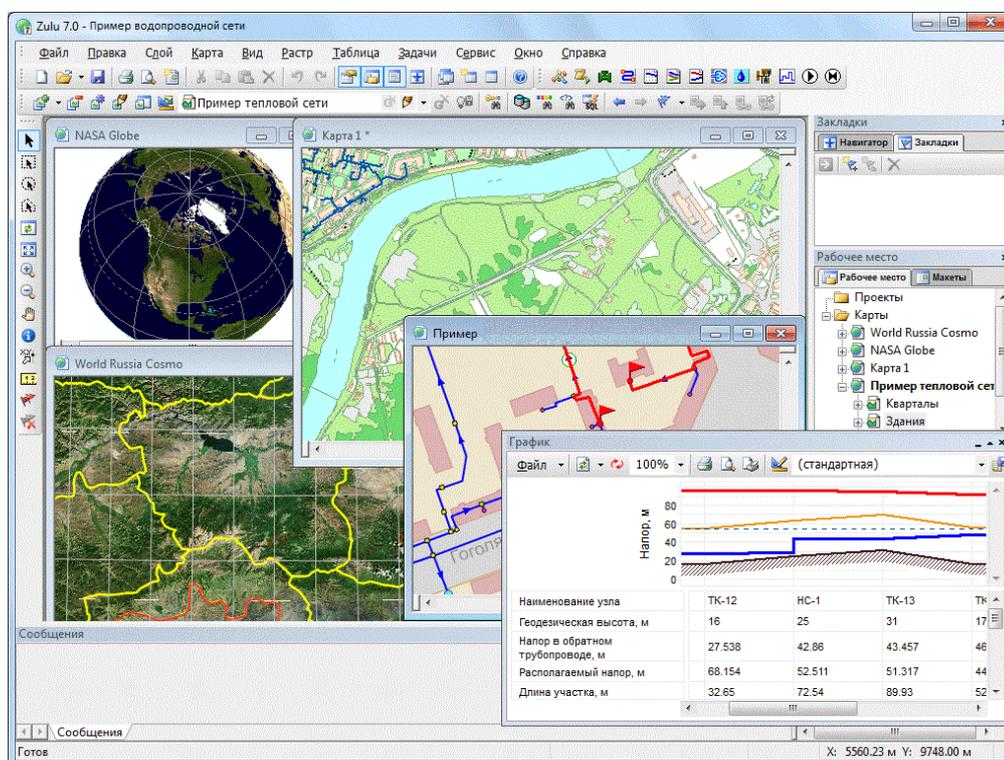


Рисунок 1- ГИС позволяют создавать как карты населенных пунктов, так и всевозможные планы, и схемы, включая модели инженерных сетей

## ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Геоинформационная система (ГИС) – программно-аппаратный комплекс, осуществляющий сбор, отображение, обработку, анализ и распространение информации о пространственно-распределенных объектах и явлениях на основе электронных карт, связанных с ними баз данных и сопутствующих материалов.

С помощью ГИС можно создавать всевозможные карты в географических проекциях или план-схемы, включая карты и схемы инженерных сетей с поддержкой их топологии, работать с большим количеством растров, проводить совместный семантический и пространственный анализ графических и табличных данных, создавать различные тематические карты, осуществлять экспорт и импорт данных

Это мощное современное средство решения разнообразных задач, в числе которых:

- Создание высококачественной картографической продукции;
- Связывание графических объектов с информацией в базах данных;
- Представление данных в виде карт, диаграмм, графиков, схем;
- Анализ пространственных данных, моделирование обстановки;

- Поддержка принятия управленческих и оперативных решений;
- Интегрирование данных из разных источников информации;
- Взаимодействие с другими информационными системами и технологиями.

Главным козырем объединения карты и базы данных является возможность получения информации по отдельному объекту "в один клик мыши", и быстро и качественно проанализировать ситуацию. Также ГИС дает возможность переходить от одного масштаба карты к другому в режиме реального времени.

Наряду с обычным для ГИС разделением объектов на контуры, ломаные, символы, программа поддерживает линейно-узловую топологию, что позволяет моделировать инженерные и другие сети.

Топологическая сетевая модель представляет собой граф сети, узлами которого являются точечные объекты (колодцы, источники, задвижки, рубильники, перекрестки, потребители и т.д.), а ребрами графа являются линейные объекты (кабели, трубопроводы, участки дорожной сети и т.д.)

Топологический редактор создает математическую модель графа сети непосредственно в процессе ввода (рисования) графической информации. Используя модель сети можно решать ряд топологических задач: поиск кратчайшего пути, анализ связности, анализ колец, анализ отключений, поиск отключающих устройств и т.д.

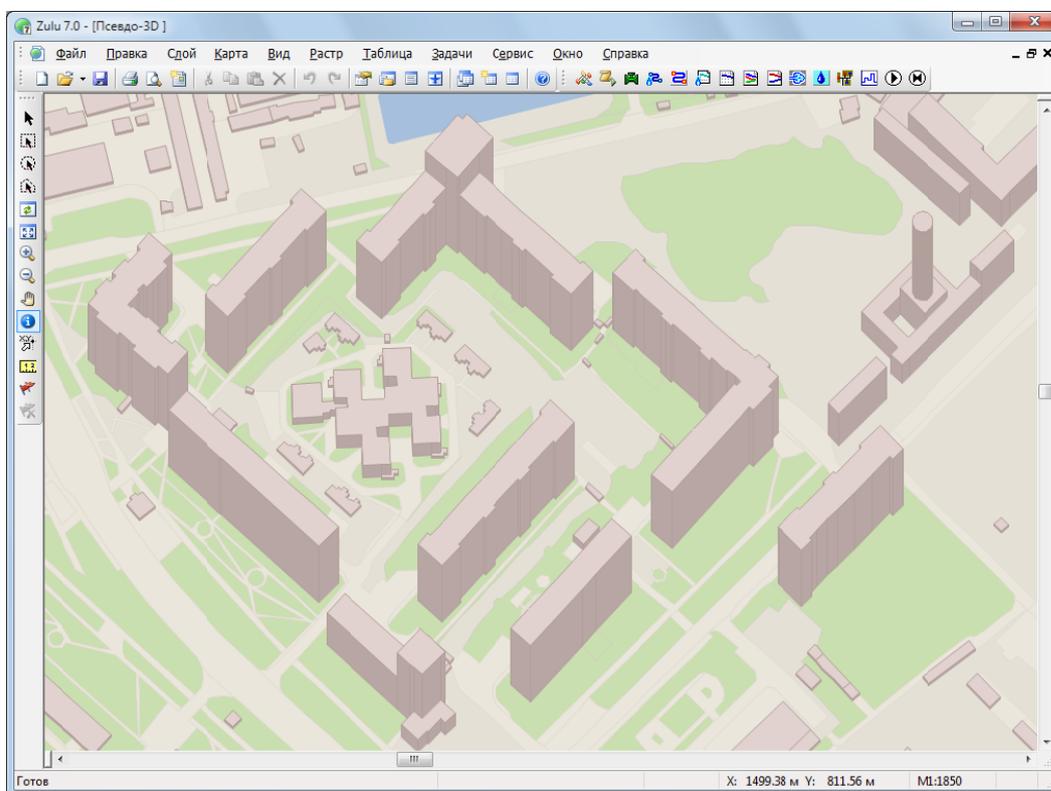


Рисунок 2 - Пример изображения района с помощью Псевдо-3D

## ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Учеными подсчитано, что 85% информации, с которой сталкивается человек в своей жизни, имеет территориальную привязку. Поэтому перечислить все области применения ГИС просто невозможно. Этим системам можно найти применение практически в любой сфере трудовой деятельности человека. ГИС эффективны во всех областях, где

осуществляется учет и управление территорией и объектами на ней. Это практически все направления деятельности органов управления и администраций: инженерные коммуникации, земельные ресурсы и объекты недвижимости, транспорт, развитие бизнеса, обеспечение правопорядка и безопасности, управление ЧС, демография, экология, здравоохранение, рекламные агентства и т. д.

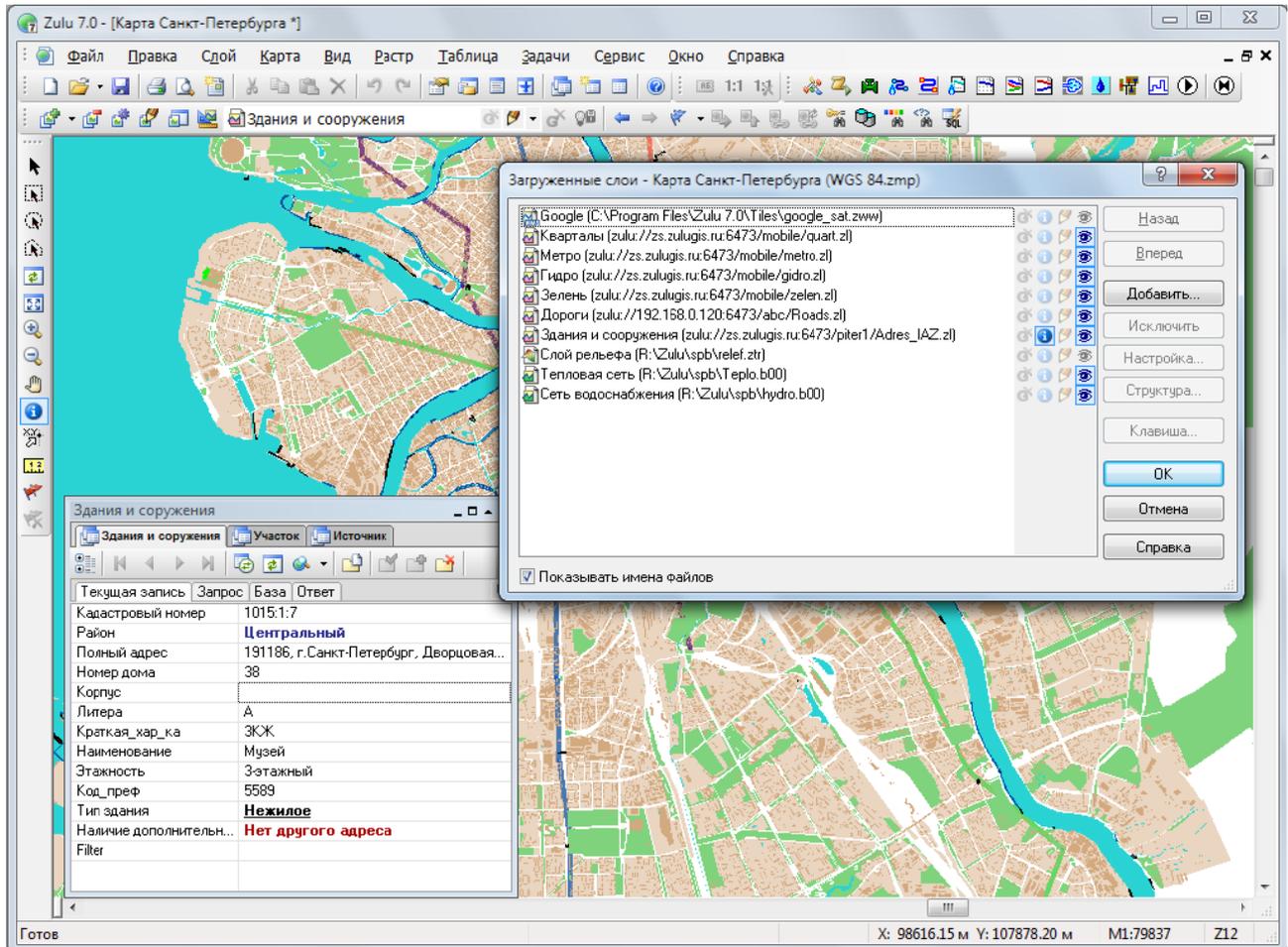


Рисунок 3- Отображение информации послойно

На сегодняшний день управление территориально распределенной системой инженерных сетей большого города нереально без представления их пространственной структуры. Технология поддержки бумажных карт и планшетов уже не отвечает требованиям оперативности обработки и обмена информацией. Геоинформационные технологии являются средством, создающим основу для автоматизированного и оперативного управления системами водоснабжения и канализации, а также

обеспечения процессов накопления, отображения, обработки, анализа и подготовки тематических карт эксплуатации сетей Система ГИС "Вода" позволила создать информационную технологию сбора и актуализации пространственных данных по структуре водопроводных сетей, сформировать основу для безбумажного документооборота и повысить оперативность диспетчерского управления. Была собрана и систематизирована информация по объектам системы водоснабжения, которая легла в основу базы данных ГИС.

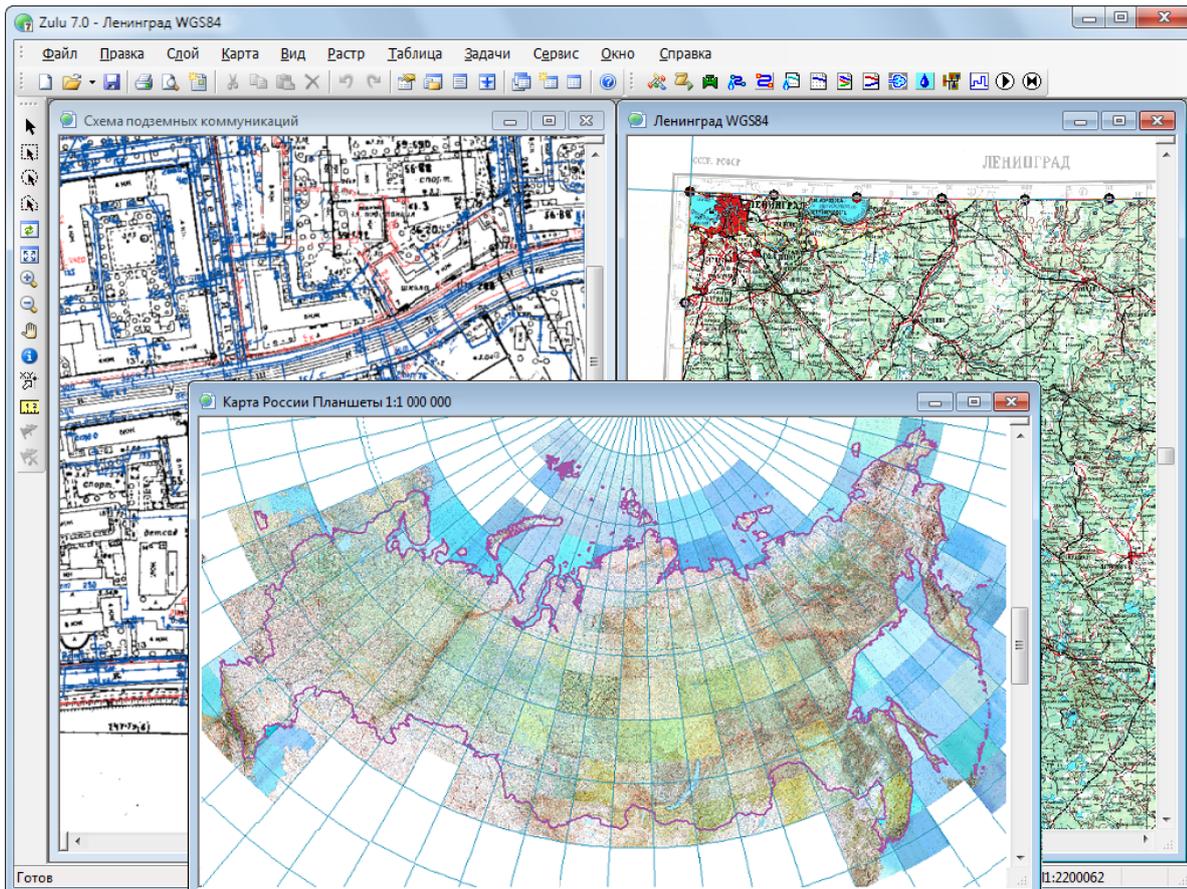


Рисунок 4- ГИС умеет «сшивать» карту из тысяч растров

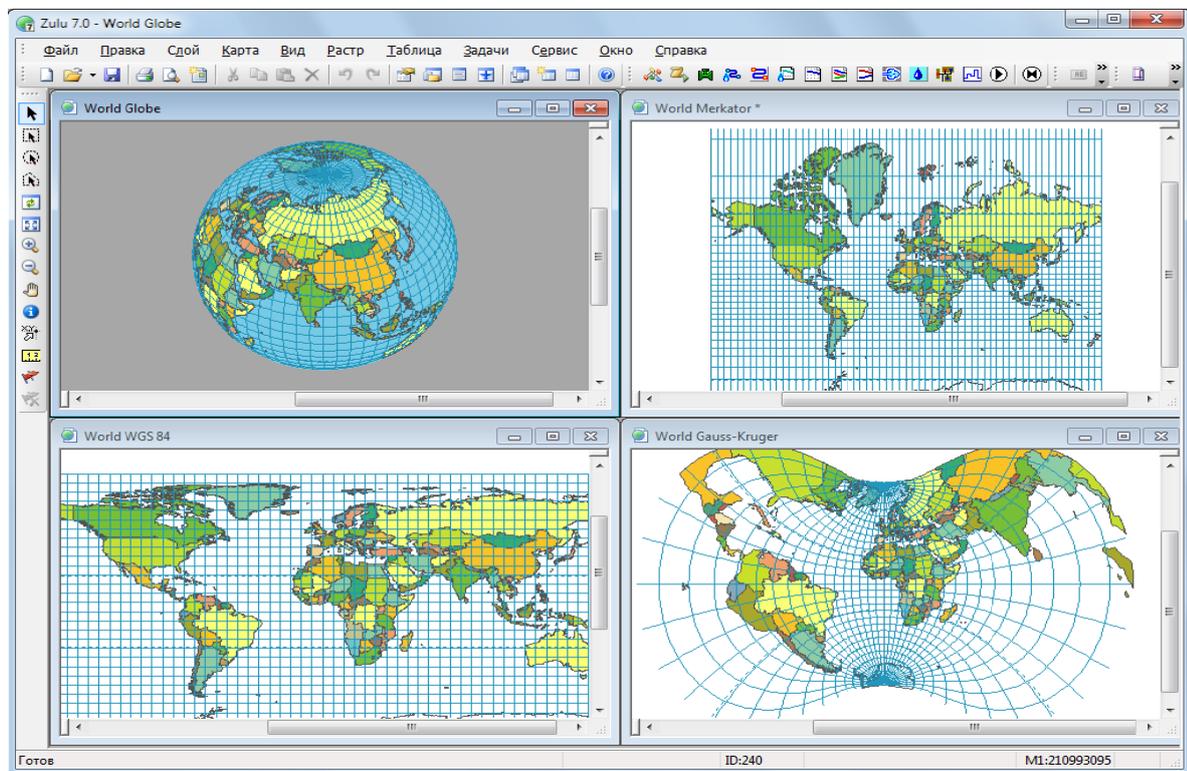


Рисунок 5- Данные можно перепроецировать из одной системы координат в другую

В России в области водоснабжения актуальна проблема технологических потерь и энергоэффективности. Предприятия, обслуживающие системы водоснабжения, ливневой и санитарной канализации, нуждаются в современных методах управления с применением информационных технологий. Использование ГИС позволит этим компаниям повысить эффективность работы, снизить операционные расходы, сократить

количество аварий. ГИС является интеграционной платформой, которая может объединить различные рабочие процессы на предприятии, и обеспечивает:

1. эксплуатацию сети с поддержкой сетевой инженерной модели;
2. управление работами;
3. работу с клиентами;
4. подготовку статистических отчетов, справок и т.д.

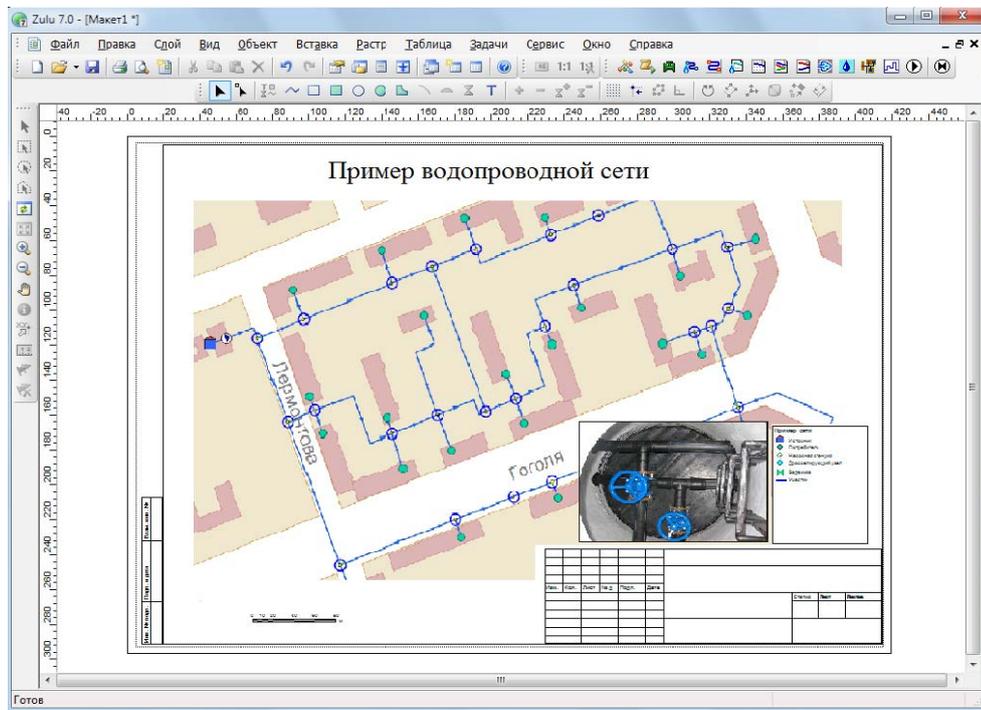
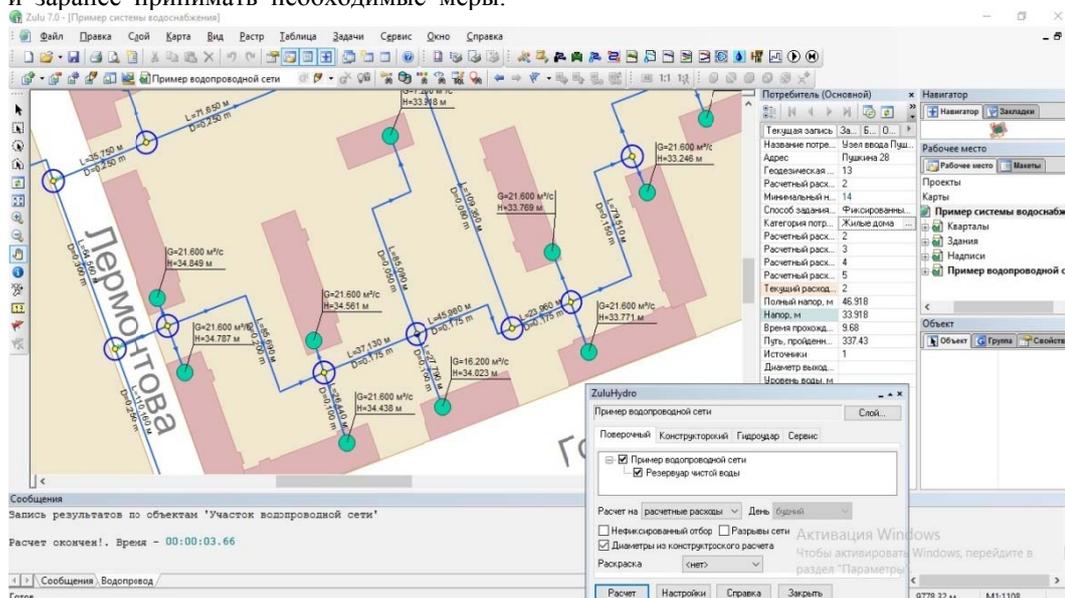


Рисунок 6 - Макет печати позволяет подготовить отчетные документы

Используя инструменты пространственного анализа и трассировки сети, предприятия могут моделировать возможные сценарии работы сетей водоснабжения и водоотведения в аварийных режимах и заранее принимать необходимые меры.

Средства визуализации дают персоналу целостный взгляд на инфраструктуру, что позволяет принимать более качественные стратегические и тактические решения.



**Рисунок 7- Моделирование водопроводной сети**

Возможность проведения инженерных расчетов является главной причиной принятия решения о внедрении геоинформационных систем, за считанные минуты рассчитать сеть, состоящую из десятков тысяч объектов, моментально произвести перерасчет при изменении состояния сети. В случае водопроводной сети речь идет о следующих типах расчетов, осуществляемых с использованием ГИС: наладочный расчет - обеспечение потребителей требуемым количеством воды; наладка водопроводной сети – дросселирование (гашение) избыточного напора у потребителя. Проведение расчета самой водопроводной сети дает возможность отказаться от дорогостоящих услуг наладочных организаций; поверочный расчет - определение фактических расходов на участках водопроводной сети и у потребителей, а также количество воды, получаемой потребителем.

При внедрении геоинформационных систем неизбежно возникает вопрос правильного пространственного описания объектов. Применительно к предприятиям сферы жилищно-коммунального хозяйства это означает:

- Требования к системе координат;
- Требования к точности. Для предприятий сферы жилищно-коммунального хозяйства нужна высокая относительная точность расположения сетей относительно базовых пространственных объектов (привязок на местности), т.к. именно по привязкам ориентируются мастер или ремонтная бригада при проведении работ;
- Требования к масштабу. Основным масштабом, используемым при работе с бумажными картами, на предприятиях сферы ЖКХ, является М 1:500. В случае электронной карты это понятие несколько видоизменяется – увеличивать изображение на экране можно без ограничений.

При необходимости в процессе работы с электронной картой всегда можно вставить планшеты либо исполнительную съемку масштаба 1:500 и уточнить расположение уже векторизованных объектов. Также можно нанести и высотные отметки, отсутствующие на планшетах М 1:2000.

**ВЫВОД**

Что может дать ГИС предприятию сферы ЖКХ?

С одной стороны, это современное, прогрессивное решение: ГИС на предприятии позволяет полностью автоматизировать или сильно упростить выполнение различных задач, возникающих в процессе работы, что приводит к сокращению как временных, так и денежных затрат. При полномочном внедрении ГИС речь идет уже не о повышении деятельности того или иного отдела, но о росте эффективности функционирования предприятия в целом.

С другой стороны – мало принять решение о внедрении ГИС. Необходимо с самого начала понять, что именно мы хотим получить от внедрения системы, и построить процесс внедрения так, чтобы

при эксплуатации максимально использовать возможности, ею предоставляемые.

Сразу следует отметить, что использование всех возможностей ГИС осуществимо только при внедрении сетевой версии, что обеспечивает одновременную работу нескольких пользователей с одной и той же базой данных.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: Изд. 2-е, перераб. и доп. Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2003. – 288 с.

2. Зонное водоснабжение: [Электронный ресурс] URL: <http://gardenweb.ru/zonnoe-vodosnabzhenie> (дата обращения: 05.04.2016).

3. СанПиН 2.1.4.1110–02. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения [утверждены и введены в действие Постановлением Госсанэпиднадзора России № 11 от 14 марта 2002]. – М., 2002. – 16 с.

4. Об утверждении методики определения неучтенных расходов и потерь воды в системах коммунального водоснабжения [Текст]: Приказ Министерства промышленности и энергетики Российской Федерации от 20 декабря 2004г. N172

5. СНиП 3.05.04–85\*. Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации [утверждены постановлением Госстроя от 25.05.1990 № 51]. – М.: Стройиздат, 1990. – 60 с.

6. Салиев Э.И. Энергосбережение в жилищно-коммунальном хозяйстве Автономной Республики Крым // Промышленная теплотехника. – 2007, № 6. – С. 58-60.

7. Салиев Э.И. Энергосбережение – ключевое звено реформы жилищно-коммунального хозяйства // Энергосбережение. – 2008, № 2. – С. 23-25.

8. Салиев Э.И. Эколого-экономические проблемы внедрения энергосберегающих технологий в АР Крым. //Житлово-Комунальне Господарство України. -2009, №8(21). – С. -23-25.

9. Салиев Э.И. Актуальные проблемы экономической стабильности предприятий водоснабжения и водоотведения Автономной Республики Крым. // Международный конгресс «ЕТЕВК – 2009»: сб. докл. – 2009. – С.301-308.

10. Э.И. Салиев «Диагностика при оптимизации систем подачи и распределения воды» Вестник Домбас. нац. акад. строт. и архитектуры «Инженерные системы и техногенная безопасность».- Макеевка: Изд-во ДонНАСА, 2012 (стр.76-79);

11. Салиев Э. И. «Параметры надежности системы водоснабжения и канализации, ремонтпригодность как главное свойство надежности» - «Науковий вісник будівництва» ВАК № 70, стр. 285-297 – Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, г. Харьков;

12. Салиев Э.И. «Эксплуатация водопроводных сетей и применение новых методов и технологий при определении качества и надежности систем водоснабжения и водоотведения». «Научный вiсник будiвництва» (ВАК) – Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, г. Харьков (сборник № 73, стр. 650-658);

13. СанПиН 2.1.4.1110–02. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения [утверждены и введены в действие Постановлением Госсанэпиднадзора России № 11 от 14 марта 2002]. – М., 2002. – 16 с.

14. Зачем и для чего нужны геоинформационные системы: [Электронный ресурс] URL: <http://orientir-is.ru/index.php/cartography/4-gis/4-gis1> (дата обращения: 09.02.2016).

15. Иванцов А.В., Овсянникова Е.Н. ГИС-технологии в управлении системами водоснабжения и водоотведения г. Уфа [Электронный ресурс] // МУП "Уфаводоканал". URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Алушта> (дата обращения: 09.02.2016).

16. Моделирование водопроводной сети: [Электронный ресурс] // Политерм ООО. 1999-2016 URL: [https://www.politerm.com/zuluhydro/help/layer\\_about.htm](https://www.politerm.com/zuluhydro/help/layer_about.htm) (дата обращения: 18.03.2016).

17. МДК 3-02.2001. Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 138 с.

18. Дарда Е.С., Моисейкина Л.Г. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ МОНИТОРИНГА РЕЗУЛЬТАТОВ РЕФОРМИРОВАНИЯ ОДНОГО ИЗ СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3

19. Куракина Н.И., Емельянова В.Н., Коробейников С.А., Никанорова Е.С., Оценка качества и пространственное моделирование загрязнения водных объектов на ГИС основе // журнал ArcReview.-2006.-№1(36).

20. Алексеев В.В., Куракина Н.И., Орлова Н.В., Геоинформационная система мониторинга водных объектов и нормирования экологической нагрузки // журнал ArcReview.-2006.-№1(36).

## REFERENCES

1. Zhurba M. G., Sokolov L. I., Govorova Zh. M. Water. Designing systems and structures: Ed. 2nd, revised. and add. textbook. – Moscow: ASV Publishing house, 2003. – 288 p.

2. Conditioning water: [Electronic resource] URL: <http://gardenweb.ru/zonnoe-vodosnabzhenie> (reference date: 05.04.2016).

3. SanPiN 2.1.4.1110–02. Zones of sanitary protection of water sources and water supply systems of household-drinking purposes [approved and put into force by the Decision of Gossanepidnadzor of Russia No. 11 of March 14, 2002]. – М., 2002. 16 p.

4. On approval of the methodology for determining unaccounted-for costs and water losses in the municipal water supply [Text]: the order of the Ministry of industry and energy of the Russian Federation of 20 December 2004. N172

5. SNiP 3.05.04–85\*. External networks and constructions of water supply and sanitation [approved by the resolution of Gosstroy dated 25.05.1990 No. 51]. – М.: Stroyizdat, 1990. – 60 p.

6. Saliev E. I. energy Saving in housing and communal services of Autonomous Republic of Crimea // Industrial heat engineering. – 2007, № 6. - P. 58-60.

7. Saliev E. I. energy Saving is the key point of the reform of housing and communal services]. – 2008, № 2.- S. 23-25.

8. Saliev E. I. Ecological and economic problems of introduction of energy saving technologies in the Crimea. //Residential And Komunalne Economy Of Ukraine. -2009, №8(21). – S.-23-25.

9. Saliev E. I. Actual problems of economic stability of enterprises of water supply and sanitation of the Autonomous Republic of Crimea. // International Congress "ETEVC – 2009". – 2009. – P. 301-308.

10. Saliev E. I. "Diagnosis by optimizing the systems of supply and distribution of water" journal of Dombås. NAT. Acad. Strat. and architecture "Engineering systems and technogenic safety." - Makiivka: Publishing house of the Donnas, 2012 (pp. 76-79);

11. Saliev E. I. "the reliability of the water supply system and Sewerage, maintainability as the main feature of reliability" -" [budownictwa" VAK No. 70, pp. 285-297 – Kharkiv national University of construction and architecture , Kharkov ;

12. Saliev E. I. "Operation of water supply networks and the use of new methods and technologies in determining the quality and reliability of water supply and sanitation". "[ ] Budownictwa" (НАС) – Kharkiv national University of construction and architecture, Kharkov (collection No. 73, pp. 650-658);

13. SanPiN 2.1.4.1110–02. Zones of sanitary protection of water sources and water supply systems of household-drinking purposes [approved and put into force by the Decision of Gossanepidnadzor of Russia No. 11 of March 14, 2002]. – М., 2002. 16 p.

14. Why and for what geographic information systems: [Electronic resource] URL: <http://orientir-is.ru/index.php/cartography/4-gis/4-gis1> (reference date: 09.02.2016).

15. Ivantsov, A. V., Ovsyannikova E. N. GIS technology in the management systems of water supply and sanitation Ufa [Electronic resource] // МУП "Уфаводоканал". URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Алушта> (reference date: 09.02.2016).

16. Modeling of water supply network: [E - resource] // POLITERM, ООО. 1999-2016 URL: [https://www.politerm.com/zuluhydro/help/layer\\_about.htm](https://www.politerm.com/zuluhydro/help/layer_about.htm) (reference date: 18.03.2016).

17. MDK 3-02.2001. Rules of technical operation of systems and constructions of municipal water supply and sanitation. – М.: ИПК Publishing house of standards, 2001. – 138 С.

18. Darda E. S., Moiseikina L. G. peculiarities of FORMATION of INFORMATION BASE of the MONITORING RESULTS of the REFORM ONE of the SECTORS of the ECONOMY // Modern problems of science and education. – 2014. – No. 3

19. Kurakin N. And. Emelyanova V. N., Korobeynikov S. A., Nikanorova, E. S., quality

Assessment and spatial modeling of water pollution on GIS-based journal].-2006.-№1(36).

20. Alekseev V. V., Kurakin N. And. Orlova N. In. Geoinformation system of water objects monitoring and regulation of environmental stress // magazine].-2006.-№1(36).

## USE OF GEOINFORMATION SYSTEMS IN TOWN-PLANNING DESIGN AND USE OF ENGINEERING COMMUNICATIONS

Saliev E.I., Sheptunov A.V.

**Summary.** In this article, the introduction of geoinformation systems in water supply and sanitation systems is considered. The necessity of using programs was revealed and justified. Based on the study, the main characteristics are formulated.

**Key words:** geoinformation system, household and drinking needs, geographical projection, water network trace, process automation

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УМЕНЬШЕНИЮ ТЕПЛОПОТЕРЬ ГЛАВНОГО КОРПУСА МАЙКОПСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Борсук О.Ю.<sup>1</sup>, Меретуков З.А.<sup>2</sup>

Майкопский государственный технологический университет,

E-mail: borsuk.oxana@yandex.ru<sup>1</sup>, E-mail: zaur-meretukov@yandex.ru<sup>2</sup>

**Аннотация.** В статье предложены способы снижения теплопотерь главного корпуса университета. Обследование проводилось с помощью прибора инфракрасного пирометра термометра GM-1150. Предложения позволят повысить энергоэффективность здания и снизить теплопотери.

**Ключевые слова:** жилые здания, теплопотери, ресурсосбережение, теплотехнические параметры, конструкции здания

### ВВЕДЕНИЕ

Федеральный закон РФ №261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» не допускает ввод в эксплуатацию зданий, построенных, реконструированных, прошедших капитальный ремонт и не соответствующих требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов.

Требования энергетической эффективности зданий, строений, сооружений подлежат пересмотру не реже чем один раз в пять лет в целях повышения энергетической эффективности зданий, строений, сооружений.[1,2]

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

В процессе эксплуатации дома орган исполнительной власти, уполномоченный на осуществление государственного контроля за соблюдением правил содержания дома, определяет класс энергетической эффективности многоквартирного дома исходя из текущих значений показателей, используемых для установления соответствия многоквартирного дома требованиям энергетической эффективности. Копия акта проверки соответствия многоквартирного дома требованиям энергетической эффективности с указанием класса энергетической эффективности многоквартирного дома на момент составления этого акта должна быть направлена в орган местного самоуправления. [9,11]

Класс энергетической эффективности жилого или общественного здания определяется по результатам расчетов теплотехнических и энергетических показателей при заполнении энергетического паспорта (СНиП 23-02-2003 приложение Г). Фактические значения сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций здания определяются по результатам тепловизионного обследования и контактных измерений температур и тепловых потоков через эти ограждения по ГОСТ 26629 и ГОСТ 26254. [11,12]

Энергетические паспорта на здания, строения, сооружения, вводимые в эксплуатацию после осуществления строительства, реконструкции, капитального ремонта, могут составляться на основании проектной документации. На эксплуатируемые многоквартирные дома энергетический паспорт составляется по результатам энергетического обследования. [10,12]

Энергетическое обследование проводится в добровольном порядке, за исключением случаев, если в соответствии с ФЗ №261 оно должно быть проведено в обязательном порядке.

Уполномоченным федеральным органом исполнительной власти устанавливаются требования к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования, а также к энергетическому паспорту, составленному на основании проектной документации, в том числе требования к его форме и содержанию.

Указанные требования могут различаться в зависимости от типов организаций, объектов (зданий, строений, сооружений производственного или непромышленного назначения, энергетического оборудования, технологических процессов и иных критериев).[4]

Энергетический паспорт в составе раздела проекта «Энергоэффективность» или составленный по результатам энергетического обследования должен содержать (СНиП 23-02-2003 п.12.5, ФЗ №261 ст.15. п.7):

- общую информацию о проекте;
- расчетные условия;
- сведения о функциональном назначении и типе здания;
- объемно-планировочные и компоновочные показатели здания;
- расчетные энергетические показатели здания, в том числе: показатели энергоэффективности, теплотехнические показатели;
- сведения о сопоставлении с нормируемыми показателями;
- сведения об оснащенности приборами учета используемых энергетических ресурсов;
- сведения об объеме используемых энергетических ресурсов и о его изменении;

- рекомендации по повышению энергетической эффективности здания, о потенциале энергосбережения, в том числе об оценке возможной экономии энергетических ресурсов в натуральном выражении;

- результаты измерения энергоэффективности и уровня тепловой защиты здания после годичного периода его эксплуатации или по результатам пересмотра энергоэффективности не реже чем 1 раз в пять лет в целях повышения энергетической эффективности зданий, строений, сооружений;

- класс энергетической эффективности здания.

- сведения о перечне типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

- Деятельность по проведению энергетического обследования вправе осуществлять только лица, являющиеся членами саморегулируемых организаций в области энергетического обследования. (ФЗ №261 ст.15. п.4).

Средняя температура аудиторий левого крыла первого корпуса Майкопского государственного технологического университета четвертого этажа в холодное время достигает  $13^{\circ}$ , при норме  $18^{\circ}$ . Неоднократны жалобы преподавательского состава и студентов на некомфортные температурные условия при проведении занятий в аудиториях 401-407, поэтому необходимо определить причины потерь тепла зданием и разработать рекомендации для их устранения. Натурные измерения проводились с 15 января, погодные условия - без осадков. Для измерений использован инфракрасный термометр (рисунок 1), имеющий сертификат России, достаточное быстродействие и высокую точность ( $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ), предназначенный для бесконтактного определения температуры на поверхностях при погрешности показания на дисплее ( $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ).

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Измерения проводились в четырех точках на поверхности наружных стен площадью и четырех точках внутренних оконных проемов. Определялась: 1) разница температур между внутренними и наружными проемами 2) максимальные и минимальные

температуры 3) разница температур между наружными и внутренними стенами 4) средняя температура батарей в помещении.

#### Результаты приборного обследования.

В 2016 учебном году нами было проведено исследование теплотехнических параметров стен здания первого корпуса университета (далее МГТУ). Задача состояла в определении теплопотерь наружных стен первого корпуса и разработке рекомендаций по их уменьшению.[3,5]

**Цель работы:** определить места потерь тепла в конструктивных элементах здания и разработать рекомендации для предотвращения их потерь.

**Объект исследования** - первый корпус Майкопского государственного университета 4 этаж (левое крыло).

**Предмет исследования** – теплотехнические характеристики здания.

Для достижения поставленной цели нами решались следующие **задачи:** произвести разбивку конструктивного элемента ограждающей конструкции для выбора точек замера, произвести замеры прибором инфракрасный термометр GM- 1150, проанализировать полученные данные и разработать рекомендации по устранению теплопотерь здания.

Натурные измерения проводились 15 января 2016 г, погодные условия - без осадков, температура воздуха  $0^{\circ}$ .

Для измерений использован инфракрасный термометр GM- 1150, имеющий сертификат России, достаточное быстродействие и высокую точность ( $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ), предназначенный для бесконтактного определения температуры на поверхностях при погрешности показания на дисплее ( $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ). Измерения проводились в четырех точках оконных проемов на поверхности наружных стен площадью и четырех точках внутренних проемов окон, наружные и внутренние стены между ними, а также температура батарей. Определялась разница температур и максимальные и минимальные температуры.

Коэффициент излучения определяется отношением энергии, излучаемой объектом при заданной температуре к энергии, испускаемой абсолютным излучателем при той же температуре. Коэффициенты излучения был задан 0.7.

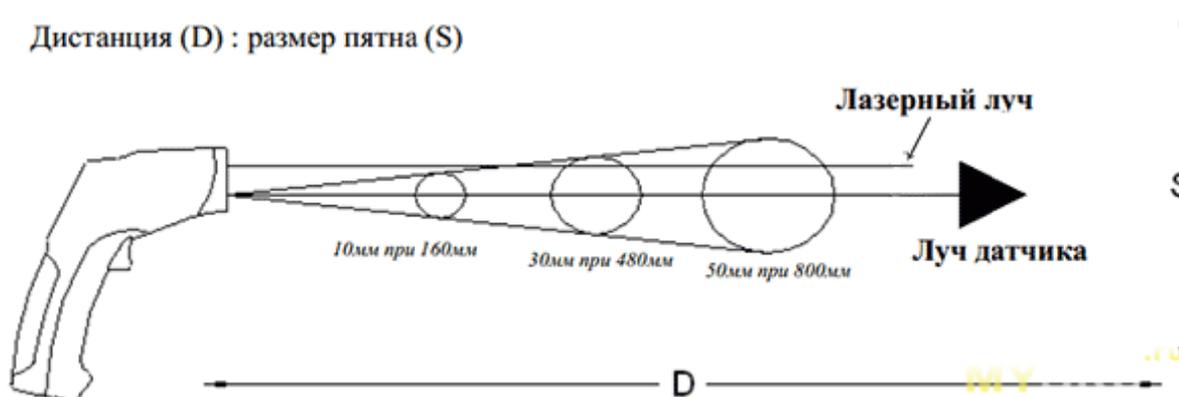


Рис. 1-Принцип работы термометра

Были выбраны точки замера в ограждающей наружной конструкции стены левого крыла четвертого этажа главного корпуса МГТУ. Замеры производились

1) по четырем углам наружной и внутренней стороны окон рис. 2,4),

2) наружные и внутренние стены между окнами (рис 2,4)

3) температура батарей средняя и на входе и выходе из батареи.

4) результаты записывались в таблицу (таблицу 1, рис. 2)



Рис. 2- Запись полученных данных



Рис. 3-Замеры внутренних стен



Рис. 4- Замеры снаружи

Измерения проводились в четырех точках оконных проемов на поверхности наружных стен площадью и четырех точках внутренних проемов окон, наружные и внутренние стены между ними, а также температура батарей. определялась разница температур и максимальные и минимальные температуры. [6,7]

Коэффициент излучения определяется отношением энергии, излучаемой объектом при заданной температуре к энергии, испускаемой абсолютным излучателем при той же температуре. Коэффициенты излучения был задан 0.7.[8]

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Таблица 1.  
Максимальные потери тепла в наружных стенах здания, окон и батарей

Кабинет	Окна	Стены	Батарея средняя температура
401	7,1(влу)	5,7	31,2
402	4,5(впу)	3,9	30,0
403	4,5(впу)	3,9	34,5
404	7,3(лву)	6,5	36,2
405	2,7(впу)	3,9	36,1
406	8,4(лву)	9,6	35,6
407	5,3(впу)	4,4	32,2

Примечание : впу–верхний правый угол, лпу –левый правый угол.

## ВЫВОДЫ

Полученные результаты позволили сделать следующие **выводы**, что:

- основные потери тепла происходят через крышу здания из-за недостаточного утепления чердачного помещения,
- рециркуляция инженерной системы отопления недостаточная, из-за завоздушивания системы.

## РЕКОМЕНДАЦИИ.

1. Тепло уходит через крышу здания, самые большие потери тепла в 406 кабинете, наименьшие в 405 кабинете. Необходимо утеплить крышу.
2. Рециркуляция в батареях недостаточна. Необходимо своевременно устранять завоздушивание батарей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилова О.Л. Практическое пособие по выбору и разработке энергосберегающих проектов. / Данилова О.Л., Костюченко П.А. - М.: Технопромстрой, 2006. – 668с.
2. Приказ министерства экономики Российской Федерации №591 от 24.10.2011г. «Порядок определения объемов снижения потребляемых государственным (муниципальным) учреждением ресурсов в сопоставимых условиях». – 8с.
3. Методическое пособие по заполнению форм энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования. – М.: Департамент энергоэффективности и модернизации ТЭК Минэнерго России, 2012. – 49с.
4. Федеральный закон от 23.11.2009г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»
5. Ройтман В.М.. Инженерные решения огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий.- Москва: Ассоциация «Пожарная безопасность и наука», 2001г- 382с.
6. Порецкий В.В. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха./ Порецкий В.В., Березович И.С., Стомахина Г.И. -М.: Пантори, 2003. - 275с.
7. Зарубина Л.П. Гидроизоляция конструкций, зданий и сооружений. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011. - 272 с.
8. Бадьин Г.М. Современные технологии строительства и реконструкции зданий/ Бадьин Г.М., Сычев С.А. - СПб.: БХВ-Петербург, 2013. - 288 с.

9. Матросов Ю.А. Энергосбережение в зданиях. Проблема и пути ее решения. - М, НИИСФ, 2008, - 496 с.

10. Топчий Д.В. Реконструкция и перепрофилирование производственных зданий. -М.: АСВ, 2008, - 144с.

11. Ануфриев Д.П. Новые конструкции и технологии при реконструкции и строительстве зданий и сооружений. - М.: АСВ, 2013, - 399с.

12. Кокорин О.Я. Энергосбережение в системах отопления, вентиляции, кондиционирования. - М.: АСВ, 2013, - 260с.

## REFERENCES

1. Danilova O. L. Practical guide to the choice and development of energy saving projects. / Danilova O. L., Kostyuchenko, P. A. M.: Tekhnopromstroy, 2006. – 668p.
2. Order of the Ministry of economy of the Russian Federation No. 591 dated 24.10.2011 "the Order of definition of volumes of decrease in consumption of the state (municipal) institution resources in comparable conditions". – 8p.
3. Guidance on completing the forms and energy passports, compiled on the results of mandatory energy audit. – М.: Department of energy efficiency and modernization of FEC the Ministry of energy of Russia, 2012. – 49p.
4. Federal law of 23.11.2009 № 261 - "On energy saving and on increasing energy efficiency and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation".
5. Roitman V. M. Engineering solutions fire resistance design and renovated buildings.- Moscow: Association "Fire safety and science", 2001 – 382p.
6. Poretskiy V. V. Heating, ventilation, and air conditioning./ Poretskiy V.V., Berzovich S.I., Stomakhina G.I.-M: Pantari, 2003, - 275p.
7. Zarubina A. P. Waterproofing of constructions, buildings and structures. - SPb.: BHV-Petersburg, 2011. – 272p.
8. Badin G. M. Modern technologies of construction and reconstruction of buildings./ Badin G. M., Sychev S. A. - SPb.: BHV-Petersburg, 2013. - 288 p.
9. Matrosov Y.A. Energy savings in buildings. The problem and its solutions. -M, NIISF, 2008, -496 p.
10. Topchiy D. V. Reconstruction and conversion of industrial buildings. -M.: ASV, 2008, - 144p.
11. Anufriev D. P. New constructions and technologies in the reconstruction and construction of buildings and structures. -M.: ASV, 2013, - 399p.
12. Kokorin O. Y. Energy savings in heating, ventilation, air conditioning. -M.: ASV, 2013, - 260p.

## PROPOSALS TO REDUCE THERMAL LOSSES OF THE MAIN HULL OF MAIKOP STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

Borsuk O.Y., Meretukov Z.A.

**Summary.** The paper suggests ways to reduce heat loss of the main building of MSTU. Inspection was carried out using the device of the infrared pyrometer thermometer GM-1150. The proposals will enhance the building's energy efficiency and reduce heat loss.

**Key words:** residential buildings, heat losses, resource-saving, heat-technical parameters, construction of the building.

## РАЦИОНАЛЬНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ С КОНФУЗОРНЫМИ КОЛЁСАМИ

Боровский Б.И.

ФГОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры.

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181

E-mail: tim4enko.zin@yandex .ru

**Аннотация.** При предварительном выборе насосов с рабочими конфузторными колёсами необходима информация о таких параметрах насосов, как напор и КПД в сравнении с насосами с диффузорными колёсами. В статье получена такая информация, при этом за основу принят важнейшим для диффузорного насоса расходный параметр, который определяет теоретический напор насоса. Используются соотношения для расчёта параметров насосов с конфузторными колёсами. Полученные результаты аппроксимированы простыми зависимостями при высоких значениях индексов корреляции.

**Ключевые слова:** центробежный насос, конфузторные и диффузорные колёса, расходный параметр насоса, теоретический напор, действительный напор, гидравлический, объёмный, дисковый и полный КПД.

## ВВЕДЕНИЕ

Насосы входят в различные технические системы, в том числе, в системы жизнеобеспечения зданий и сооружений. Они определяют их надёжность, ресурс, технико-экономические характеристики и энергоэффективность. Поэтому создание энергоэффективных насосов с высокими эксплуатационными и рабочими характеристиками является актуальной проблемой. При проектировании центробежных насосов с конфузторностью необходимо определение таких параметров, как напор и КПД в сравнении с насосами с диффузорными колёсами. Эта информация необходима для предварительного выбора типа насоса. Рациональная область использования конфузторных насосов определяется преимуществами по напору и КПД по сравнению с диффузорными насосами.

## .АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ

Рассмотрим особенности конфузторных колёсах. В работе [1] теоретически решена задача обтекания решётки профилей центробежного колеса. Показано, что характер течения существенно различается в зависимости от конфузторности межлопастного канала колеса, определяемой отношением площадей колеса на входе и выходе:

$$F_1/F_2 = D_1 b_1 \sin \beta_{1л} / D_2 b_2 \sin \beta_{2л}, \quad (1)$$

где цифрами 1 и 2 обозначены параметры колеса на входе и выходе.

Для диффузорных колёс  $F_1/F_2 \leq 1$ , для конфузторных колёсах  $F_1/F_2 > 1$ .

В случае диффузорного колеса коэффициент влияния конечного числа лопастей  $K_Z$  всегда меньше единицы ( $0 \leq K_Z < 1$ ),  $\bar{H}_T < \bar{H}_{T\infty}$  (теоретический

напор колеса всегда меньше теоретического напора при бесконечном числе лопастей), а угол отставания потока на выходе колеса от направления лопастей  $\delta = \beta_{2л} - \beta_2$  является положительным,  $\delta > 0$ . При конфузторных колёсах  $F_1/F_2 > 1$  угол отставания потока оказывается отрицательным,  $\delta < 0$ , и поэтому угол потока на выходе больше угла лопасти,  $\beta_2 > \beta_{2л}$ . В связи с этим возможны значения  $K_Z > 1$ ,  $K_Z < 0$  и  $\bar{H}_T > \bar{H}_{T\infty}$ . В частности, возможно  $\bar{H}_T > 0$  при  $\bar{H}_{T\infty} < 0$ .

Изложенное показывает, что в конфузторном колесе характер течения обеспечивает повышение напора без увеличения наружного диаметра и частоты вращения колеса. Конфузторность течения определяется отношением скоростей потока на выходе и входе в колесо

$$w_2/w_1 = \bar{D}_1 b_1/b_2 \sin(\beta_{1л} - \tau) / \sin \beta_2. \quad (2)$$

где  $\bar{D}_1 = D_1/D_2$ ;  $\tau$  – угол атаки.

Угол потока на выходе колеса находится из соотношения:

$$\operatorname{ctg} \beta_2 = (1 - \bar{H}_T) / \bar{C}_{2m},$$

где  $\bar{H}_T = H_T/u_2^2$ ;  $\bar{C}_{2m} = c_{2m}/u_2$ .

Течение в конфузторном центробежном колесе экспериментально подтверждено при испытаниях конфузторного колеса ( $F_1/F_2 = 2,2$ ;  $\beta_{2л} = 10^\circ$ ) [2]. Колесо работало в свободном пространстве без спирального сборника, углы потока на выходе колеса непосредственно измерялись. В работах [3] и [4] испытания центробежных насосов со спиральными отводами показали энергетическую эффективность использования конфузторных колёс с большой степенью конфузторности. Исследования [5], проведенные на насосе с диффузорным и конфузторным колёсами показали, что насосу с

конфузорным колесом соответствуют меньшие пульсации и вибрации. В работе [6] получены соотношения для оптимизации конфузорных колёсах с учётом скорректированных по экспериментальным данным расчётных соотношений [7]. Работа [8] содержит модель расчёта экономичности центробежных насосов с конфузорными колёсами на расчётном режиме, а в работе [9] показано, что на повышенных режимах выигрыш в экономичности значительный, достигающий 19%. В работе [10] для насосов с диффузорными колёсами приводятся важные относительные геометрические параметры, которые использованы в статье.

### ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью статьи является разработка модели связи напора и кпд центробежных насосов с конфузорными и диффузорными колёсами. Задача состоит в получении соответствующих обобщенных зависимостей с высокими индексами корреляции.

Методом исследований является анализ литературных данных с последующим математическим способом разработки модели связи напора и кпд центробежных насосов с конфузорными и диффузорными колёсами.

### ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Как уже отмечалось, основой для построения указанной модели является расходный параметр насоса с диффузорным колесом. Задача состоит в поиске обобщённой зависимости для этого параметра.

#### Обобщённая зависимость для расходного параметра насоса с диффузорным колесом

Расходный параметр насоса  $q = C_{2m} C_{tg} \beta_{2l}$  определяет коэффициент теоретического напора колеса насоса  $\bar{H}_T = K_Z (1 - q)$ .

Используем исходную связь

$$\bar{H} = \bar{H}_T \eta_r,$$

где  $\bar{H} = 4 H / \omega^2 D_2^2$ ;  $H$  – Дж / кг.

Откуда

$$K_Z \eta_r (1 - q) = 4 H / \omega^2 D_2^2. \quad (3)$$

Выразим  $D_2$  через отношение  $D_1/D_2$ . На основании анализа таблицы «Разновидности рабочих колёс лопастных насосов» [10] для средних значений  $n_s$  получены данные, приведенные ниже.

Таблица 1.  
Данные по отношению  $D_1/D_2$

$n_s$	70	190	375
$D_1/D_2$	0.38	0.52	0.75

Эти данные обобщаются с индексом корреляции 0,95 следующим выражением:

$$D_1/D_2 = 0,33 + 1,1 \cdot 10^{-5} n_s^{1,8}.$$

Получим

$$D_2 = D_1 / (0,33 + 1,1 \cdot 10^{-5} n_s^{1,8}). \quad (4)$$

Выразим диаметр  $D_1$  через коэффициент диаметра входа в колесо

$$K_0 = 2,13 D_0 / (Q/\omega)^{1/3}.$$

Тогда

$$D_0 = 0,47 K_0 (Q/\omega)^{1/3}.$$

Для центробежных насосов можно принять  $D_1 = 0,85 D_0$ . С учётом этого получим

$$D_1 = 0,4 K_0 (Q/\omega)^{1/3}. \quad (5)$$

Подставляя связь (5) в выражение (4), а затем, используя соотношение (3), запишем

$$K_Z \eta_r (1 - q) = 25 H (0,33 + 1,1 \cdot 10^{-5} n_s^{1,8})^2 / \omega^{4/3} K_0^2 Q^{2/3}.$$

Возводим обе части полученного равенства в степень 3/4

$$[K_Z \eta_r (1 - q)]^{3/4} = 11,18 H^{3/4} (0,33 + 1,1 \cdot 10^{-5} n_s^{1,8})^{3/2} / \omega K_0^{3/2} Q^{1/2}. \quad (6)$$

Преобразуем соотношение (6) с помощью выражения для коэффициента быстроходности:

$$n_s = 193,3 \omega Q^{1/2} / H^{3/4}.$$

В результате получим

$$[K_Z \eta_r (1 - q)]^{3/4} = 2161 (0,33 + 1,1 \cdot 10^{-5} n_s^{1,8})^{3/2} / n_s K_0^{3/2}.$$

Возведём последнее равенство в степень 4/3 и найдём

$$K_Z \eta_r (1 - q) = 27932 (0,33 + 1,1 \cdot 10^{-5} n_s^{1,8})^2 / n_s^{4/3} K_0^2. \quad (7)$$

Из соотношения (5) определим зависимость для расходного параметра насоса

$$q = 1 - 27932 (0,33 + 1,1 \cdot 10^{-5} n_s^{1,8})^2 / K_Z \eta_r n_s^{4/3} K_0^2. \quad (8)$$

В результате обобщения опытных данных центробежных насосов в работе [11] получено, что при  $D_1/D_2 \leq 0,65$  произведение  $K_Z \eta_r = 0,62$ . Значение  $K_0 = 4,0 - 4,5$  для первой ступени многоступенчатых насосов и для одноступенчатых насосов [10]. Подставляя указанное значение  $K_Z \eta_r$  и  $K_0 = 4,25$  в формулу (8), окончательно получим:

$$q = 1 - 2495 (0,33 + 1,1 \cdot 10^{-5} n_s^{1,8})^2 / n_s^{4/3}. \quad (9)$$

Отметим, что предельное значение  $D_1/D_2 = 0,65$ , при котором  $K_Z \eta_r = 0,62$ , соответствует  $n_s = 300$ .

Результаты расчётов по формуле (9) приведены на рис.1.

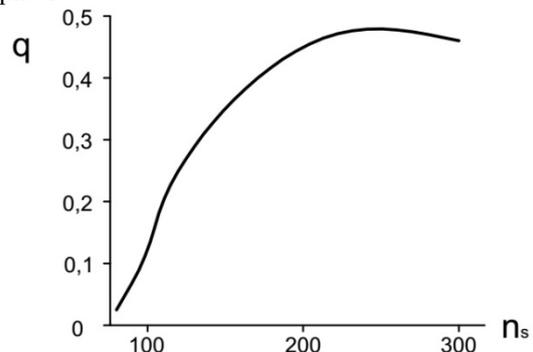


Рис. 1. Зависимость расходного параметра  $q$  от коэффициента быстроходности

Видно, что максимальное значение расходного параметра  $q = 0,493$  соответствует

$$n_s = 228 \text{ (минимальная величина коэффициента теоретического напора } \bar{H}_T \text{)}$$

Для дальнейших расчётов необходимо отношение ширины колеса на входе к ширине на выходе. Это отношение найдём на основании таблицы «Разновидности рабочих колёс...» [10]:

Таблица 2.  
Данные по отношению  $b_1/b_2$

$n_s$	70	190	375
$b_1/b_2$	2.0	1.625	1.27

Эти данные обобщаются с коэффициентом корреляции 0,990 зависимостью

$$b_1/b_2 = 2,13 + 0,0024 n_s$$

**Коэффициент теоретического напора конфузорного колеса**

$$\begin{aligned} & (\bar{H}_T / \bar{H}_{T0})_{\max} = \\ & 1 + C_{2m} [(k/(\sin \beta_{2л})_{\text{опт}} - (\text{ctg } \beta_{2л})_{\text{опт}} - 0,28 z^{0,333})], \\ & \text{где} \\ & k = 0,28 z_k^{0,333} \bar{D}_1 k_{b_{1к}/b_{2к}} (\sin \beta_{1л}); (\cos \beta_{2л})_{\text{опт}} = 1/k; \\ & \bar{H}_{T0} = 1 - 0,333 \left[ 1 - \left( 1 - \frac{7}{z} \sqrt{\frac{\beta_{1л} + \beta_{2л}}{360}} \right)^2 \right] - 0,47 \bar{D}_1^3 (1,2 - \tau_k)^2 / \sin \beta_{2л} \end{aligned}$$

третий член равняется нулю при густоте решётки колеса  $\tau_k > 1,2$ .

Если в качестве оптимального выбрано значение  $\beta_{2л}$ , то из выражения для  $k$  для конфузорного колеса определяются  $z_k, \bar{D}_1 k$ , отношение  $b_{1к}/b_{2к}$  и угол  $\beta_{1л}$ .

Соотношения для определения гидравлического, объёмного, дискового, механического и полного КПД насоса с диффузорными и конфузорными колёсами

Гидравлический КПД рассчитывается по следующей совокупности формул [8].

Потери энергии в колесе определяются по формуле:

$$\begin{aligned} \bar{L}_K &= 0,5 \xi_{\text{ск}} \bar{D}_1^2, \\ \text{где } \xi_{\text{ск}} &= 0,15 + 0,18 / (0,77 - h_{\text{ц}}); \\ h_{\text{ц}} &= \bar{D}_1 (\bar{D}_1 - w_2/w_1) / \bar{H}_T. \end{aligned}$$

Потери в спиральном отводе складываются из потерь в спиральном сборнике и коническом диффузоре:

$$\xi_{\text{отвр}} = \xi_{\text{с}} + \xi_{\text{скд}} (c_r/c_{2u})^2.$$

Коэффициент потерь в спиральном сборнике

$$\xi_{\text{с}} = 1,1 + 1,45 (c_r/c_{2u})^2 - 2,4 (c_r/c_{2u}) \cos \alpha_2,$$

где  $\text{tg } \alpha_2 = C_{2m} / \bar{H}_T$ ;  $c_r/c_{2u} = 0,55 - 0,65$ .

Рассчитанный гидравлический КПД

$$\eta_{\text{грас}} = 1 - \bar{L}_K / \bar{H}_T - 0,5 \xi_{\text{отвр}} \bar{H}_T.$$

В работе [12] получена поправка к гидравлическому КПД:

$$\eta_r = 1,48 \eta_{\text{грас}} - 0,49.$$

Объёмный и дисковый [11] составляющие КПД, необходимые для расчёта полного КПД насоса  $\eta$ , находятся по приближённым выражениям:

$$\eta_{\text{об}} = 1 / (1 + 0,68 / n_s^{0,67}).$$

$$\eta_d = 1 - 0,0037 \{ 0,0037 + 1,3 \cdot 10^{-5} \bar{H}_T^{2,5} n_s^2 \eta_r^{1,5} + 0,0115A \bar{H}_T (D_1/D_2)^2 \}^{-1},$$

где  $A = \{ \bar{H}_T (\eta_{\text{гк}} - 0,5 \bar{H}_T) - 0,125 [1 - 1,96 (D_1/D_2)^2] \}^{0,5}$ ;  $C_d = 0,0037$  при  $Re = 10^5$ ;

гидравлический КПД колеса  $\eta_{\text{гк}} = 1 - \bar{L}_K / \bar{H}_T$ ; постоянные величины принимаются из [11].

Из формулы для  $\eta_d$  следует, что, помимо коэффициента  $n_s$ , оказывает влияние величина  $\bar{H}_T$ , увеличение которой ведёт к росту дискового КПД.

### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТА

Исходные данные для расчёта в диапазоне  $q = 0 - 0,485$ : общие значения для вариантов конфузорного и диффузорного насосов:  $z = 10$ ;  $\beta_{1л} = 17^\circ$ ; угол атаки  $i = 3^\circ$ ;  $D_1/D_2$ ; отношение  $c_r/c_{2u} = 0,65$ ;  $b_{2к} = b_2$  ( $k$  – здесь и далее индекс конфузорного насоса);  $C_{2m}$ ; коэффициент потерь в коническом диффузоре  $\xi_{\text{скд}} = 0,25$ ; для диффузорного насоса:  $\beta_{2л} = 30^\circ$ ;  $kz = 0,812$ ; для конфузорного насоса:  $\beta_{2л} = 3^\circ$ ; отношение ширины на входе в конфузорное колесо к ширине на входе в диффузорное колесо  $b_{1к}/b_1 = b_{1к}/b_{2к} : b_1/b_2$ .

Результаты расчётов приведены на рис. 2.

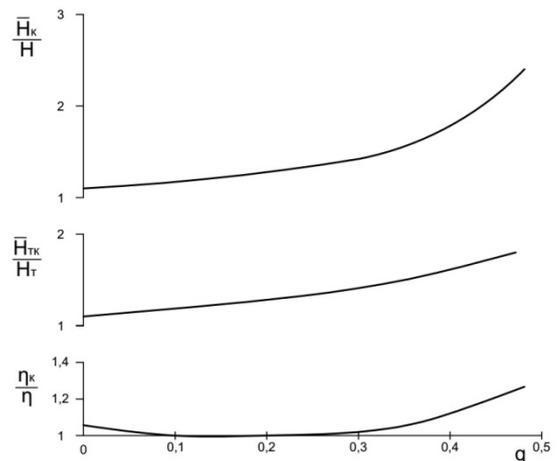


Рис.2. Зависимость от параметра  $q$  отношений показателей конфузорных и диффузорных насосов

С повышением параметра  $q$  возрастает отношение  $D_1/D_2$ , так при  $q = 0,029$  значение  $D_1/D_2 = 0,39$ , а при  $q = 0,485$  отношение  $D_1/D_2 = 0,625$ .

Оптимальное отношение  $(F_1/F_2)_k = 31,75$  для всех вариантов.

Значение  $b_{1k}/b_{2k}$  снижается с 14,6 до 9,1, а  $b_{1k}/b_1$  уменьшается от 7,4 до 6,3. Коэффициент теоретического напора  $\bar{H}_T$  падает с 0,797 (при  $q = 0,029$ ) до 0,418 для диффузорного колеса, а для конфузорного колеса уменьшается от 0,891 до 0,756.

Отношение  $H_k/H$  возрастает с 1,1 до 2,38 и обобщается зависимостью с индексом корреляции 0,963

$$H_k/H = 1,1 + 13,2 q^{3,2}.$$

В связи с ростом напора конфузорного насоса снижается его коэффициент быстроходности, это ведёт к снижению объёмного и дискового кпд.

Однако из – за большего значения  $\bar{H}_T$  конфузорного колеса получается, что произведение объёмного и дискового кпд оказывается одинаковым для конфузорного и диффузорного насосов. Поэтому отношение их полного кпд становится равным отношению гидравлических кпд.

Рост значения  $H_k/H$  вызван ростом  $H_{тк}/H_t$  с 1,1 до 1,8. Получена связь при индексе корреляции 0,994

$$H_{тк}/H_t = 1,1 + 2,4 q^{1,7}.$$

Отметим, что при  $q = 0$  отношение  $H_{тк}/H_t = H_{т0}/H_t (q = 0) = 0,9/0,812 = 1,1$ . Такая же величина соответствует  $H_k/H$ .

Отношения кпд  $\eta_k/\eta$  сначала меньше единицы (менее 1%); при  $q = 0,1$  становится равным единице, а при  $q = 0,485$  достигает значения 1,32.

Обобщённая зависимость с индексом корреляции 0,90

$$\eta_k/\eta = 1,045 + 2,8 q^2 - 0,79 q.$$

Значение  $q = 0,485$  отличается от  $q = 0,5$  на 3%.

Поэтому рациональная область использования конфузорных колёс определяется по напору диапазоном  $q = 0 - 0,5$ , а по кпд диапазоном  $q = 0,1 - 0,5$ .

Следует отметить, что модель получена при постоянном значении  $(F_1/F_2)_k$  для всех вариантов конфузорных насосов. При индивидуальном проектировании конфузорных колёс, в частности, за счёт изменения  $(F_1/F_2)_k$  удаётся повысить эффективность насоса. Так для конфузорного насоса при  $q = 0,074$  по вышеприведенным обобщённым зависимостям получим  $H_k/H = 1,103$  и  $\eta_k/\eta = 1,0$ , однако, по результатам проектирования конфузорного насоса

$$H_k/H = 1,155, \text{ а } \eta_k/\eta = 1,007.$$

Энергетическая эффективность конфузорных насосов возрастает с увеличением расходного параметра  $q$ . Однако, если насосу с диффузорным колесом соответствует малое значение расходного параметра  $q$ , конструктор определяет ожидаемый эффект и целесообразность замены диффузорного насоса конфузорным.

## ВЫВОДЫ

1. Получена обобщенная зависимость для расходного параметра насоса  $q$  с диффузорным колесом, необходимая для построения модели.

2. Сформирована модель определения энергетической эффективности насосов с конфузорными колёсами в различных областях изменения расходного параметра  $q$ . Установлено, что рациональная область использования насосов с конфузорными колёсами соответствует по напору диапазону  $q = 0 - 0,5$ , а по кпд диапазону  $q = 0,1 - 0,5$ .

3. Энергетическая эффективность конфузорных насосов возрастает с увеличением расходного параметра  $q$ . Однако, если насосу с диффузорным колесом соответствует малое значение расходного параметра конструктор определяет ожидаемый эффект и целесообразность замены диффузорного насоса конфузорным.

4. Модель получена при постоянном значении  $(F_1/F_2)_k$  для всех вариантов конфузорных насосов. При индивидуальном проектировании можно существенно повысить эффективность конфузорного насоса, например, за счёт изменения  $(F_1/F_2)_k$ .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черняк А. П. Зависимость коэффициента реактивного колеса центробежного насоса от его геометрических параметров и режима работы / А. П. Черняк // Лопаточные машины и струйные аппараты. -1966. - № 1. - С. 176- 203.

2. Локшин И.Л. Применение результатов исследования вращающихся круговых решёток к аэродинамическому расчёту колёс центробежных вентиляторов / И.Л.Локшин // Промышленная аэродинамика. - 1963. - № 25. - С.121 – 183.

3. Чебаевский В.Ф. Отклонение потока на выходе колеса центробежного насоса / В.Ф. Чебаевский В.И. Петров Б.И Боровский, Г.Т. Ввозный // Энергомашиностроение, 1969. - № 2. – С. 16 – 18.

4. Боровский Б.И. Высокооборотные лопаточные насосы / Б.И.Боровский, Н.С.Ершов, Б.В.Овсянников [и др.] //Под ред. Б.В.Овсянникова и В.Ф. Чебаевского. - М.: «Машиностроение», 1975. - 336 с.

5. Боровский Б.И. Исследование пульсаций и вибраций центробежного насоса с конфузорным колесом / Б.И. Боровский, В.И. Петров, А.И. Чучеров [и др.] // Гидрогазодинамика и тепломассообмен летательных аппаратов. - 1988. - С.22 – 25.

6. Боровский Б.И. Гидродинамическая оптимизация конфузорного колеса центробежного насоса / Б.И. Боровский // Сб. Строительство и техногенная безопасность, 2016. - №55. - С.56 – 60.

7. Шестаков К.Н. Расчётно–теоретическая оценка коэффициента теоретического напора центробежного колеса / К.Н. Шестаков // Тр. ЦИАМ. - 1980. - 32 с.

8. Боровский Б.И. Оценка экономичности центробежных насосов с рабочими конфузорными колесами / Б.И.Боровский, В.И.Петров // Сб. «Строительство и техногенная безопасность», 2017. №58. - С. 72 – 78.

9. Боровский Б.И. Параметры центробежных насосов с конфузорными колёсами на повышенных режимах /Б.И. Боровский // Сб. «Строительство и техногенная безопасность», 2016. - №57.- С.39 – 42.

10. Гидравлика, гидравлические машины и гидравлические приводы // Под ред. Т.М. Башты – М.: «Машиностроение», 1970. – 504 с.

11. Боровский Б.И. Энергетические параметры и характеристики высокооборотных лопастных насосов / Б.И.Боровский.- М.: « Машиностроение», 1989. - 184с.

12. Боровский Б.И. Прогнозирование энергетических характеристик центробежных насосов с конфузорными колёсами. /Б.И.Боровский, //Сборник «Строительство и техногенная безопасность», 2017. - №58. С. 79 – 82

## REFERENCES

1. Chernyak A. P. the dependence of the ratio of jet centrifugal pump wheel from its geometric parameters and mode of operation / A. P. Chernyak // Blade machines and jet apparatus. -1966. - No. 1. - P. 176 - 203.

2. Lokshin, I. L., Application of research results rotating circular gratings for the calculation of aerodynamic wheels centrifugal fans / I. L. Lokshin // Industrial aerodynamics. - 1963. - No. 25. - S. 121 – 183.

3. Chebaevsky V. F. the deviation of the output wheel of the centrifugal pump / VF Chebaevsky V. I. Petrov, B. And Borovsky, G. T. Import // plant Engineering, 1969. - No. 2. – P. 16 – 18.

4. I. B. Borovskiy of high-speed vane pumps / I. B. Borovskiy, N. With.Ershov, B. V. Ovsyannikov [et al.]

//Under the editorship of B. V. Ovsyannikov and V. F. Chepelskogo. М.: "Mashinostroenie", 1975. - 336 p.

5. Borovsky B. I. Investigation of pulsation and vibration of the centrifugal pump with the converging wheel / B. I. Borovsky, V. I. Petrov, A. I. Kucherov [et al.] // fluid Dynamics and heat and mass transfer aircraft. - 1988. - P. 22 – 25.

6. Borovsky B. I. Hydrodynamic optimization of the converging wheel centrifugal pump / Borovsky B. I. // Proc. Construction and industrial safety, 2016. - No. 55. - Pp. 56 – 60.

7. Shestakov K. N. Theoretical estimation of the ratio of theoretical head of a centrifugal wheel / K. N. Shestakov, Proc. CIAM. - 1980. - 32 p.

8. Borovsky B. I. Estimation of efficiency of centrifugal pumps with the working of the converging wheels / B. I. Borovsky, and Petrov, V. I. // Proc. "Construction and technogenic safety", 2017. No. 58. - P. 72 – 78.

9. Borovsky B. I. Parameters of centrifugal pumps with converging wheels for heavy duty /Borovsky B. I. // Proc. "Construction and technogenic safety", 2016. No. 57.- P. 39 – 42.

10. Hydraulics, hydraulic machines and hydraulic drives // Under the editorship of T. M. Basta, М.: "engineering", 1970. – 504 p.

11. Borovsky B. I. Energy parameters and characteristics of high-speed centrifugal pumps / B. I. Borovsky.- М: "Engineering", 1989. - 184с.

12. Borovsky B. I. Prediction of energy characteristics of centrifugal pumps computerniy wheels. /B. I. Borovsky, //Collection "Construction and technogenic safety", 2017. - No. 58. S. 79 – 82

## RATIONAL APPLICATION OF CENTRIFUGAL PUMPS WITH CONVERGING WHEELS

Borovskiy B.I.

**Summary.** Pre-selection of pumps with the working of the converging wheels required information on such parameters of the pumps, such as head and efficiency compared to pumps with diffuser wheels. The article received such information, based on adopted critical for diffuser pump consumable parameter that determines theoretical pump head. Used ratio for calculating the parameters of pumps with converging wheels. The obtained results are approximated by simple dependencies at high values of the index of correlation.

**Key words:** centrifugal pump, confuser and diffuser wheel, consumable parameter of the pump theoretical head, actual head pressure, hydraulic, volumetric



## ГАЗОПОРШНЕВЫЕ МИКРО-ТЭЦ НА ОСНОВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Кабанов А.Н.<sup>1</sup>, Липинский М.С.<sup>2</sup>, Кузьменко А.П.<sup>3</sup><sup>1</sup>ФГОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры.

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181

e-mail: sashok8282@mail.ru

<sup>2,3</sup>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Адрес: 61000, Украина, г. Харьков, улица Ярослава мудрого, 25,

e-mail: dvz@khadi.kharkov.ua

**Аннотация.** Предложена методика создания газопоршневых микро-ТЭЦ на основе бензиновых и дизельных двигателей внутреннего сгорания, демонтированных с выведенных из эксплуатации автомобилей. Описаны методы улучшения технико-экономических характеристик установок такого типа, а также конструктивные изменения, которые необходимы для их реализации. Приведены описания газопоршневых микро-ТЭЦ, созданных на основе автомобильных ДВС, их технико-экономические характеристики. Показаны результаты экспериментальных исследований. Продемонстрировано влияние упомянутых методов улучшения технико-экономических характеристик данных установок на их показатели мощности и экономичности.

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, микро-ТЭЦ, газовое топливо, экспериментальный стенд, автомобильный ДВС.

**ВВЕДЕНИЕ И АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ**

В соответствии с Энергетической стратегией России на период до 2030 года [6] важнейшими целями и задачами государства являются необходимость повышения энергоэффективности и снижения энергоемкости экономики.

Эффективным способом решения данных задач является использования автономных источников тепло- и электроснабжения (микро-ТЭЦ) на объектах. Это позволяет самостоятельно регулировать уровень теплоты в зданиях в зависимости от погоды, избежать потерь теплоты в теплотрассах (например, в Швеции они составляют около 12 % при развитой системе теплосбережения [8]), электроэнергии в сетях (в США – 4,5 % в 2015 году [7]), устранить либо снизить зависимость объекта от внешних поставок электроэнергии.

В связи с наличием развитых сетей газоснабжения в РФ и большими запасами природного газа, такие микро-ТЭЦ желательно делать газопоршневыми. Такой подход обеспечивает бесперебойную подачу топлива из газовых сетей, не требует наличия резервуаров с запасами топлива на объекте и транспортных расходов, связанных с доставкой топлива потребителю.

В связи с этим появляется интерес к газовым микро-ТЭЦ на основе поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС), обеспечивающих превращение в теплоту отопления, горячей воды, а также электроэнергию большую часть теплоты сгорания топлива. Например, их выпускают компании «Хонда» (Япония) [3], ОАО «Звезда-Энергетика», ОАО ХК «Барнаултрансмаш» (Россия),

«Wartsila» (Финляндия) и множество других производителей [5].

На 20.02.2016 г. в Российской Федерации зарегистрировано более 44 миллионов легковых и свыше 6 миллионов грузовых автомобилей, 890 тысяч автобусов, 2,2 миллиона единиц мототранспорта. В 2006 году автомобилей было 34 миллиона [1]. Такие темпы автомобилизации приводят к тому, что возрастает актуальность проблемы утилизации старых автомобилей с целью их замены новыми. В РФ в 2014 году было передано на утилизацию около 20 тыс. автомобилей. в США ежегодно утилизируется 15 млн машин, что и составляет примерно 6% от всего автопарка [2]. Российская Федерация в связи с развитием системы утилизации автомобилей также будет стремиться к этой цифре.

Срок службы современного автомобиля до утилизации – 8-15 лет. При этом остаточный ресурс двигателя данного автомобиля, как правило, позволяет использовать такой ДВС в качестве стационарной установки. Поэтому одним из эффективных путей утилизации автомобильных двигателей является создание микро-ТЭЦ на их базе. Такой подход, помимо снижения стоимости и улучшения экологической эффективности утилизации автомобилей, позволяет удешевить производство микро-ТЭЦ (не нужно изготавливать новый двигатель).

Большинство мировых производителей ДВС производят готовые поршневые микро-ТЭЦ [5], в том числе – на базе автомобильных ДВС (например, Toyota и Ford [4]).

Таким образом, создание микро-ТЭЦ на базе автомобильных ДВС позволяет:

- снизить потери энергии в зданиях, увеличить их энергоэффективность;
- снизить зависимость зданий и сооружений от внешних источников энергии, не только электрической, но и тепловой;
- снизить стоимость и увеличить экологическую эффективность утилизации автомобилей за счёт дальнейшего использования их двигателей;
- снизить стоимость создания микро-ТЭЦ.

### ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исходя из вышесказанного, целью настоящего исследования является разработка методики создания газопоршневых микро-ТЭЦ на основе автомобильных двигателей внутреннего сгорания.

### Методика создания газопоршневых микро-ТЭЦ на основе автомобильных ДВС

На кафедре ТГВ КФУ им. В.И. Вернадского в сотрудничестве с кафедрой ДВС ХНАДУ предложена принципиальная схема создания

газопоршневой микро-ТЭЦ на базе автомобильного ДВС.

Отличительной особенностью установки является

- изменения в конструкции двигателя минимальны;
- управление температурой воды в системе отопления с помощью регулируемых клапанов с электронным управлением, способных плавно менять расход воды через сечение клапана либо полностью перекрывать поток;
- использование электронной системы управления микро-ТЭЦ с обратной связью от системы датчиков;
- использование штатной закрытой системы охлаждения двигателя с воздушным радиатором, допускающей использование незамерзающих жидкостей в качестве охлаждающих, за счет контакта с сетевой водой через стенки теплообменника.

Принципиальная схема такой микро-ТЭЦ приведена на рис. 1.

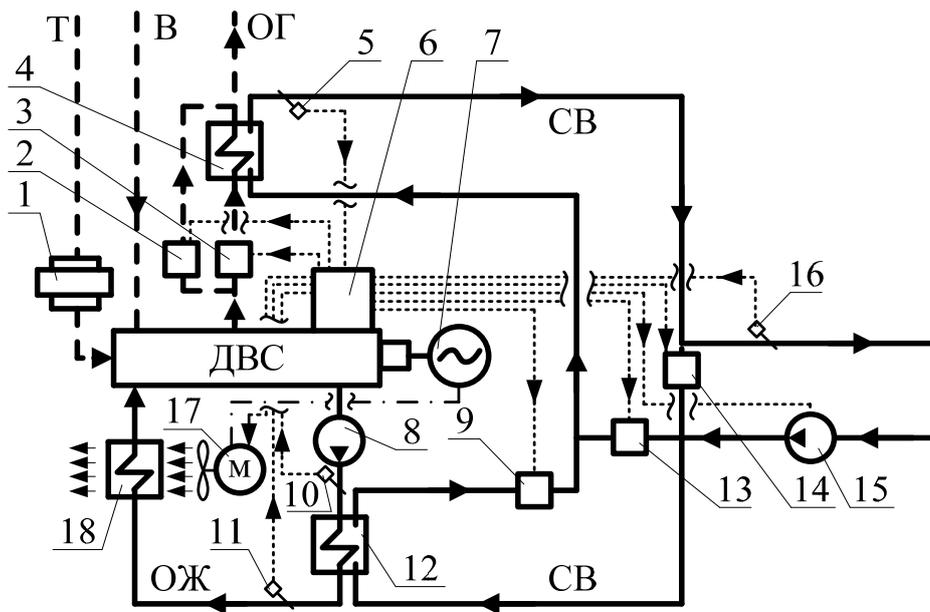


Рис. 1. Принципиальная схема газопоршневой микро-ТЭЦ на основе автомобильного ДВС:

Т – топливо; В – воздух; ОГ – отработавшие газы; ОЖ – охлаждающая жидкость; СВ – сетевая вода; 1 – газовый редуктор; 2, 3 – задвижки на выпускном тракте с электронным управлением; 4 – теплообменник второй ступени типа «газ-жидкость»; 5 – датчик температуры сетевой воды на выходе из теплообменника второй ступени; 6 – блок системы управления микро-ТЭЦ с регулятором частоты вращения коленчатого вала двигателя; 7 – генератор; 8 – водяной насос двигателя; 9, 13, 14 – регулируемые клапаны с электронным управлением; 10, 11 – датчики температуры охлаждающей жидкости двигателя; 12 – теплообменник первой ступени типа «жидкость-жидкость»; 15 – циркуляционный насос системы отопления; 16 – датчик температуры сетевой воды в системе отопления; 17 – вентилятор системы охлаждения с электроприводом; 18 – радиатор охлаждения.

Питание двигателя может осуществляться от любого источника газообразного топлива. Это могут быть газовые баллоны, газогенератор, а также местная газовая сеть. Для понижения и

стабилизации давления топлива на впуске используется газовый редуктор 1.

Утилизация теплоты, выработанной в процессе сгорания топлива в двигателе, осуществляется в две

ступени. Первая ступень – теплообмен между сетевой водой и охлаждающей жидкостью двигателя (теплообменник 12). Температура охлаждающей жидкости на входе в теплообменник, как правило, составляет 80...90 °С. Далее вода поступает в теплообменник второй ступени 4, в котором температура горячего теплоносителя (отработавших газов) достигает 300...600 °С.

Такая система подогрева жидкости имеет ряд недостатков.

Первое – это необходимость поддержания постоянной температуры ОЖ в работающем двигателе. При большом потреблении электроэнергии одновременно с низким расходом горячей воды на отопление и ГВС (например, летом в сильную жару, когда выключено отопление и много электроэнергии потребляют кондиционеры) может возникнуть проблема перегрева двигателя из-за большой нагрузки при малом отборе теплоты в теплообменнике первой ступени.

Данная проблема решается использованием штатного радиатора охлаждения двигателя 18 с принудительным обдувом с помощью электровентилятора 17. Электропитание вентилятора осуществляется непосредственно от генератора 7, а его включение осуществляется по команде системы управления 6 по сигналам датчиков температуры 10 и 11.

Второе – при малых расходах сетевой воды из-за низкой скорости ее движения последняя может перегреться, вплоть до вскипания, в теплообменнике второй ступени, в котором теплота передается сетевой воде от отработавших газов. Для решения данной проблемы используются регулируемые клапаны, приводимые в действие системой управления 6. Кроме того, данная система может выключить теплообменник второй ступени, управляя задвижками 2 и 3.

Таким образом, указанные недостатки системы полностью компенсируются обвязкой установки и автоматическим управлением потоками теплоносителей.

Вследствие коренного изменения задач, стоящих перед системой управления силовой установкой, выполняется замена автомобильного электронного блока управления блоком системы управления микро-ТЭЦ 6. Добавляются такие элементы, как регулятор частоты вращения, система управления электромагнитным клапаном подачи газа, теплообменники, трубопроводы, фитинги, арматура. В обязательном порядке программными либо аппаратными средствами устанавливается частота вращения  $3000 \pm 15$  об/мин.

Двигатели, у которых оптимальная частота вращения отклонена от указанного значения более чем на 500 об/мин, соединяются с генератором при помощи редуктора, либо подключаются к четырехполюсному (шестиполюсному) генераторам. Данное решение обеспечивает работу двигателя на оптимальных оборотах при обеспечении заданной частоты электрического тока в сети.

Важной задачей при создании газопоршневой микро-ТЭЦ является перевод двигателя на бензине или дизтопливе на газовое топливо.

### **Методика конвертирования бензиновых и дизельных ДВС в газовые**

Анализируя методы конвертирования дизельных двигателей в газовые, используемые как фирмами-производителями серийных газовых ДВС, так и исполнителями научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, можно выделить следующие подходы, характерные для решения этой задачи:

- полученный газовый двигатель работает по циклу Отто с использованием искровой системы зажигания;
- дизельная топливная аппаратура полностью демонтируется, устанавливается газовая;
- степень сжатия снижается во избежание появления детонации при работе на газовом топливе, как правило эта задача решается путём обработки поршня;
- при организации рабочего процесса используется концепция «бедного горения», при этом коэффициент избытка воздуха  $\alpha$  достигает максимальных значений в зоне частичных нагрузок (для обеспечения низкой токсичности отработавших газов), минимальных – на режимах холостого хода (для поддержания стабильной работы двигателя) и максимальной нагрузки (для обеспечения максимальных показателей мощности);
- для компенсации потерь мощности вследствие использования концепции «бедного горения» устанавливается газотурбинный наддув;
- при реализации концепции «бедного горения» используется система охлаждения базового дизеля.

Анализируя методы конвертирования бензиновых двигателей в однотопливные газовые, можно выделить следующие аспекты решения этой задачи:

- увеличение степени сжатия до  $\varepsilon = 13,5...14$ ;
- установка газовой системы питания;
- изменение программы работы блока управления двигателем, изменение алгоритмов управления углами опережения зажигания и подачи топлива в цилиндры двигателя;
- при организации рабочего процесса, как правило, используется работа двигателя на стехиометрических топливовоздушных смесях.

### **Газопоршневая микро-ТЭЦ на основе бензинового ДВС**

Для исследования газопоршневой микро-ТЭЦ на базе бензинового автомобильного двигателя кафедрой ТГВ КФУ им. В.И. Вернадского в сотрудничестве с кафедрой ДВС ХНАДУ был создан экспериментальный стенд. Общий вид стенда приведен на рис. 2, а его структурная схема – на рис. 3.



Рис. 2. Общий вид экспериментального стенда с микро-ТЭЦ на базе ДВС MeM3-307

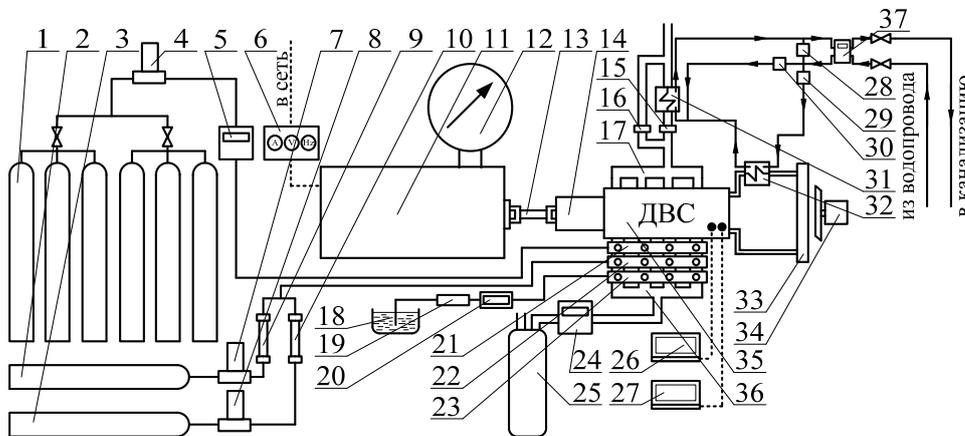


Рис. 3. Структурная схема экспериментального стенда с микро-ТЭЦ на базе ДВС MeM3-307:

1 – баллоны со сжатым природным газом; 2 – баллон с водородом; 3 – баллон с углекислым газом; 4, 7, 8 – газовые редукторы высокого давления; 5 – расходомер газа; 6 – блок измерения параметров вырабатываемого электрического тока; 9, 10 – ротаметр; 11 – генератор; 12 – весовое устройство для измерения нагрузки; 13 – карданная передача; 14 – коробка передач; 15, 16 – задвижки на выпускном тракте; 17 – выпускной коллектор; 18 – бак с бензином; 19 – топливный насос; 20 – расходомер жидкого топлива; 21 – топливная рампа с форсунками для сжатого природного газа; 22 – топливная рампа с форсунками для дополнительного газового топлива; 23 – топливная рампа с форсунками для бензина; 24 – расходомер воздуха; 25 – ресивер; 26 – система управления стендом; 27 – система индицирования; 28, 29, 30 – электромагнитные регулируемые клапаны; 31 – теплообменник второй ступени; 32 – теплообменник первой ступени; 33 – радиатор водяного охлаждения двигателя; 34 – электровентиль; 35 – газовый двигатель MeM3-307; 36 – впускной коллектор; 37 – тепловой счетчик.

Газовая версия двигателя MeM3-307 создана на основе базовой бензиновой модели производства ЗАО «ЗАЗ». Данная модель используется на автомобилях ЗАЗ «Sens». Модель в базовой версии при степени сжатия  $\varepsilon = 9,8$  обеспечивает эффективную мощность  $N_e = 51,5$  кВт при номинальной частоте вращения  $n = 5200$  мин<sup>-1</sup>.

В газовой версии MeM3-307 степень сжатия увеличена до  $\varepsilon = 13,5$ , что позволило избежать существенных потерь мощности ( $N_e = 50,5$  кВт) за счет снижения теплоты сгорания газозвоздушной смеси в сравнении с бензовоздушной.

Для выработки переменного электрического тока используется синхронный генератор переменного тока номинальной мощностью 50 кВт, встроенный в нагрузочное устройство МПБ-50. КПД генератора на номинальном режиме составляет 94 %.

При частоте вращения коленчатого вала двигателя, соответствующей частоте электрического тока в сети 50 Гц ( $n = 3000$  мин<sup>-1</sup>) крутящий момент двигателя составляет 107 Н·м, что соответствует эффективной мощности ДВС  $N_e = 34$  кВт и электрической мощности установки –  $P = 31$  кВт.

Максимальная тепловая мощность установки составила 45 кВт. Тепловая мощность установки и расход нагреваемой воды контролируются с помощью теплового счетчика *Danfoss Sonometer 1000 087G6679*.

Теплообменник на системе охлаждения (первая ступень) – пластинчатый *Unex UniBraz PBU 20-24*.

Теплообменник на системе выпуска – теплообменник рекуперации отработавших газов автомобиля *Toyota Prius*.

Забор холодной воды на экспериментальной установке осуществляется из водопровода, слив нагретой воды – в канализацию.

Питание установки газовым топливом осуществляется через две топливные рампы – основную и дополнительную. К дополнительной, в свою очередь, подключены два газовых баллона. Таким образом, питание двигателя может

осуществляться природным газом с двумя разными примесями в любом их сочетании. При этом система питания бензином оставлена в качестве резервного топлива. Из рампы во впускные коллекторы топливо подается с помощью электромагнитных форсунок.

Для управления потоками сетевой воды используются электромагнитные регуляторы расхода воды Пневмакс *RLM 3*, а для управления потоком отработавших газов двигателя – дисковые затворы с электроприводом Арматэк *DN 60*.

Для определения показателей работы двигателя без учета механических потерь используется система индицирования двигателя. Для выполнения данной задачи в передней части головки цилиндров (цилиндр № 1) подготовлен канал с посадочным местом для датчика давления (рис. 4). Схема установки датчика показана на рис. 5. Также для него предусмотрено водяное охлаждение.



Рис. 4. Посадочное место для установки датчика давления в цилиндре двигателя ЯМЗ-236

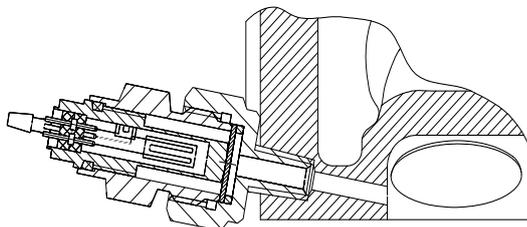


Рис. 5. Схема установки датчика давления в цилиндре двигателя ЯМЗ-236

### Газопоршневая микро-ТЭЦ на основе дизельного ДВС

Данный экспериментальный стенд создан на базе газового двигателя 6ГЧН13/14. Последний, в свою очередь, получен путём конвертирования дизеля ЯМЗ-236 в газовый двигатель с искровым зажиганием. Стенд оснащен системой зажигания высокой энергии, системой газотурбинного наддува,

системой питания газовым топливом, теплообменниками, а также всеми необходимыми измерительными приборами. Общий вид данного экспериментального стенда представлен на рис. 6, а его структурная схема – на рис. 7.



Рис. 6. Общий вид экспериментального стенда с микро-ТЭЦ на базе ДВС ЯМЗ-236

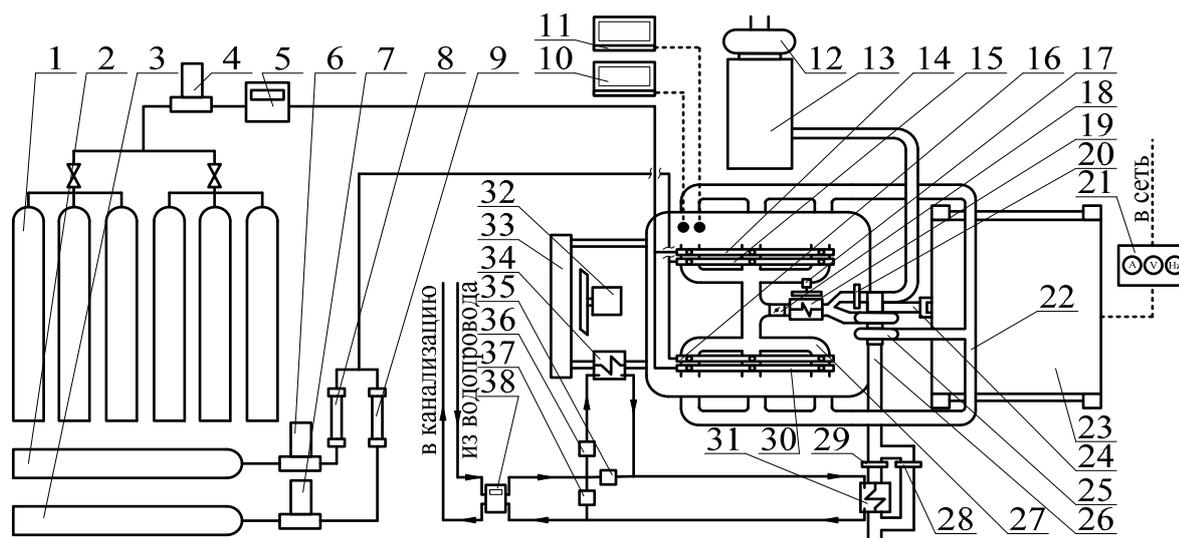


Рис. 7. Структурная схема экспериментального стенда с микро-ТЭЦ на базе ДВС ЯМЗ-236:

1 – баллоны со сжатым природным газом; 2 – баллон с водородом; 3 – баллон с углекислым газом; 4, 6, 7 – газовые редукторы высокого давления; 5 – расходомер газа; 6 – блок измерения параметров вырабатываемого электрического тока; 8, 9 – ротаметр; 10 – система управления стендом; 11 – система индицирования; 12 – расходомер воздуха; 13 – ресивер; 14, 30 – топливные рампы с форсунками для сжатого природного газа; 15, 16 – топливная рампа с форсунками для дополнительного газового топлива; 17 – вентилятор промежуточного охладителя воздуха; 18 – узел дроссельной заслонки; 19 – промежуточный охладитель наддувочного воздуха; 20 – байпасный клапан; 21 – блок измерения параметров вырабатываемого электрического тока; 22 – выпускной коллектор (перед турбокомпрессором); 23 – генератор с устройством для измерения нагрузки; 24 – карданная передача; 25 – турбокомпрессор; 26 – выпускной коллектор (после турбины); 27 – впускной коллектор; 28, 29 – задвижки на выпускном коллекторе; 31 – теплообменник второй ступени; 32 – вентилятор охлаждения радиатора двигателя; 33 – радиатор воздушного охлаждения; 34 – теплообменник первой ступени; 35, 36, 37 – электромагнитные регулируемые клапаны; 38 – тепловой счетчик.

Газовая версия двигателя ЯМЗ-236 создана на основе одноименного дизеля путем демонтажа дизельной топливной аппаратуры, установки газовой системы питания, системы зажигания, а также снижения степени сжатия с  $\varepsilon = 16,5$  до  $\varepsilon = 11,8$ .

Для увеличения мощности двигателя на него дополнительно установлен турбокомпрессор ТКР-9-12-07. После турбокомпрессора на впускном тракте установлен промежуточный охладитель воздуха с принудительным воздушным охлаждением. Нагрузка на двигатель регулируется нагрузочным устройством DS 932-4/N2, в котором используется четырехполюсный синхронный генератор переменного тока максимальной мощностью 180 кВт. Для получения электрического тока частотой 50 Гц частота вращения вала данного генератора составляет  $1500 \text{ мин}^{-1}$ . Для воспламенения топливовоздушной смеси используется система зажигания фирмы *Heinzmann AG*, разработанная специально для этого двигателя.

В данной системе зажигания можно на работающем двигателе изменять параметры

искры в широком диапазоне непосредственно из системы управления стендом.

Газовое топливо подается на установки из тех же баллонов, что и на микро-ТЭЦ с МеМЗ-307.

Подключение системы горячего водоснабжения к микро-ТЭЦ осуществляется по той же схеме, как и на установке с двигателем МеМЗ-307 – с двухступенчатым подогревом воды, ее подачей из водопроводной сети и сливом подогретого теплоносителя в канализацию.

Теплообменник первой ступени – пластинчатый *Unex UniBraz PBU 20-50*. Теплообменник второй ступени – теплообменник рекуперации отработавших газов двигателя Д-249 (ММЗ).

### Технические характеристики экспериментальных микро-ТЭЦ

Технические характеристики полученных микро-ТЭЦ приведены в табл. 1. Результаты получены при работе двигателей на сжатом природном газе (метане)

Таблица 1.

Технические характеристики газопоршневых микро-ТЭЦ на базе автомобильных ДВС

Двигатель	Частота вращения коленчатого вала	Электрическая мощность	Тепловая мощность	Электрический КПД	Общий КПД	Удельный эффективный расход топлива
	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$P$ , кВт	$Q_t$ , кВт	$\eta_e$	$\eta$	$g_e$ , г/(кВт·ч)
MeM3-307	3000	31	45	0,33	71,4	248
ЯМЗ-236	1500	110	160	0,38	78,6	198

## ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований:

1. Показана принципиальная возможность создания газопоршневых микро-ТЭЦ на базе автомобильных ДВС, работающих на бензине и дизельном топливе.

2. Разработаны методики перевода двигателей, работающих на жидком топливе нефтяного происхождения, на природный газ, с целью создания газопоршневых мини-ТЭЦ на их базе.

3. Разработаны принципиальные схемы газопоршневых мини-ТЭЦ на базе автомобильных бензиновых и дизельных ДВС, переведенных на газовое топливо.

4. Созданы экспериментальные стенды для выполнения исследований с целью оптимизации технических параметров установок такого типа, приведены их технические характеристики.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мальгавко А. Число автомобилей в России превысило 56 млн. Режим доступа: <https://ria.ru/society/20160220/1377940767.html> (дата обращения 20.08.2017)

2. Распопова А. Утилизаторы недосчитались автомобилей. Режим доступа: [https://www.gazeta.ru/auto/2014/09/25\\_a\\_6235097.shtml](https://www.gazeta.ru/auto/2014/09/25_a_6235097.shtml) (дата обращения 20.08.2017)

3. Household gas engine cogeneration unit. Режим доступа: <http://world.honda.com/power/cogenerator/> (дата обращения 20.08.2017)

4. Capaldi P. A high efficiency 10 kWe microcogenerator based on an Atkinson cycle internal combustion engine // Applied Thermal Engineering. – 2014. – № 71. – С. 913 – 920.

5. Программа модернизации электроэнергетики России на период до 2020 года. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499058536> (дата обращения 20.08.2017)

6. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (дата обращения 20.08.2017)

7. How much electricity is lost in transmission and distribution in the United States? Режим доступа:

<https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=105&t=3> (дата обращения 20.08.2017)

8. Vesterlunda M., Sandberg J., Lindblom B. and oth. Evaluation of losses in district heating system, a case study // Proceedings of ECOS 2013 - the 26th international conference on efficiency, cost, optimization, simulation and environmental impact of energy systems (Guilin, China, July 16-19, 2013). – Guilin, China, 2013. – P. 1-14.

## REFERENCES

1. Malgavko A. The number of cars in Russia has exceeded 56 million. Access mode: <https://ria.ru/society/20160220/1377940767.html> (circulation date 20.08.2017)

2. Raspopova A. Waste heaters missed cars. Access mode: [https://www.gazeta.ru/auto/2014/09/25\\_a\\_6235097.shtml](https://www.gazeta.ru/auto/2014/09/25_a_6235097.shtml) (circulation date August 20, 2017)

3. Household gas engine cogeneration unit. Access mode: <http://world.honda.com/power/cogenerator/> (circulation date August 20, 2017)

4. Capaldi P. A high efficiency 10 kWe microcogenerator based on an Atkinson cycle internal combustion engine // Applied Thermal Engineering. - 2014. - No. 71. - P. 913 - 920.

5. Program for the modernization of the electric power industry of Russia for the period until 2020. Access mode:

<http://docs.cntd.ru/document/499058536> (the date of circulation is August 20, 2017)

6. Energy strategy of Russia for the period until 2030. Access mode: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (the date of circulation is August 20, 2017)

7. How much electricity is lost in transmission and distribution in the United States? Access mode: <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=105&t=3> (circulation date August 20, 2017)

8. Vesterlunda M., Sandberg J., Lindblom B. and oth. Evaluation of losses in the district heating system, a case study // Proceedings of ECOS 2013 - the 26th international conference on efficiency, cost, optimization, simulation and environmental impact of energy systems (Guilin, China, July 16-19, 2013). - Guilin, China, 2013. - P. 1-14.

## GAS RECIPROCATING MICRO-CHP ON THE BASIS OF AUTOMOTIVE RECIPROCATING ENGINES

Kabanov A.N. 1, Lipinsky MS 2, Kuzmenko A.P.3

**Summary.** A method to create gas reciprocating micro-CHP on the basis of gasoline and diesel internal combustion engines dismantled from decommissioned vehicles is proposed. Methods to improve the technical and economic characteristics of these plants as well as design changes are necessary to implement them are described. The descriptions of gas reciprocating micro-CHP plants based on automotive ICE and their technical and economic characteristics are given. The results of experimental studies are shown. The influence of these methods of improving the technical and economic characteristics of such plants on their performance and efficiency is demonstrated.

**Key words:** internal combustion engine, micro-CHP, gas fuel, test rig, automotive ICE.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ СОВМЕСТНОЙ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО И ПОКРАСОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Субботкин Л.Д.<sup>1</sup>, Урецкий Е.А.<sup>2</sup>, Мороз В.В.<sup>3</sup><sup>1</sup>ФГОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры.

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181

<sup>2</sup>Брестское отделение Белорусской Инженерной Технологической Академии (БИТА);<sup>3</sup>Брестский государственный технический университет, г. Брест, Республика Беларусь

email: ldsword@mail.ru

**Аннотация.** Проведены исследования, которые позволяют установить возможность эффективной очистки сточных вод, загрязнённых лакокрасочными материалами (ЛКМ), в рамках существующих схем очистки сточных вод гальванического производства, путём барботирования их сжатым воздухом, совместной обработкой с хромсодержащими сточными водами, сорбцией ЛКМ и других органических загрязнений, оксигидратным коллектором в динамических условиях.

**Ключевые слова:** гальваника, лакокрасочное производство, сточные воды, ионы тяжелых металлов, оксигидратные коллекторы, кислоты, щелочи, лакокрасочные материалы (ЛКМ), технология очистки сточных вод.

## ВВЕДЕНИЕ

Физико-химические методы очистки сточных вод находят широкое применение в различных отраслях промышленности и коммунальном хозяйстве городов [1]. Они эффективно применяются, когда вода загрязнена трудноудаляемыми загрязнениями или необходима глубокая очистка сточных вод. К такому виду загрязнений относятся сточные воды гальванического и покрасочного производства [2].

Исследования процессов совместной физико-химической очистки сточных вод гальванического и покрасочного производства осуществляли в три этапа:

– на первом этапе была определена эффективность удаления летучих органических загрязнений в результате барботирования сточных вод воздухом, определялась степень деструкции

легкоокисляемых ЛКМ кислородом воздуха и величина снижения ХПК за счёт удаления образующегося пенного продукта;

– на втором этапе был проведен анализ степени деструкции органических загрязнений при совместной обработке сточных вод, загрязнённых ЛКМ и соединениями хрома в кислой среде;

– на третьем этапе – установлена эффективность адсорбции органических веществ на оксигидратном коллекторе, образующемся в процессе нейтрализации всех видов сточных вод и снижение ХПК после 30 минутного отстаивания.

Графики снижения ХПК барботажем сжатым воздухом, окислением хромсодержащим потоком сорбцией оксигидратным коллектором с последующим 2-х часовым отстаиванием показаны на рис. 1, 2, 3.

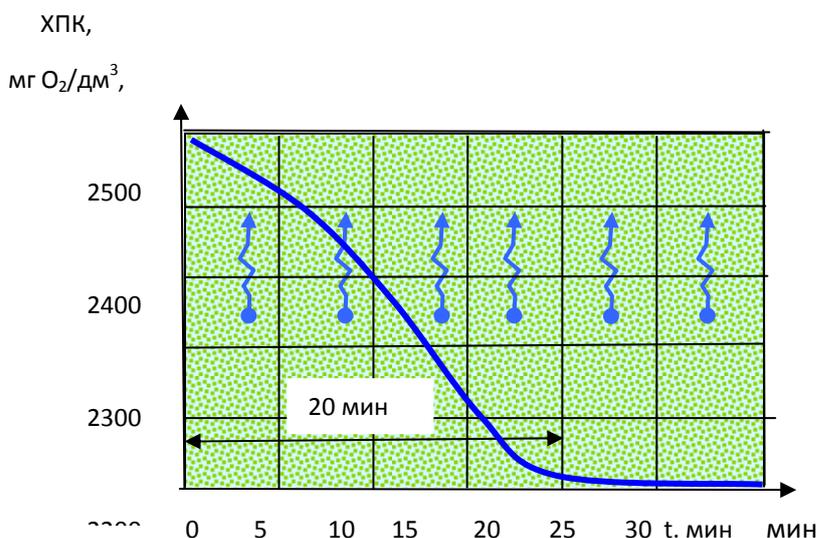


Рисунок 1.  
График снижения ХПК  
барботажем сжатым воздухом  
(1 стадия)

В результате барботирования в течении 20 минут значение ХПК снизилось на 20%. Усредненные результаты опытов первого этапа приведены в таблице №1

Таблица 1  
– Усредненные результаты опытов первого этапа

Наименование показателей	Исходные сточные воды, содержащие ЛКМ	Характеристика сточных вод после обработки	Эффект очистки, %
pH	6,9	6,7	–
ХПК, мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	1580	1264	20,0
Фенол, мг/дм <sup>3</sup>	155,0	13,6	91,2
Ацетон, мг/дм <sup>3</sup>	25,0	18,0	28,0

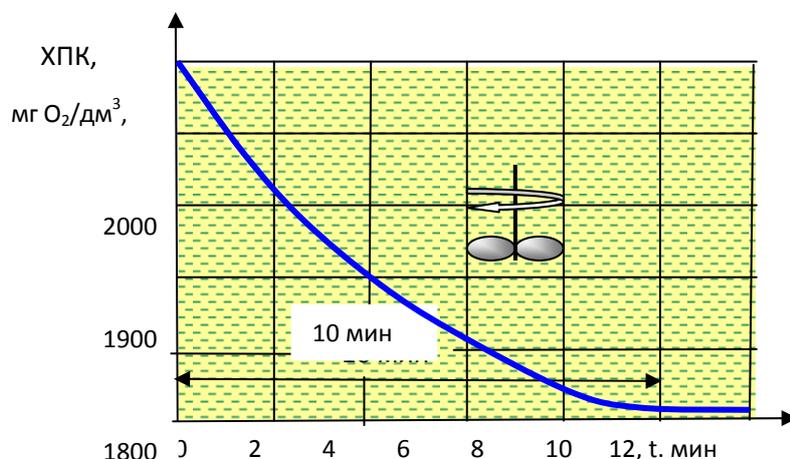


Рисунок 2.  
График снижения ХПК окислением хромсодержащим потоком (усреднённые данные, 2 стадия)

На втором этапе, в результате окисления сточными водами содержащими хром, в течение 10 минут, значение ХПК снижается еще на

25 %. Усреднённые результаты опытов второго этапа приведены в таблице 2.

Таблица 2.  
Усреднённые результаты опытов второго этапа

Наименование показателей	Смесь сточных вод, содержащих ЛКМ и хром	Характеристика сточных вод после обработки	Эффект очистки, %
pH	6,9	4,05	–
ХПК, мгO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	751	601	20,0
Фенол, мг/дм <sup>3</sup>	6,8	4,6	32,3
Ацетон, мг/дм <sup>3</sup>	8,2	4,0	51,2
Ксилол, мг/дм <sup>3</sup>	1,2	0,6	50,0

После нейтрализации всех видов сточных вод и образования оксигидратного коллектора сорбирующего на своей поверхности загрязнения, а также осветления в отстойнике с последующим 2-х

часовым отстаиванием значение ХПК в общем случае снижается до 97,3%.

Усреднённые результаты опытов третьего этапа приведены в таблице 3.

Таблица 3.  
Усреднённые результаты опытов третьего этапа

Показатели	Смесь всех видов сточных	Характеристика сточных вод после их обработки и отстаивания	Эффект очистки, %
pH	6,9	8,5	–
ХПК, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	101,1	40,0	60,4
Фенол, мг/дм <sup>3</sup>	0,76	0,58	23,7
Ацетон, мг/дм <sup>3</sup>	2,5	1,0	60,0
Ксилол, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,05	50
Формальдегид, мг/дм <sup>3</sup>	43,2	4,1	90,5
Цветность, град	1750	6,5	99,6

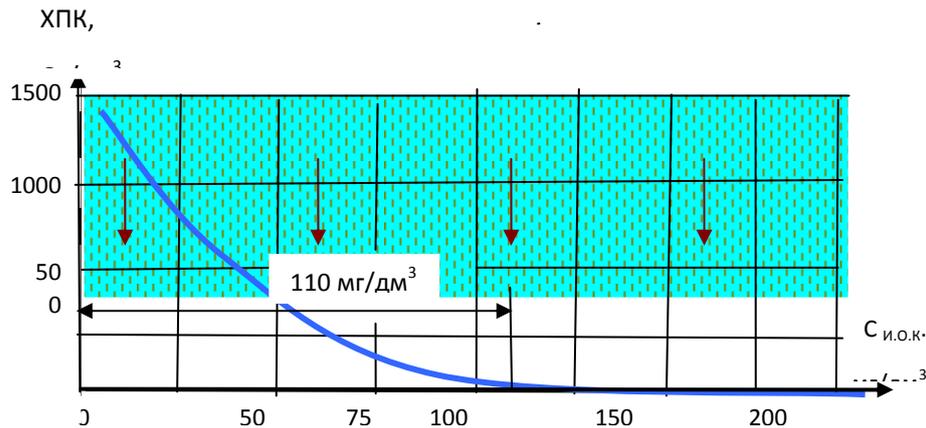


Рисунок 3. График снижения ХПК, сорбцией оксигидратным коллектором с последующим 2-х часовым отстаиванием (усреднённые данные) (3 стадии)

Таблица 4.

Показатели	1 этап			2 этап			3 этап			Суммарный эффект очистки, %
	Сточные воды, содержание ЛКМ	Характеристика сточных вод после обработки	Эффект очистки, %	Смесь сточных вод, содержащих ЛКМ и хром	Характеристика сточных вод после обработки	Эффект очистки, %	Смесь всех видов сточных вод,	Характеристика сточных вод после их обработки и отстаивания	Эффект очистки, %	
pH	6,9	6,7	-	6,9	4,05	-	6,9	8,5	-	
ХПК, мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	1580	1264	19,9	751	601	20,1	101,1	40	60,4	96,2
Фенол, мг/дм <sup>3</sup>	155,0	13,6	91,2	6,8	4,6	32,6	0,76	0,58	23,7	99,6
Ацетон, мг/дм <sup>3</sup>	25,0	18,0	28,0	8,2	4,0	52,0	2,5	1,0	60,0	96,1
Ксилол, мг/дм <sup>3</sup>	21,5	2,43	88,7	1,2	0,6	50	0,1	0,05	50,0	99,7
Формальдегид, мг/дм <sup>3</sup>	43,2	27,1	37,5	12,8	5,3	59	0,9	0,4	65,1	99,1
Цветность, град.	-	-	-	-	-	-	218,0	6,5	99,6	99,6

Проведенные исследования позволяют установить возможность эффективной очистки сточных вод, загрязнённых ЛКМ, в рамках существующих схем физико-химической очистки сточных вод гальванического производства. Экономическая эффективность в данном методе достигается за счет сорбции ЛКМ и других органических загрязнений, оксигидратным коллектором, образующимся в процессе

нейтрализации, а также использования ОТР гальванического и окрасочного производств вместо приобретаемых реагентов для очистки этого вида сточных вод. Существенным преимуществом данного метода является возможность совершенствования стандартных систем автоматического регулирования технологическими процессами.

Однако, несмотря на проведённые исследования, отсутствовала информация о кинетике процесса хлопьеобразования в динамических условиях

Для получения такой информации были проведены исследования по вопросам хлопьеобразования и сорбции ЛКМ на оксигидратных коллекторах, образующихся при нейтрализации реальных сточных вод ОАО «БЭМЗ» при различных оборотах пропеллерной мешалки и различных значениях pH среды [1, 2].

Исследования по изучению кинетики процесса хлопьеобразования и сорбции ЛКМ на оксигидратных коллекторах (рисунки 4 и 5) показали, что минимальная оптическая плотность сточных вод в довольно широких пределах не зависит - от числа оборотов мешалки лабораторного реактора ( $n=160-300 \text{ мин}^{-1}$ ) и pH в пределах (7,8-9,3), а только от времени их перемешивания в интервале 7-10 минут при времени отстаивания 30 мин в статических условиях.

Установлено, что увеличение времени обработки сточных вод свыше 10 минут приводит к деструкции

образующихся хлопьев (увеличению оптической плотности) и ухудшению осветления сточных вод.

Различность кривых (рисунок 4 и 5) при разных значениях pH объясняется тем, что содержание ТМ в сточных водах содержащих ЛКМ имеют широкий диапазон.

При этом каждый ион ТМ переходит в гидроксид в однокомпонентном растворе при различных значениях pH. Так осадение меди производят при pH=5,5-6,0, цинка и кадмия при pH=8-9, никеля при pH=11-12, олова и висмута при pH=7-8 и т.д. Но это не касается многокомпонентных смесей.

Осаждение перечисленных гидроксидов в многокомпонентных смесях до уровня ПДК при pH=8-8,5 объясняется эффектом соосаждения, что подтверждается проведенными исследованиями и практическим применением технологии

После этого на базовом предприятии (ОАО Брестский электромеханический завод) были проведены исследования по осветлению коагулированной взвеси в 2-х вертикальных отстойниках диаметром 9 м, дооборудованных камерами хлопьеобразования и полочными модулям

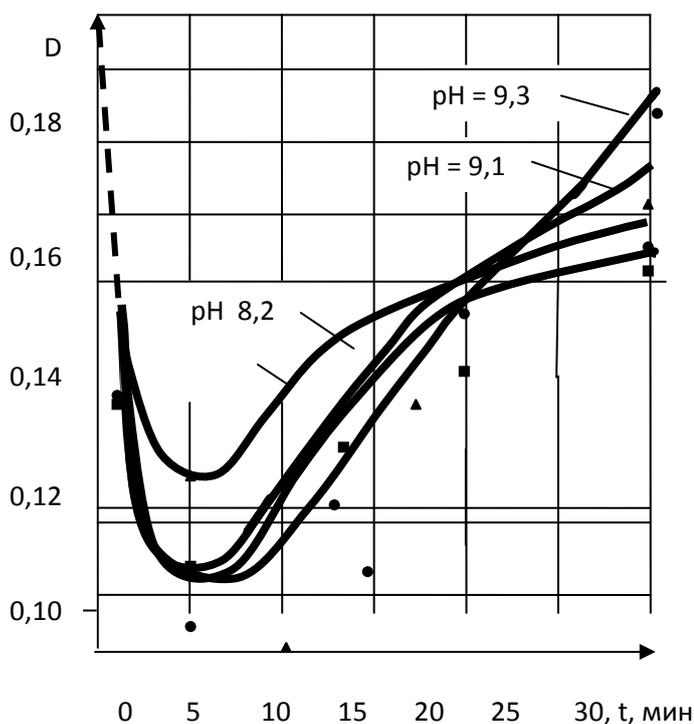
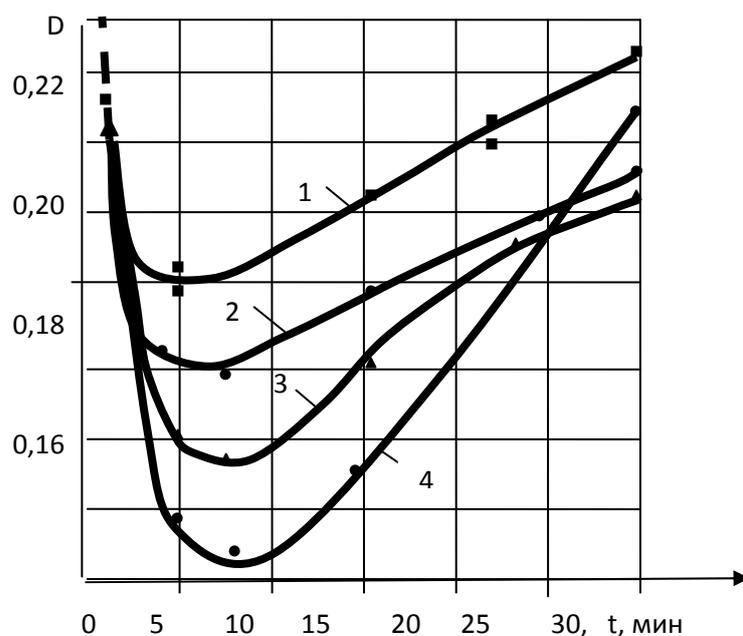


Рисунок 4. Графическая зависимость величины оптической плотности от времени перемешивания сточных вод в лабораторном реакторе  $n = \text{const} = 160 \text{ об/мин}$  мешалки; время отстаивания  $t = \text{const} = 30 \text{ мин}$



1 –  $n=190$  об/мин.,  $pH=7,9$ ; 2 –  $n=250$  об/мин.,  $pH=8,2$ ;  
 3 –  $n=170$  об/мин.,  $pH=8,7$ ; 4 –  $n=300$  об/мин.,  $pH=9,1$

Рисунок 5. Графическая зависимость величины оптической плотности от числа оборотов в минуту мешалки

В усовершенствованных отстойниках ХПК в осветленных сточных водах снижалось до 25–30 мг  $O_2/дм^3$ . Средний, доверительный интервал концентраций загрязнений после реактора-нейтрализатора и двухчасового отстаивания приведен в таблице 5.

Таблица 5  
 Интервал содержания загрязнений после реактора-нейтрализатора

Наименование ингредиента	Доверительный интервал концентраций после реактора-нейтрализатора	Наблюдаемый максимум до и после вертикального отстойника при $t=2$ часа	
		до	после
Хром (VI), мг/дм <sup>3</sup>	–	–	–
Хром общ., мг/дм <sup>3</sup>	10–20	не опр.	1,7
Продолжение таблицы 5			
Цинк, мг/дм <sup>3</sup>	15–28	32,1	0,2
Никель, мг/дм <sup>3</sup>	2,2–4,9	5,20	0,1
Железо, мг/дм <sup>3</sup>	70–195	250	1,5
Медь, мг/дм <sup>3</sup>	11–22	28,0	0,5
Кислота, мг-экв/дм <sup>3</sup>	7,9–9,1	10,8	–
Щёлочь, мг-экв/дм <sup>3</sup>	3–4,2	5,25	–
pH	8,5–9	8,5–9	8,6
ХПК, мг $O_2/дм^3$	1500–2000	2500	21,6
Суммарное содержание основных ингредиентов ( $Fe_{общ}$ , $Cr_{общ}$ , $Cu, Zn, Ni$ ), образующих оксигидратный коллектор ( $\Sigma$ и.о.к.), мг/дм <sup>3</sup>			108,2–269,9

Последующее снижение ХПК до 15–20 мг  $O_2/дм^3$  возможно, при дополнительном поочередном фильтровании осветленных сточных вод через механические фильтры с загрузкой из вспененного полистирола и сорбционных фильтрах.

На основании этих исследований, были сформулированы требования к проектированию оборудования:

1. Ускорение процесса сорбционного извлечения достигается путем перемешивания ( $n=190-300$  об/мин) в реакторе-смесителе в зоне смешения.

2. Агрегаты гидрозоль ( $10^{-4}$  см) имеют очень медленную кинетику сорбции, поэтому время пребывания сточных вод в зоне активного перемешивания должно быть ограничено в связи с вероятностью их разрушения.

3. Минимальная оптическая плотность сточных вод в довольно широких пределах не зависит - от числа оборотов мешалки ( $n=160-300 \text{ мин}^{-1}$ ) и pH в пределах (7,8-9,3), а только от времени их перемешивания в интервале 7-10 минут при времени отстаивания 30 мин в статических условиях.

4. Во избежание разрушения хлопьев взвеси в стандартном химическом аппарате, оборудованном механической мешалкой и использованном в качестве реактора-нейтрализатора, максимальный интервал времени обработки сточных вод не должен превышать 10 минут.

### ВЫВОД

Проведенные исследования подтвердили возможность создания ресурсосберегающей технологии совместной очистки сточных вод лакокрасочных и гальванических производств приборо- и машиностроения от ЛКМ на

действующих сооружениях физико-химической очистки гальванического производства.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Субботкин Л.Д. Рекомендации по интенсификации работы действующих сооружений механической очистки с использованием реагентов в схемах биологической и прямой физико-химической очистки. ОНТИ АКХ., М., 1978.

2. Урецкий, Е. А. Ресурсосберегающие технологии в водном хозяйстве промышленных предприятий: Монография / Е. А. Урецкий; под ред. С. Е. Березина. – Брест : БрГТУ, 2008. – 320 с.

### REFERENCES

1. Subbotkin L.D. Recommendations for the intensification of the operation of existing mechanical cleaning facilities using reagents in biological and direct physical and chemical purification schemes. ONTI AKH., M., 1978.

2. Uretskii, EA Resource-saving technologies in the water economy of industrial enterprises: Monograph / EA Uretsky; Ed. S.E. Berezina. - Brest: BrGTU, 2008. - 320 s.

## RESEARCH OF PROCESSES OF JOINT PHYSICO-CHEMICAL CLEANING OF SEWAGE WATERS OF GALVANIC AND PETROCHEMICAL PRODUCTION

Subbotkin L.D., Uretskiy E.A., Moroz V.V.

**Summary.** Studies have been carried out to determine the possibility of effective treatment of sewage contaminated with paintwork materials in the framework of existing wastewater treatment schemes for galvanic production, by bubbling compressed air with wastewater containing chromium, sorption of paint and other organic impurities, and oxyhydrate collectors under dynamic conditions.

**Key words:** electroplating, paint and varnish production, waste water, heavy metal ions, oxyhydrate collectors, acids, alkalis, paint and varnish materials (LKM), wastewater treatment technology.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА АРМОГРУНТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКЕ ТЕРРИТОРИЙ

Слепнев П.А.

Национальный строительный исследовательский университет Московский государственный университет,  
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

pslepnev@yandex.ru

**Аннотация.** Показана актуальность проведенного исследования в области проектирования и строительства подпорных стен и насыпей повышенной крутизны, в том числе армогрунтовых конструкций, как альтернативного решения монолитным и сборным железобетонным конструкциям. Рассмотрена необходимость использования армогрунтовых конструкций при строительстве в стесненных условиях сложившейся городской застройки, а также на вновь осваиваемых территориях при их инженерной подготовке. Обосновано использование армогрунтовых конструкций при освоении ранее не используемых территорий с точки зрения экономической составляющей проекта благоустройства территорий.

**Ключевые слова:** Стесненные условия строительства, инженерная подготовка, армированный грунт, укрепление откосов, расчетные схемы.

## ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное освоение городских территорий, точечная застройка, а также застройка ранее «неудобных» территорий приводят к тому, что при инженерной подготовке территорий все чаще возникает необходимость использовать инженерные приемы при организации рельефа. В целях уменьшения полосы отвода для сооружения в стесненных условиях (наличие зданий, коммуникаций, автомобильных дорог) возникает необходимость возведения подпорных сооружений или откосов имеющих не нормативный угол заложения. Немаловажным фактором при реализации проектных решений на вышеуказанных территориях является наличие опасных экзогенных геологических процессов (оползневых, эрозионных, карстовых и др.). В последнее время, наряду с традиционными конструкциями подпорных стен из

монолитного железобетона, всё более широкое распространение получают сооружения из армированного грунта, которые представляют собой искусственное сооружение, выполненное посредством послойного армирования грунта насыпи геосинтетическими материалами [1]. При этом, в зависимости от принятого проектного решения, армогрунтовые конструкции могут быть реализованы в различных видах. Они могут быть устроены с различным углом заложения, различной облицовкой, и различным положением в плане. Облицовка армогрунтовых конструкций может быть выполнена из монолитного железобетона, сборных бетонных блоков и даже с использованием газонных трав (рисунок 1). Угол заложения таких конструкций как правило может находиться в диапазоне от 30 до 90 градусов, в зависимости от задачи, решаемой с использованием данных конструкций.



а)



б)

Рис. 1 Примеры выполнения армогрунтовых конструкций: а) с облицовкой сборными блоками; б) с облицовкой газонными травами.

Fig. 1 Examples of the implementation of armorgrunt structures: a) with the lining of prefabricated blocks; b) with the lining of lawn grass.

Одним из показательных примеров строительства различных типов армогрунтовых систем является объект: «Реконструкция транспортной развязки на 21 км автомобильной дороги М-5 "Урал", Московская область».

При строительстве съездов на данной развязке реализованы армогрунтовые системы с облицовкой габионами (рисунок 2).



Рисунок 2 Устройство облицовки из коробов габиона.

Fig. 2 Arrangement of the cladding from the boxes of the gabion

Целью данного исследования является реализация научно-методологического подхода обеспечения экологической безопасности при проектировании и строительстве сооружений с использованием армогрунтовых конструкций.

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Согласно исследованиям Тимофеевой Л.Н., Щербины Е.В., В.П. Подольского, А.В.Глагольева, П.И. Пospelова, А. Видаля, К. Джоунса и др. - армированный грунт, представляет собой композитный строительный материал, состоящий из слоев уплотненного грунта, между которыми заложены армирующие элементы, воспринимающие значительные растягивающие усилия при небольших и допустимых для эксплуатационной надежности сооружения деформациях в течение расчетного срока эксплуатации[2]. Армированный грунт, в некоторой степени, аналогичен железобетону, при этом в одном случае арматура связана с грунтом, в другом – с бетоном.

В то же время, на ряду с традиционными, армогрунтовые конструкции лишены многих недостатков, свойственных конструкциям из железобетона[3]:

- трудоемкость монтажа арматурных каркасов и опалубки;
- большой объем высокопрочного бетона и арматуры, требуемый для их сооружения;
- длительное время выдержки бетона для набора прочности;
- дополнительные затраты на производство работ в холодное время года.

Особенностью и преимуществом данных систем является:

- высокая эффективность сооружения;
- уменьшение площади отвода земли;
- сокращение объема привозного заполнителя и возможность его замены на местный грунт;

- возможность создания откосов с углом заложения до 90° включительно;
- минимальные затраты при строительстве и простота проведения работ;
- значительное снижение стоимости строительства по сравнению с традиционными решениями.

В России первые армогрунтовые системы были построены с использованием анкерных элементов в виде арматурных каркасов. В стенках Видаля использовались ленты из нержавеющей стали. С появлением синтетических рулонных материалов практика строительства армогрунтовых систем практически полностью перешла на геосинтетические материалы из полиэстера (PES), полиэтилена (PE), полипропилена (PP), поливинилалкоголя (PVA) и других полимеров и композитных материалов[4].

Учитывая надежность армогрунтовых сооружений, необходимо отметить что использование геосинтетических материалов требует высокой культуры производства, дорогостоящего оборудования и лабораторной базы с квалифицированным персоналом для исследования геосинтетиков и геопластиков с целью определения их физико-механических характеристик.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При расположении в грунте в пределах сектора растягивающих деформаций армирование нарушает однородный характер деформаций, который существовал бы при отсутствии арматуры, и препятствует образованию в грунте непрерывных поверхностей обрушения, в результате чего грунт приобретает повышенную жесткость и прочность на сдвиг. По мере того, как грунт деформируется, в нем мобилизуется сопротивление сдвигающим нагрузкам, а деформации грунта вызывают деформацию арматуры, что приводит к дальнейшему возрастанию прочности армированного грунта.

Вследствие сил трения, развивающихся на контакте грунта с армирующими элементами, в грунте появляются сжимающие напряжения, а в армирующих элементах – растягивающие. Армированный грунт благодаря этому приобретает свойство воспринимать не только сжимающие усилия, но и растягивающие, что создает возможность придавать грунтовым сооружениям совершенно новые конструктивные формы.

В зависимости от назначения и эксплуатационного срока службы конструкции возможно использовать различную проектную прочность арматуры:

- 1) Временные армогрунтовые подпорные структуры с гибкими облицовками, структуры низкой значимости могут иметь деформацию от 2 до 5%;
- 2) Армогрунтовые подпорные стены с жестким облицовками и важные объекты – 1% на весь расчетный срок службы;

3) Армогрунтовые устои мостов и путепроводов – 0,5% на весь расчетный срок службы (120 лет)[5].

Для подбора армирующего материала, используемого в армогрунтовой системе, и определения глубины и шага армирования необходимо произвести комплекс расчетов по определению внутренней и внешней устойчивости конструкции.

Армогрунтовые системы любого назначения рассчитываются по двум группам предельных состояний:

- к первой группе предельных состояний относятся такие формы разрушения или повреждения конструкции, которые полностью исключают возможность ее эксплуатации;

- ко второй группе предельных состояний относятся повреждения и деформации конструкции, которые исключают возможность нормальной эксплуатации сооружения[6,7]. На рисунке 3 показаны схемы возможных разрушений армогрунтовых систем/

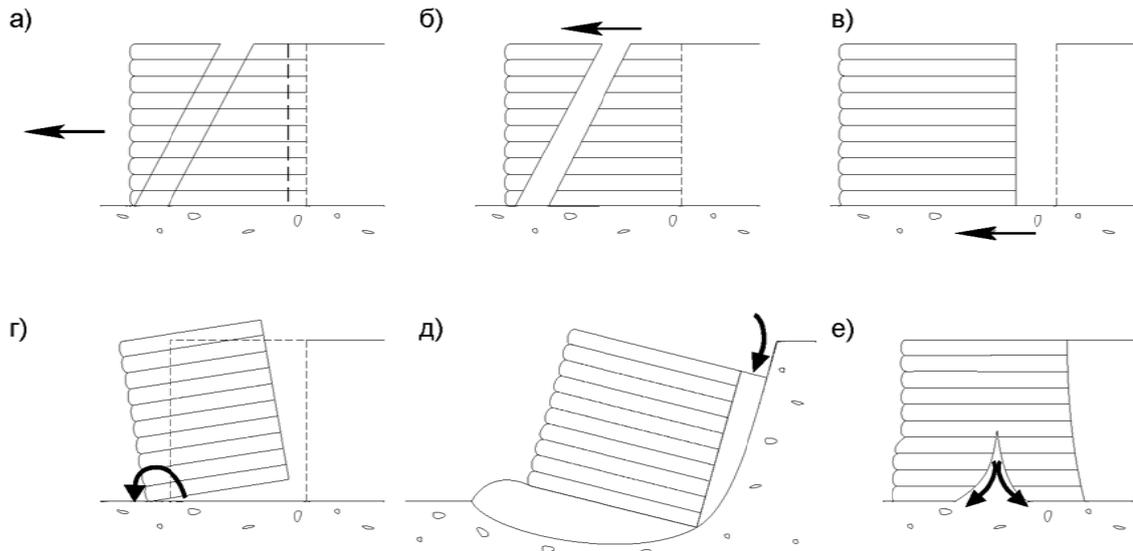


Рис3. Схемы возможных разрушений армогрунтовых систем:

а) – адгезионное разрушение – выдергивание армирующих прослоек из грунта; б) – разрушение от разрыва армирующих прослоек; в) – сдвиг конструкции по плоскости основания; г) – опрокидывание конструкции вокруг переднего ребра; д) – сдвиг по круглоцилиндрической или иной поверхности скольжения; е) – разрушение от разрыва вследствие осадок основания[8,9,10].

Fig. 3. Schemes of possible destruction of armogruнт systems:

- adhesion failure - pulling reinforcing interlayers from the ground; b) destruction from breaking of reinforcing layers; c) - displacement of the structure along the base plane; d) - overturning the structure around the front edge; e) - a shift along a circular cylindrical or other sliding surface; e) - destruction from rupture due to base sediment [8,9,10].

Для обеспечения полноценной эксплуатации проектируемых армогрунтовых сооружений необходима проверка следующих условий:

- подбор марки армирующего материала, которая определяется исходя из следующих условий:

$$N_{\max} = P_{\max} \cdot \Delta H$$

где  $\Delta H$  – шаг армирования, м;

$P_{\max}$  - наибольшая ордината в суммарной эпюре интенсивности активного давления, кН/м<sup>2</sup>.

- определение длины заземления армирующего материала в неподвижной части грунта определяется следующим образом:

$$l = \frac{F_d}{2 \cdot 0,8 \cdot \text{tg} \varphi \cdot (\Delta H \cdot \gamma + q)}$$

где  $F_d$  – прочность на разрыв нижнего слоя арматуры;

0,8 – снижающий коэффициент трения между грунтом и арматурой;

$\Delta H$  – слой грунта над армирующей прослойкой в верхней части армогрунтовой системы;

$\gamma$  – удельный вес грунта, кН/м<sup>3</sup>;

$q$  – вес дорожного покрытия, кН/м<sup>2</sup>.

- проверка устойчивости положения на плоский сдвиг по подошве фундамента производится исходя из следующего:

Условие устойчивости:

$$Q_{cd} \leq \frac{m}{\gamma_n} \cdot Q_{yd}$$

где  $Q_{cd}$  - сдвигающие силы, кН/м;

$Q_{yd}$  - удерживающие силы, кН/м

- проверка устойчивости положения конструкции на опрокидывание вокруг переднего ребра, определяется как:

$$M_{opr} \leq \frac{m}{\gamma_n} \cdot M_{yd}$$

где  $M_{opr}$  - опрокидывающий момент, кН·м

$M_{уд}$  - удерживающий момент, кН·м  
 - проверка несущей способности основания конструкции производится по следующему условию:

$$\sigma_v \leq |\sigma|$$

где  $\sigma_v$  – максимальное вертикальное напряжение, действующее в основании армогрунтовой системы, кПа;

$|\sigma|$  - допускаемое давление под подошвой армогрунтовой системы, кПа.

- определение устойчивости насыпи рассчитывается как:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n (f_i N_i + c_i l_i + T_{i-yd})}{\sum_{i=1}^n T_{i-cd}} \geq |k|$$

где  $|k|$  – допустимая величина коэффициента устойчивости;

$n$  – количество отсеков, на который разбивается блок;

$f_i$  – коэффициент внутреннего трения грунта, проявляющийся по поверхности возможного смещения  $i$ -го отсека,  $f_i = \operatorname{tg} \varphi_i$ ;

$\varphi_i$  – угол внутреннего трения грунта по основанию  $i$ -го отсека, град;

$c_i l_i$  – реактивная сила сцепления по поверхности смещения в  $i$  – м отсеке, кН/м;

$c_i$  – удельное сцепление грунта по основанию  $i$ -го отсека, кПа;

$l_i$  – длина поверхности смещения в пределах отсека, м

$f_i N_i$  – сила трения, действующая по поверхности возможного смещения в  $i$  – м отсеке, кН/м;

$N_i$  и  $T_i$  – нормальная и тангенциальная составляющие силы веса  $Q_i$  для  $i$ -го отсека, кН/м.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Таким образом, только при соблюдении всех вышеуказанных требований можно говорить о безопасной эксплуатации армогрунтовых сооружений. Особенно важно соблюдение этих условий в свете большого количества аварийных ситуаций, возникающих при строительстве и эксплуатации армогрунтовых сооружений, и отсутствия нормативной базы, регламентирующей проектирование и строительство армогрунтовых сооружений.

## ВЫВОДЫ

В современных условиях строительства все чаще стали использоваться инженерные методы решения задач инженерной подготовки территорий. Это связано с тем, что практически все территории, подходящие для строительства уже используются, а оставшиеся, незастроенные территории чаще всего нарушены различными экзогенными геологическими процессами. В связи с развитием науки и техники появляются новые материалы, призванные прийти на замену традиционным. Так,

например, происходит в области строительства подпорных сооружений: на смену массивным дорогостоящим железобетонным конструкциям приходят более дешевые, простые в возведении армогрунтовые конструкции позволяющие сократить экономические и трудовые затраты на их возведение. Причем данные сооружения можно реализовывать не только в области транспортного строительства, где они зародились, но и в областях гражданского, гидротехнического и специального строительства. Армогрунт в некоторой степени аналогичен железобетону, но превосходит его по экономике и технологичности. Отсутствие принятых норм на проектирование и возведение армогрунтовых конструкций требует особого контроля за разработкой решений на стадии проектирования. Для обеспечения безопасной эксплуатации армогрунтовых конструкций необходимо соблюдение ряда условий при которых будет обеспечена устойчивость данного сооружения как в период строительства, так и в период эксплуатации на весь расчетный период (жизненный цикл объекта).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джоунс К.Д. Сооружения из армированного грунта. Монография / К.Д. Джоунс; Пер. с англ. В.С. Заваина, под ред. В.Г. Мельника. М.: Стройиздат, 1989. — 281 стр.
2. EBGEO/Рекомендации по проектированию и анализу грунтовых сооружений с применением геосинтетических материалов. Немецкое геотехническое общество. В переводе Алана Джонсона, 2009
3. Чижиков И.А. Применение геосинтетических материалов (геотканей) для обеспечения экологической безопасности строительства нефтегазопромысловых дорог. Современные проблемы науки и образования. Электронный научный журнал №1, 2012. [Электронный ресурс]. Доступно по ссылке <https://science-education.ru/ru/article/view?id=5346>
4. Тяпочкин, А.В. Совершенствование конструктивно-технологических решений армогрунтовых насыпей с подпорными стенами: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.11 / Тяпочкин Алексей Владимирович. – М., 2011. – 23 с.
5. Костоусов А.Н. Совершенствование методики расчета армогрунтовых стен для усиления земляного полотна: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.06 / Костоусов Андрей Николаевич. – М., 2015. – 23 с.
6. ОДМ 218.2.027-2012 Методические рекомендации по расчету и проектированию армогрунтовых подпорных стен на автомобильных дорогах. – М., 2012. – 48 с.
7. Инструкция по применению армогрунтовых конструкций для стабилизации и усиления земляного полотна ж/д пути. №1975Р от 04 октября 2012 г.
8. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных

геологических процессов. Основные положения. Издание официальное. М., 2012.- 60 с.

9. ОДМ 218.3.008-2011 Рекомендации по мониторингу и обследованию подпорных стен и удерживающих сооружений на оползневых участках автомобильных дорог. М., 2011. – 28с.

#### REFERENCES

1. Jones K.D. Buildings from reinforced soil. Monograph / K.D. Jones; Trans. with English. V.S. Zabavin, ed. V.G. The miller. Moscow: Stroizdat, 1989. - 281 p.

2. EBGEO / Recommendations for the design and analysis of soil structures using geosynthetics. German Geotechnical Society. In the translation of Alan Johnson, 2009

3. Chizhikov IA The use of geosynthetic materials (geotextiles) to ensure the ecological safety of the construction of oil and gas fields. Modern problems of science and education. Electronic scientific journal №1, 2012. [Electronic resource]. Available at <https://science-education.ru/en/article/view?id=5346>

4. Tyapochkin, A.V. Perfection of constructive-technological solutions of armogrunty embankments with retaining walls: the author's abstract. dis. Cand. tech. Sciences: 05.23.11 / Tyapochkin Alexey Vladimirovich. - М., 2011. - 23 p.

5. Kostousov A.N. Perfection of the technique of calculating armogrunty walls to reinforce the roadbed: avtoref. dis. Cand. tech. Sciences: 05.22.06 / Kostousov Andrey Nikolaevich. - М., 2015. - 23 p.

6. ОДМ 218.2.027-2012 Methodical recommendations on the calculation and design of reinforcing retaining walls on highways. - М., 2012. - 48 p.

7. Instructions for the use of reinforcing structures for the stabilization and reinforcement of the rail track. №1975R of October 4, 2012

8. SP 116.13330.2012 Engineering protection of territories, buildings and structures against dangerous geological processes. Basic provisions. The edition is official. М., 2012.- 60 pp.

9. ОДМ 218.3.008-2011 Recommendations on monitoring and inspection of retaining walls and retaining structures on landslide sections of motor roads. М., 2011. - 28с.

## FEATURES OF DESIGN AND CONSTRUCTION OF REINFORCED SOIL IN CIVIL ENGINEERING

Slepnev P.A.

**Summary.** The relevance of the research carried out in the field of design and construction of retaining walls and embankments of increased steepness, including reinforced structures, as an alternative solution for monolithic and precast reinforced concrete structures is shown. The necessity of using reinforced structures in the construction of cramped urban development in cramped conditions, as well as in the newly developed territories with their engineering preparation, is considered. The use of reinforced structures for the development of previously unused territories is substantiated from the point of view of the economic component of the project of landscaping.

**Key words:** Constrained conditions of construction, engineering preparation, reinforced soil, strengthening of slopes, design schemes.



## УСИЛИВАЮЩИЕ СТЕРЖНИ УСТОЙЧИВЫЕ К ПРОДОЛЬНОМУ ИЗГИБУ (BRBF) С НЕПРИЛИПАЕМЫМИ СВЯЗЯМИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ.

Иванова П.В.

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

Адрес: г. Ростов-на-Дону, Социалистическая, 162

E-mail: iva.polli@yandex.ru

**Аннотация.** В работе приводятся данные о сейсмической активности в мире и России в частности, с целью обоснования актуальности исследуемой темы. Анализируются основные публикации, в которых имеются данные о устойчивых к продольному изгибу усиливающих стержнях (BRBF), применяемых как элементы гистерезисного демпфирования при землетрясении. В основной исследовательской части подробно рассмотрено сравнение обычных укрепленных каркасов (CBF) с каркасами укрепленными стержнями (BRBF), с доказательством наибольшей эффективности второго варианта. Описывается конструкция и основные составные части BRBF опоры, а также варианты присоединения к системе колонн и балок с помощью узловых накладок, посредством шарнирно-штифтового, сварного или болтового соединения. В заключении статьи обсуждаются результаты испытания, проводимого для применения данного вида опор при строительстве здания и перечислены технологические и экономические преимущества систем BRBF.

**Ключевые слова:** демпфирующее устройство, усиливающие стержни (BRBF), антисейсмическая защита, гистерезисное демпфирование, обычные укрепленные каркасы (CBF), малоцикловая усталость, продольный изгиб.

### ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день сейсмологи отмечают, что во всем мире происходит усиление глобальной сейсмической активности. В последнее десятилетие произошли землетрясения: в Китае, Турции, Италии, Иране, Японии, так же России. Постоянное увеличение урбанизации территорий повышает риск проживания людей в сейсмических районах и предъявляет новые требования к обеспечению надежности зданий и сооружений.

В России более 30 % территории находится в сейсмических районах и подвергается землетрясениям с высокой сейсмической интенсивностью. Около 80 % сейсмически опасных районов приходится на крупные и средние города. Такие сейсмические районы, как Курильские острова, о. Сахалин, Камчатка, Прибайкалье и Забайкалье, Алтай, Северный Кавказ постоянно подвергаются воздействию землетрясений различной интенсивности [3].

Во всем мире наблюдается всплеск проектирования и строительства высотных зданий и небоскребов. Их проектирование сильно отличается для различных сейсмически активных районов. Каждое высотное здание разрабатывается по индивидуальному проекту, а при высоте более 100 м Градостроительный кодекс РФ относит к уникальным [5]. Как правило, для таких зданий неприменимы традиционные методы антисейсмической защиты, хотя российские инженеры всё еще используют при проектировании опробованные конструктивные решения многоэтажных зданий.

Системы защиты зданий и сооружений от разрушающего сейсмического воздействия

постоянно модернизируются и находят распространение в районах подверженных землетрясениям более 6 баллов по шкале Рихтера.

Одним из эффективных способов обеспечения надёжности высотных, уникальных и повышенной ответственности зданий и сооружений является применение сейсмоизоляции и демпфирующих устройств. Применение инновационных систем самозащиты позволяет в 2-3 раза снизить сейсмическую нагрузку на здание, и является компенсирующим мероприятием. Демпфирующие стержни устойчивые к продольному изгибу с неприлипаемой связью – BRBF каркасы (Buckling Restrained Braced Frame) являются модернизацией обычных укрепленных каркасов (CBF – Conventional Braced Frames) и показывают большую надежность при испытаниях и во время эксплуатации.

Изобретение BRB опор приходится на начало 80-х годов и его испытания прошли в середине 80-х. Впервые были применены в Японии в 90-х годах, и хорошо себя зарекомендовали. Из-за хорошей реакции при сейсмическом воздействии, эта технология была опробована в США в 1998 году, где состоялись испытания, а затем смело стала применяется при строительстве значимых проектов после 2000 года.

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Публикации, посвященные исследованию устойчивых к продольному изгибу усиливающих стержней (BRBF), применяемых как элементы гистерезисного демпфирования при сейсмических воздействиях имеются только в иностранных изданиях [11,12]. В публикациях российских авторов данный вид сейсмоизолирующей конструкции подробно не рассматривается. Упомянуто только как элемент работающий в

комплексе с другими методами сейсмозащиты, как демпфирующее устройство [5].

Специалистами России и зарубежных стран предлагаются разнообразные устройства систем сейсмоизоляции и гасители энергии колебаний сооружений, а также системы с использованием сплавов, запоминающих объемное состояние, и другие «интеллектуальные» системы. В мире наблюдаются следующие тенденции: первая — это применение в чистом виде сейсмоизоляции зданий, которая устраивается, как правило, в нижних этажах: резинометаллические опоры самой различной модификации с низким и высоким демпфированием, с сердечником из свинца и без него, с применением различных материалов. Есть также фрикционные скользящие опоры маятникового типа [9]. И те, и другие опоры применяются в мире довольно часто. Второе направление применения демпфирования (гашения колебаний), которое известно очень давно и постоянно совершенствуется. Для высотного строительства, как правило, используется сочетание: сейсмоизоляцию располагают в нижнем этаже, а по высоте здания устанавливают демпфирование. Сейчас производители предлагают самые различные демпферы: металлические, жидкостные, есть специальные сплавы с памятью, специальные демпфирующие стены. К демпфирующему устройству относятся и стальные диссипативные опоры с неприлипаемой связью (BRBF).

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И МЕТОДИКА ЕЕ РЕШЕНИЯ

В данном исследовании ставится задача выявить преимущества устойчивых к продольному изгибу усиливающих стержней с неприлипаемой связью — BRBF перед обычными укрепленными каркасами (CBF — Conventional Braced Frames). Оценить полезность, технологическую и экономическую выгоду от применения данного вида демпфирующего устройства используя экспериментальные данные, а также опыт применения.

Методом исследования является анализ нормативной документации, существующих публикаций в сфере защиты зданий и сооружений от сейсмического воздействия.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Как известно, опоры стальных рамных конструкций отличает малый собственный вес. Именно поэтому рамы с использованием стальных конструкций весьма широко применяются в многоэтажном строительстве. Традиционные стальные рамные колонны подвержены потере устойчивости, это приводит к тому, что жесткость и несущая способность сооружения при динамических воздействиях среднего и высокого уровня резко снижаются. Отсюда явно становится ниже податливость и диссипативность конструкции, что

влияет также на ее сейсмостойкость. Некоторые ученые предпринимали попытки защитить стальные колонны от потери устойчивости путем их сдерживания извне, повышая при этом малоцикловую усталостную прочность стальных опор. Для внешнего сдерживания чаще всего используется бетон в стальных трубах.

Японские ученые усовершенствовали конструкцию обычной BRB, добавив между внешней сдерживающей связью и основной стальной опорой неприлипаемый материал, назвав это неприлипаемой связью (Unbonded brace, сокращенно UBB) [2]. Данное улучшение повысило показатели BRB по малоцикловой усталости при изгибе. При этом, такая связь представляет собой демпфер, допускающий для изготовления основной опоры применять малопластичную, высокопрочную сталь. А опора данного типа называется стальной диссипативной опорой, защищенной от потери устойчивости односторонними связями (BRBF). На рисунке 1 показано сопоставление по несущей способности опоры данного типа с обычными опорами.

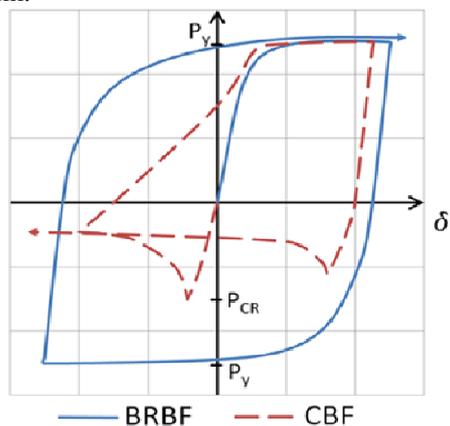


Рис.1. Сравнение обычных укрепленных каркасов (CBF — Conventional Braced Frames) с каркасами, укрепленными устойчивыми к продольному изгибу усиливающими стержнями (BRBF — Buckling Restrained Braced Frame — BRBF каркасы).

Основная идея устойчивых к продольному изгибу усиливающих стержней состоит в следующем:

В сечении различаем три основные составные части:

- Стальной сердечник;
- Слой, предотвращающий соединение (неприлипаемый материал);
- Кожух — бетон в стальной трубе квадратного или круглого сечения.

Слой, предотвращающий соединение, отделяет кожух от сердечника. Согласно этому, осевая сила, возникающая в усиливающем элементе, полностью

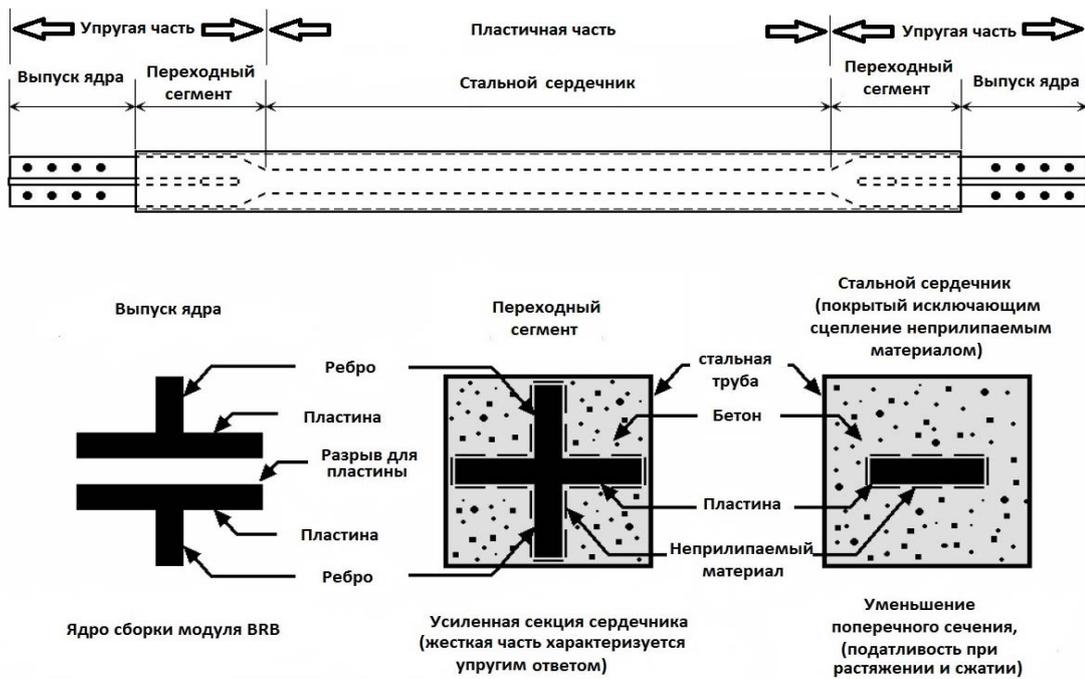


Рис.2. Основные составные части BRBF стержня и их сечения.

воспринимается стальным сердечником, а кожух благодаря жесткости при изгибе – обеспечивает поперечный подпор сердечника против продольного изгиба [10].

Полную осевую силу, возникающую в усиливающем стержне, несет стальной сердечник. На несущую способность продольный изгиб не влияет, поэтому площадь поперечного сечения может быть значительно снижена по сравнению с обычными усиливающими стержнями. Сердечник по длине можно разделить на три части: на среднюю часть, называемую участком ползучести (пластичная часть), и на две крайние жесткие части (упругие части), которые не входят в состояние ползучести. Жесткость и увеличенная площадь поперечного сечения жесткой части обеспечивают упругое поведение не ползучих частей, в то время как пластичное изменение формы сосредоточено в центральной части стального сердечника. Этот вид конструкции обеспечивает высокую степень предсказуемости при прогнозировании поведения элемента и его ожидаемого выхода из строя.

Каркасы, укрепленные BRBF, являются альтернативой обычным укрепленным каркасам. Они обладают большей энергопоглощающей способностью и, следовательно, экономически более эффективны. Обычные стальные усиливающие стержни под влиянием циклической нагрузки показывают асимметричное поведение: с одной стороны, в результате растяжения имеют высокую растяжимость, что является следствием пластичности - характеристики ползучести стального материала, а с другой стороны, их работоспособность ограничивается потерей устойчивости при сжатии.

Явление потери устойчивости при продольном изгибе влияет на циклическую ответную реакцию элемента, которая проявляется в циклической

деградации несущей способности [13]. Если предотвратить продольный изгиб, что является основной идеей BRB стержней, – то получим сбалансированное поведение, характеризующееся очень большой растяжимостью и высоким уровнем поглощения энергии, как это показано на рис.3.

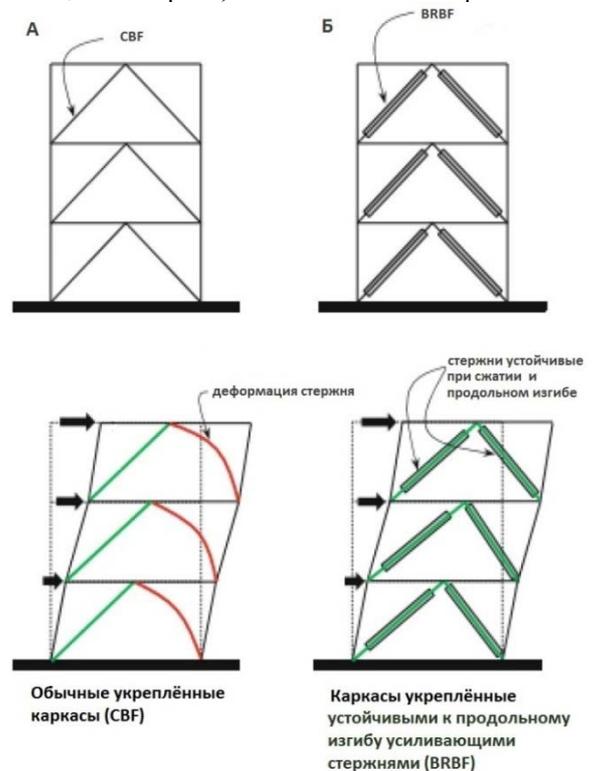


Рис.3. Сравнение CBF и BRBF каркасов.

Усиливающие стержни присоединяются к системе колонн и балок с помощью узловых накладок. В основном предлагается два вида соединений: BRB

стержни, имеющие шарнирные штифтовые крепления, и стержни со сварным способом соединения. (Рис.4) Преимуществом первой системы является возможность избежать крутящих моментов второго порядка, вызванных перемещением уровней, а также возможность увеличить длину участка ползучести стального сердечника. Но монтаж каркасов такого типа усложняют маленькие допуски в размерах.

А использование сварных соединений наоборот упрощает производству работ, но в этом случае нужно ожидать моменты второго порядка в соединениях и усиливающих стержнях. (Рис.5)

Также опоры такого типа могут поставляться с соединительными накладками, с помощью которых усиливающие стержни крепятся к конструкции болтовыми соединениями, и тогда сварка на месте не требуется. (Рис.6)



Рис.4. Шарнирное, штифтовое соединение.



Рис.5. Сварное соединение.

Сегодня колонны BRB широко применяются в Японии и США. Соответственно в этих странах их использование регламентировано, в проектно-конструкторских нормах и правилах. Наиболее крупным производителем устойчивых к продольному изгибу усиливающих стержней (BRB) на мировом рынке является компания «Star Seismic» (США). В Российской практике строительства данный вид

демпфирующего устройства пока не нашёл должного распространения.

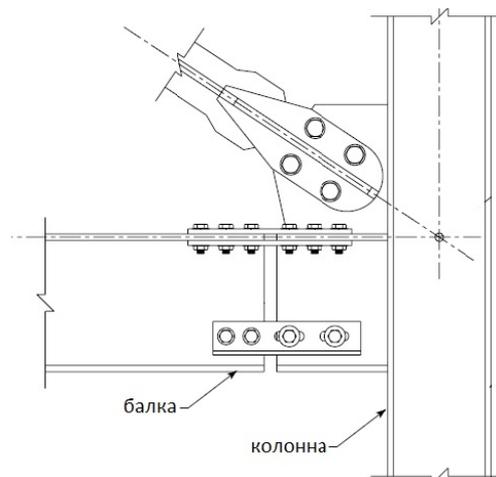


Рис.6. Соединение на болтах.

В Китае BRB нашли применение. И с целью обеспечения надежности BRB при строительстве высотного здания «Тунъюншидай» в Пекине в 2003 году, китайскими учёными были проведены экспериментальные исследования [2]. По результатам исследований было сделано заключение о влиянии проектных параметров BRB на механизм разрушения, о гистерезисных характеристиках и несущей способности, что стало основанием для проектирования и инженерного применения BRB.

Проведённые экспериментальные исследования показали, что колонна BRB работает и на растяжение, и на сжатие, но основным отличием BRB от других колонн является то, что она защищена от потери устойчивости при сжатии. Испытания велись на многоцикловое сжатие, иногда при испытаниях прилагалась нагрузка многоциклового растяжения и сжатия.

Для обеспечения пластической деформации стержневой опоры после достижения предела текучести, следует по мере возможности исключить передачу напряжений между стержневой колонной и внешним армированным бетоном за счет сцепления. Иными словами, внешний бетон должен использоваться лишь для сдерживания стержневой стальной колонны. В проведенных экспериментальных исследованиях в образцах BRB в качестве неприлипаемой поверхности соединения была применена полиэтиленовая пленка толщиной 0.2 мм. Исходя из соотношения деформаций стержневой колонны и внешнего бетона в одном и том же сечении колонны BRB выяснилось, что деформация стальной колонны намного больше деформации внешнего бетона, а значит, желаемый эффект можно получить с помощью неприлипаемого изоляционного слоя.

По результатам данных экспериментальных исследований были сделаны следующие выводы:

1. Запроектированная колонна BRB может существенно повысить прочность материала стержневой колонны, поскольку она не теряет устойчивость до достижения нагрузки величины, вызывающей в сечении колонны текучесть. Таким образом, цель проекта по защите колонн от изгиба была достигнута. В результате многоцикловых испытаний на растяжение и сжатие было доказано, что запроектированная колонна BRB удовлетворяет требованиям к объекту по условиям малоциклового усталости.

2. Неприлипаемый слой между стержневой сталью и внешним бетоном запроектированной колонны BRB может эффективно защищать их от взаимного сцепления.

3. Усиливающая часть на торцах колонн должна быть установлена вне армированного бетона с сохранением определенного промежутка, во избежание возникновения частичной потери устойчивости при растрескивании бетона. На двух торцах колонны BRB рекомендуется устанавливать стальные втулки для крепления внешнего армированного бетона.

4. Продольная арматура и хомуты во внешнем армированном бетоне должны отвечать соответствующим требованиям по трещиностойкости и несущей способности при изгибе, чтобы повысить малоцикловую усталостную прочность стержневой опоры.

### ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.

Системы BRBF в настоящее время в основном используются в качестве горизонтальных несущих конструкций как в случае новых зданий, так и в случае усиления существующих конструкций, но также можно их применить и как дополнительные элементы гистерезисного демпфирования при сейсмических воздействиях. Демпферные системы, в частности гистерезисный демпфер (Hysteretic damper) предназначен для улучшения работы зданий и сооружений под сейсмической нагрузкой за счёт диссипации сейсмической энергии проникающей в эти здания и сооружения.

Усиливающие стержни BRB могут быть использованы не только в случае стальных, но и в случае железобетонных конструкций. Что даёт преимущества применения систем BRB при реконструкции в зданиях имеющих большую историю, памятниках архитектуры.

Следующим преимуществом систем BRBF является то, что они могут использоваться и как раскосы благодаря их одинаковому поведению в качестве элемента растяжения и сжатия. (Рис. 7) Таким образом, благодаря большей свободе проектировщика, связанной с распределением усиливающих стержней, проще могут быть удовлетворены архитектурные потребности.



Рис.7. Усиливающие стержни в качестве раскосов.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Преимущества систем BRBF подтверждаются сравнительными исследованиями и уже завершёнными проектами. Системы BRBF, из-за их нижеприведённых свойств, могут быть более выгодными, чем другие, обычно используемые диссипативные конструкции, особенно с точки зрения экономической эффективности:

- отличная растяжимость и поглощение энергии,
- низкие сейсмические нагрузки (вследствие высокого коэффициента поведения и в целом более высокого периода времени, относящегося к собственному резонансу),
- легко контролируемое поведение конструкции,
- меньшие размеры элементов (колонн, балок),
- меньшие и более простые соединения,
- можно увеличить полезную площадь здания, тем самым увеличивается рыночная стоимость недвижимости,
- необходим фундамент меньших размеров, из-за значительного уменьшения возникающих растягивающих нагрузок,
- простое и быстрое строительство, что даёт экономию времени,
- легко использовать в случае повышения сейсмостойкости,
- простая проверка после землетрясений и замена элементов в случае необходимости.

### ВЫВОДЫ

В недавнее время за рубежом в качестве BRB с эффектом внешнего сдерживания применяли, главным образом, армированный бетон в стальных

трубах, что требует относительно большего расхода стали, приводит к усложненной структуре и низкой экономичности.

По сравнению с обычными усиленными каркасами усиливающие стержни BRB являются, менее жесткими, благодаря меньшему поперечному сечению стального сердечника, и меньшим воспринимаемым нагрузкам. Это может привести к большей деформации. Для поддержания деформации на соответствующем уровне, а также в целях содействия пластическому перераспределению нагрузок, системы BRBF часто проектируются как системы, работающие вместе с гибкими каркасами, выдерживающими крутящие моменты. Каркасы, выдерживающие крутящие моменты, улучшают восстанавливающую способность комбинированных систем. Может быть построена также и двойная система, в которой благодаря подвижности шарниров также используется способность поглощать энергию усиливающих стержней BRB и каркасов, выдерживающих крутящие моменты. В этом случае одновременно использующая преимущества обоих решений.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 14.13330.2014. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция. СНиП II-7-81. Издание официальное. Москва: ОАО «ЦПП», 2014. 125 с.
2. Ван Веймин, Бу Цзюньхуй и др. Особенности проектирования и возведения. Высотные здания и другие уникальные сооружения Китая.: перевод с китайского языка. / науч. ред.: Акимов П. А., Сидоров В. Н., Турсин А. Р. – М.: Издательство АСВ – 2013. – 808 с.
3. Смирнов В. И. Сейсмоизоляция – современная антисейсмическая защита Зданий в России. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2013. – №4. – С.41-54.
4. Айзенберг Я. М., Смирнов В. И. Защита от экстремальных сейсмических воздействий. Инновационные системы. Архитектура и градостроительство в условиях экстремальных природных и техногенных воздействий. // Сборник научных трудов. СПб.: Нестор-История. – 2012. – С.38-51.
5. Федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2004 года № 190-ФЗ «Градостроительный кодекс Российской Федерации». (ред. от 29.07.2017) (с изм. и доп., вступ. в силу с 30.09.2017)
6. Смирнов В. И. Сейсмоизоляция – инновационная технология защиты высотных зданий от землетрясений в России и за рубежом. / Сб. 80 лет ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. – М.: 2007. – С.24-32.
7. Смирнов В. И. Современная защита от землетрясений. // Высотные здания. –2008. – Вып.4. – С.110-115.
8. Кудлай Д.А. Оценка сейсмического воздействия на здание с сейсмоизоляцией. // Строительство и техногенная безопасность. Сборник научных трудов. Крымский федеральный

университет им. В.И. Вернадского – 2016. – №3(55). – С. 24-27

9. Ордобаев Б.С. Инженерные методы по снижению сейсмического риска зданий и сооружений. // Технологии гражданской безопасности, том 10. – 2013. – № 4 (38) – С.62-66

10. Экономичное проектирование с BRBF каркасами. Режим доступа: [http://www.starseismic.eu/ru/BRBF\\_system](http://www.starseismic.eu/ru/BRBF_system) (дата обращения 15.10.2017).

11. Bradly B. Coy Buckling-Restrained Braced Frame. Connection Design and Testing // Brigham Young University BYU ScholarsArchive. Thesis submitted – 2007. – 144 с.

12. Nayana Surendran, Asha Varma P. Buckling Restrained Braces (BRB) – A Review // International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) – 2017. – Volume: 04 Issue: 03 – С. 20-24.

### REFERENCES

1. SP 14.13330.2014. Construction in seismic areas. Revised edition. SNiP II-7-81. Edition official. Moscow: ОАО "tspp", 2014. 125 С.
2. Wang Weiming, BU Tsoungui etc. the features of design and construction. High-rise buildings and other unique structures of China.: translated from the Chinese language. / J. edited by: Akimov P. A., Sidorov V. N., Torsin A. R. – М.: Publishing house of the DIA – 2013. – 808 p.
3. Smirnov, V. I., seismic isolation – modern seismic protection of Buildings in Russia. // Earthquake-resistant construction. Safety of structures. – 2013. – No. 4. – P. 41-54.
4. Eisenberg J. M., Smirnov V. I. Protection extreme seismic loads. The innovation system. Architecture and urban planning in conditions of extreme natural and anthropogenic impacts. // Collection of scientific works. SPb.: Nestor-History. – 2012. – S. 38-51.
5. Federal law of the Russian Federation from December 29, 2004 № 190-FZ "Urban planning code of the Russian Federation". (edited on 29.07.2017) (Rev. and EXT., joined. in force 30.09.2017)
6. Smirnov, V. I., seismic isolation technology to protect high-rise buildings from earthquakes in Russia and abroad. / SB. 80 years tsniisk im. V. A. Kucherenko. – М.: 2007. – S. 24-32.
7. Smirnov, V. I., advanced protection against earthquakes. // A high-rise building. -2008. – Vol.4. – P. 110-115.
8. Kudlay D. A. Assessment of seismic impact on the building with seismic isolation. // Construction and technogenic safety. Collection of scientific works. Of the Crimean Federal University. V. I. Vernadsky– 2016. – №3(55). – S. 24-27
9. Ordabaev B. S. Engineering methods for reducing the seismic risk of buildings and structures. // Civil security technologies, volume 10. – 2013. – № 4 (38) – p. 62-66

10. Economical design with BRBF frames. Mode of access: [http://www.starseismic.eu/ru/BRBF\\_system](http://www.starseismic.eu/ru/BRBF_system) (accessed 15.10.2017). University BYU ScholarsArchive. Thesis submitted – 2007. – 144 с.
11. Bradley B. Coy Buckling-Restrained Braced Frame. Connection Design and Testing // Brigham Young University. – 2007. – 144 с.
12. Nayana Surendran, Asha Varma P. Buckling Restrained Braces (BRB) – A Review // International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) – 2017. – Volume: 04 Issue: 03 – Pp. 20-24.

## BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAME (BRBF) C EXCLUDING COUPLING COMMUNICATIONS, APPLIED TO PROTECTION OF BUILDINGS AT SEISMIC INFLUENCE.

Ivanova P.V.

**Summary.** In work data on seismic activity are provided in the world and Russia in particular, for the purpose of justification of relevance of the studied subject. The main publications in which there are data on the steady against a longitudinal bend strengthening cores (BRBF) applied as elements of hysteresis damping at seismic influences are analyzed. In the main research part comparison of the usual strengthened frameworks (CBF) with frameworks by the strengthened cores (BRBF), with the proof of the greatest efficiency of the second option is shown. The design and the main components of BRBF of a core and also options of accession to the system of columns and beams by means of nodal slips, by means of pivotally - the bayonet, welded or bolt connection is described. In the conclusion of article results of the test which is carried out for application of this type of support at construction of the building are discussed and technological and economic advantages of the BRBF systems are listed.

**Key words:** the damping device, the strengthening cores (BRBF), aseismic protection, hysteresis damping, conventional braced frames (CBF), low-cyclic fatigue, buckling.



## РУКОВОДСТВО ДЛЯ АВТОРОВ

### 1. Прием статей в редакцию и состав сопроводительных документов

Прием статей для публикации в журнале осуществляется в постоянном режиме. Процесс рассмотрения статьи, рецензирования и редакционно-издательской обработки занимает достаточно длительное время, в связи с чем поступившая и допущенная редколлегией к публикации статья будет, как правило, опубликована не ранее, чем через 4 месяца со дня ее поступления. Датой поступления статьи будет считаться дата ее получения от автора в окончательном варианте после всех доработок и исправлений по замечаниям рецензентов и редактора.

Просим авторов тщательно готовить свои материалы с целью сокращения сроков их рассмотрения и обработки.

*Неправильно оформленные материалы не рассматриваются, не рецензируются и не возвращаются!* Также не возвращаются авторам рукописи статей и электронные копии на локальных носителях. При этом редакция по собственной инициативе в переговоры с авторами не вступает.

#### 1.1. Прием статей на рассмотрение и рецензирование осуществляется через онлайн систему приема статей и по электронному адресу [stepancova.natal@mail.ru](mailto:stepancova.natal@mail.ru).

Прием статей на рассмотрение и рецензирование через онлайн систему приема статей производится на сайте журнала по адресу: <https://stroyjournal-asa.ru>. Инструкция по использованию системы доступна на сайте. Автор имеет возможность следить за продвижением статьи в редакции в личном кабинете и получает соответствующие уведомления по электронной почте.

Так же прием статей на рассмотрение и рецензирование можно направить по электронной почте по адресу [stepancova.natal@mail.ru](mailto:stepancova.natal@mail.ru). Все вопросы и пожелания необходимо отправлять на этот адрес электронной почты редакции. (смотреть пункт 1.3).

Все поступившие в редакцию статьи проходят обязательное двойное слепое рецензирование. По результатам рецензирования автору сообщается решение о публикации, замечания рецензента и редактора или решение об отклонении статьи.

#### 1.2. Прием к публикации окончательного варианта статьи.

Окончательный (после внесения правки по замечаниям рецензентов и редактора) вариант статьи автор также загружает через систему или направляет на электронный адрес [stepancova.natal@mail.ru](mailto:stepancova.natal@mail.ru) для ее редактирования, корректуры, верстки и публикации в журнале.

#### 1.3. Прием пакета сопроводительных документов осуществляется через онлайн систему приема статей и по электронному адресу [lisa.858@yandex.ru](mailto:lisa.858@yandex.ru).

Автор, пройдя регистрацию в системе, загружает статью в формате .doc или .docx, форматированную по шаблону (см. п. 2), вместе с файлами отсканированных документов: экспертного заключения о возможности опубликования в открытой печати (далее – экспертного заключения) и информации об авторах статьи. Экспертное заключение оформляется по требованиям, установленным в организации – работодателе автора. Редакция исходит из того, что авторы добровольно предоставляют сведения о себе в анкете автора в требуемом объеме и составе (в соответствии с правилами для публикаций научных статей в журналах, включенных в Перечень ВАК) для их открытого опубликования. Также к загружаемой статье может быть приложен файл отсканированной внешней (т.е. из сторонней организации) рецензии (1 экз.), оформленной и заверенной в организации по месту работы рецензента. Оригинал рецензии присылать в редакцию по почте не требуется. Сопроводительные документы можно направить по электронной почте по адресу [lisa.858@yandex.ru](mailto:lisa.858@yandex.ru). Все вопросы и пожелания относительно пакета документов необходимо отправлять на этот адрес электронной почты редакции.

Пакет оригиналов сопроводительных документов, включающий информационную карту статьи на публикацию сведений об авторе и экспертное заключение, должен поступить в редакцию по почте не позднее 3 недель со дня уведомления автора (письмом на адрес электронной почты) о положительном решении по поводу публикации статьи.

**Бланки сопроводительных документов и требования:**

Информация об авторах статьи загружается в систему OJS или отправляется на адрес электронной почты [stepanov.natal@mail.ru](mailto:stepanov.natal@mail.ru) в электронном виде в виде файла с расширением .doc или .docx;

Бланк экспертного заключения и авторской справки (только для авторов – работников КФУ им. В.И. Вернадского (распечатывается и заполняется вручную)

[Лицензионный договор о предоставлении права использования статьи](#)

Бланк экспертного заключения и Внешняя рецензия – загружается в систему OJS или отправляется на адрес электронной почты [lisa.858@yandex.ru](mailto:lisa.858@yandex.ru) в сканированном виде (файл PDF).

**2. Требования к оформлению статей**

Статья будет рассмотрена редколлегией и рецензентами только при условии полного соответствия ее оформления изложенным ниже требованиям, предъявляемым к публикациям в научных журналах, индексируемых международными базами научного цитирования.

Все статьи, поступившие в редакцию журнала, получившие положительную оценку рецензентов и рекомендованные к публикации, проходят обязательную редакционную обработку (редактирование, корректуру, техническое редактирование). Внесение правки по замечаниям редактора согласовывается с автором.

Датой поступления статьи в редакцию считается дата поступления и регистрации в редакции окончательного авторского оригинала с учетом всех внесенных изменений по замечаниям рецензентов и редактора.

**Общие требования для подготовки статей**

**Объем статьи**, включая таблицы, рисунки и фотографии должен быть не менее 6 страниц и не превышать 10 страниц.

**Шрифт.** Нормальный Times New Roman (TNR), размер шрифта – 10 пт, одинарный интервал; интервал шрифта – обычный (без растяжения или уплотнения). Варианты шрифта в тексте статьи: типа курсива или жирного шрифта допускаются, подчеркивание слов и предложений не допускаются.

**Параметры страницы:** верхнее поле – 2,5 см, нижнее – 2,5 см, левое – 2,5 см, правое – 2,5 см.

**Таблицы.** Таблица озаглавляется словом Таблица 1 (шрифт – обычный TNR 10 пт, по центру) со следующим за ним номером с точкой. Далее помещается название таблицы с прописной буквы (не более 3-х строк), без заключительной точки. Ниже приводится название таблицы на английском языке. Размер таблиц и рисунков не должен превышать размер B5 (12,5 × 19,5 см). Шрифт заголовков столбцов и строк, содержания таблицы – обычный TNR 9 пунктов. Таблицы нумеруются арабскими цифрами.

**Рисунки и графики.** Рисунки и графики озаглавляются словом Рис.1 (шрифт – обычный TNR 9 пунктов) со следующим за ним номером с точкой. Рисунки выполняются в графических редакторах, совместимых с Word и размещаются по тексту. Под рисунком помещается подпись на русском и английском языках. Короткая подпись центрируется, а если длинная – форматируется с абзацем первой строки. Качество рисунков и графиков должно обеспечивать прочтение и тиражирование. Рисунки и графики нумеруются арабскими цифрами.

**Формулы.** Формулы набираются в редакторе формул Equation или Math Type. Использовать для набора формул графические объекты, кадры и таблицы запрещается. Формула располагается по центру строки, номер формулы (в круглых скобках, TNR 10 пт) – по правому краю страницы, от окружающего текста отделяется пустыми строками. Формульное окно принудительно растягивать или сжимать нельзя. Применение единиц измерений в международной системе СИ – обязательно.

**Обязательный порядок статьи.**

**УДК** в левом верхнем углу страницы, шрифт TNR 12 пт, прописными буквами

**Название статьи шрифт** TNR 12 пт все прописными.

**Имя и фамилия** автора(ов), шрифт обычный TNR 12 пт.

**Место работы** авторов, шрифт обычный TNR 9 пт., адрес места работы, e-mail

**Аннотация статьи (Abstract)** 200 – 250 слов, шрифт обычный TNR 9 пт.

**Предмет исследования (Subject):** шрифт обычный TNR 9 пт.

**Материалы и методы (Materials and methods):** шрифт обычный TNR 9 пт.

**Результаты (Results):** шрифт обычный TNR 9 пт.

**Выводы (Conclusions):** шрифт обычный TNR 9 пт.

**Ключевые слова (Key words)** до 6 слов и словосочетаний, необходимых для поиска или классификатора, шрифт обычный TNR 9 пт.

**Текстовая часть.** Статья должна содержать следующие разделы:

- ВВЕДЕНИЕ;
- АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ;
- МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ;
- РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ;
- ВЫВОДЫ;
- СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

Заголовки разделов набираются строчными буквами, шрифт TNR 11 пунктов и центрируются.

В конце статьи размещается **Название статьи, Имя и фамилия автора(ов), Место работы авторов, Аннотация статьи, Предмет исследований, Материалы и методы, Результаты, Выводы, Ключевые слова на английском языке** с сохранением редакторских требований, указанных выше к каждому структурному элементу статьи.

### **Рекомендации по подготовке аннотации статьи**

Аннотация выполняет следующие основные функции:

- дает возможность читателю быстро оценить основное содержание статьи с тем, чтобы решить, следует ли ему обращаться к ее полному тексту;
- предоставляет читателю самую общую информацию о статье, устраняя необходимость чтения ее полного текста в случае, если статья представляет для читателя второстепенный интерес;
- используется в научных, библиотечных и поисковых информационных системах.

Аннотация к статье должна быть:

- информативной (не содержать общих слов);
- содержательной (отражать основное содержание статьи);
- структурированной (следовать логике изложения материала в статье);

Аннотация должна включать в себя:

- предмет и цель работы (если они не следуют из названия статьи);
- используемый метод или методы исследования;
- основные результаты исследования;
- отличия данной публикации от других, схожих по теме;
- область применения результатов;
- выводы, рекомендации, перспективы развития работы.

В аннотации следует избегать лишних вводных фраз (например, «автор статьи рассматривает...», «автор полагает...» и т.д.), а также сложных грамматических конструкций. Аннотацию следует писать как можно более лаконичным, точным и простым языком. Должна быть понятна широкому кругу читателей, поэтому не должна изобиловать научными терминами. Следует избегать общеизвестных сведений и штампов. Аннотация не должна включать в себя цитаты из текста статьи. В аннотации обычно используются конструкции констатирующего характера (автор анализирует, доказывает, излагает, обосновывает и т. д.), а также оценочные стандартные словосочетания (уделяет основное внимание, важный актуальный вопрос, проблема, детально анализирует, убедительно доказывает).

### **Список литературы оформляется на русском и английском языках.**

Библиографическое описание выполняется по:

- ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание;
- ГОСТ 7.0.5-2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления;
- ГОСТ 7.82-2001. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов;
- Регламент включения научных журналов в Российский индекс научного цитирования. – М., 2008.

*Не менее 12 источников, с ссылками на статьи в предыдущих выпусках сборника «Строительство и техногенная безопасность», в которых не участвовали авторы представленной статьи.*

### **Рекомендации по подготовке списка литературы**

#### **Некоторые общие положения.**

Цитирование двух или более источников под одним номером, одного и того же источника под разными номерами не допускается.

Во всех источниках необходимо указывать фамилии и инициалы всех авторов.

Ссылки на книги, переведенные на русский язык, должны сопровождаться ссылками на оригинальные издания с указанием выходных данных оригинального издания.

Ссылки на книги должны содержать следующую обязательную информацию: фамилия и инициалы авторов, название книги, город, год, количество страниц.

Ссылки на статьи в журналах должны содержать следующую обязательную информацию: фамилия и инициалы авторов, название статьи, название журнала, год, том (если указан), номер, страницы (первая и последняя, разделенные тире).

Ссылки на сборники (конференции, симпозиумы) должны содержать следующую обязательную информацию: фамилия и инициалы авторов, название сборника (конференции, симпозиума), город (место проведения), год, том (если указан), номер (если указан), количество страниц.

Ссылки на статьи в сборниках (материалах конференций, симпозиумов) должны содержать следующую обязательную информацию: фамилия и инициалы авторов, название статьи, название сборника (конференции, симпозиума), город (место проведения), год, том (если указан), номер (если указан), страницы (первая и последняя, разделенные тире).

Ссылки на электронные ресурсы удаленного доступа должны содержать следующую обязательную информацию: название ресурса, режим доступа, дата обращения.

В инициалах авторов между именем и отчеством пробел не ставится.

В заголовке описания запятая после фамилии автора перед его инициалами может быть опущена.

Если в документе один, два или три автора, то в сведениях об ответственности (т.е. за косой чертой после названия документа) они могут не повторяться.

При наличии **четырёх и более** авторов в сведениях об ответственности (т.е. за косой чертой после названия документа) приводят фамилии **всех** авторов.

Допускается предписанный знак точку и тире, разделяющий области библиографического описания, заменять точкой.

Допускается не использовать квадратные скобки для сведений, заимствованные не из предписанного источника информации.

#### **НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ:**

1. Включать в список литературы ссылки на федеральные законы, подзаконные акты, ГОСТы, СНИПы и др. нормативную литературу. Упоминание нормативных документов, на которые опирается автор в испытаниях или расчетах или аргументации лучше делать непосредственно по тексту статьи.

2. Ссылаться на учебные и учебно-методические пособия; статьи в материалах конференций и сборниках трудов, которым не присвоен ISBN и которые не попадают в ведущие библиотеки страны и не индексируются в соответствующих базах.

3. Ссылаться на диссертации и авторефераты диссертаций.

4. Самоцитирование, т.е. ссылки только на собственные публикации автора. Такая практика не только нарушает этические нормы, но и приводит к снижению количественных показателей автора.